



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

TESIS DOCTORAL

Principios de Estética Holofractal:

Una Propuesta Pictórica Personal

Juan José López Ruiz

2023



UNIVERSIDAD DE MURCIA

ESCUELA INTERNACIONAL DE DOCTORADO

TESIS DOCTORAL

Principios de Estética Holofractal:

Una Propuesta Pictórica Personal

Autor: Juan José López Ruiz

Director: Antonio García López



**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD
DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

Aprobado por la Comisión General de Doctorado el 19-10-2022

D./Dña. Juan José López Ruiz

doctorando del Programa de Doctorado en

Artes y Humanidades: Bellas Artes, Literatura, Teología, Traducción e Interpretación y Lingüística General e Inglesa

de la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad Murcia, como autor/a de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor y titulada:

Principios de Estética Holofractal: Una Propuesta Pictórica Personal.

y dirigida por,

D./Dña. Antonio García López

D./Dña.

D./Dña.

DECLARO QUE:

La tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la Ley de Propiedad Intelectual (R.D. legislativo 1/1996, de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, modificado por la Ley 2/2019, de 1 de marzo, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

Si la tesis hubiera sido autorizada como tesis por compendio de publicaciones o incluyese 1 o 2 publicaciones (como prevé el artículo 29.8 del reglamento), declarar que cuenta con:

- La aceptación por escrito de los coautores de las publicaciones de que el doctorando las presente como parte de la tesis.*
- En su caso, la renuncia por escrito de los coautores no doctores de dichos trabajos a presentarlos como parte de otras tesis doctorales en la Universidad de Murcia o en cualquier otra universidad.*

Del mismo modo, asumo ante la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad del contenido de la tesis presentada, en caso de plagio, de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

En Murcia, a 3 de julio de 2023

Fdo.:

Esta DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD debe ser insertada en la primera página de la tesis presentada para la obtención del título de Doctor.

| Información básica sobre protección de sus datos personales aportados | |
|---|--|
| Responsable: | Universidad de Murcia. Avenida teniente Flomesta, 5. Edificio de la Convalecencia. 30003; Murcia. Delegado de Protección de Datos: dpd@um.es |
| Legitimación: | La Universidad de Murcia se encuentra legitimada para el tratamiento de sus datos por ser necesario para el cumplimiento de una obligación legal aplicable al responsable del tratamiento. art. 6.1.c) del Reglamento General de Protección de Datos |
| Finalidad: | Gestionar su declaración de autoría y originalidad |
| Destinatarios: | No se prevén comunicaciones de datos |
| Derechos: | Los interesados pueden ejercer sus derechos de acceso, rectificación, cancelación, oposición, limitación del tratamiento, olvido y portabilidad a través del procedimiento establecido a tal efecto en el Registro Electrónico o mediante la presentación de la correspondiente solicitud en las Oficinas de Asistencia en Materia de Registro de la Universidad de Murcia |

AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi gratitud más sincera al Dr. Antonio García López, Profesor de la Facultad de Bellas Artes de Murcia, quien no solo ha sido un excelente tutor y director, sino que sin su constante ayuda no hubiera sido posible el presente trabajo de investigación ni la exposición y divulgación de mi obra pictórica. Agradezco profundamente su dedicación en guiarme a través del proceso de la tesis. También quiero agradecer a M^a Gabriela Vellio Romera, a F^o Javier Caballero Cano y, por extensión, a toda la comunidad universitaria de Murcia, así como a los pintores Manuel Morilla y Manuel Páez, quienes de una manera u otra, se vieron involucrados en este proyecto, por su experiencia, orientación y por ayudarme a completar mi obra. Por último, pero no menos importante, quiero agradecer a mi musa Cristina, por ser parte de mi inspiración.

DEDICATORIA

Esta tesis doctoral está dedicada a mis padres, por su amor y apoyo incondicional en mi formación académica y personal. Asimismo, quiero dedicarla a aquellos que en cierto modo han sido cómplices de esta compleja aventura a lo largo de 21 años.

Resumen

La presente tesis se inscribe como una propuesta metodológica que pretende combinar el análisis de las teorías científicas de la Postmodernidad con la reflexión filosófica en torno al concepto estético de simetría, belleza y armonía. El principal objetivo es establecer un diálogo crítico para generar nuevos enfoques a la hora de entender el papel de la Estética en la cultura contemporánea. Ello exige proceder según los criterios de los estudios de la complejidad y los nuevos paradigmas científicos, como la teoría de los sistemas complejos, del caos, de los fractales, del principio holográfico, etc., que nos obligan a ver el mundo de una manera completamente diferente, como una red compleja de relaciones armónicas que interconectan los diversos niveles emergentes del universo en un todo unificado. Tratar con esta red holística de interconexiones requiere el uso de una metodología recursiva que sistematice de forma general los nuevos conocimientos nacidos en el seno de la ciencia postmoderna. Dicha metodología pone en práctica los principios epistemológicos de la transdisciplinariedad, una estrategia de investigación que se enfoca en unificar los conocimientos de las distintas disciplinas para abordar problemas complejos y multidimensionales. Esta tentativa de relacionar todos los conocimientos disciplinares en un todo, lleva a la necesidad de recurrir a un nuevo abordaje transdisciplinario que permita distinguir las categorías universales comunes, de las que se derivan las interacciones armónicas de las diversas ciencias. El nuevo abordaje sería la clave para establecer un puente de unión de las Ciencias con las Artes y Humanidades.

Palabras clave: ciencia, complejidad, teoría fractal, paradigma holográfico, proporción áurea, números de Fibonacci, espiritualidad, creatividad, pensamiento complejo, metodología transdisciplinar, tercero incluido, estética, belleza y arte.

Abstract

The present thesis is a methodological proposal that aims to combine the analysis of the scientific theories of Postmodernity with philosophical reflection on the aesthetic concept of symmetry, beauty and harmony. The main objective is to establish a critical dialogue in order to generate new approaches to understanding the role of Aesthetics in contemporary culture. This requires proceeding according to the criteria of complexity studies and new scientific paradigms, such as the theory of complex systems, chaos, fractals, the holographic principle, etc., which force us to see the world in a completely different way, as a complex network of harmonic relationships that interconnect the various emerging levels of the universe into a unified whole. Dealing with this holistic network of interconnections requires the use of a recursive methodology that systematises in a general way the new knowledge born within postmodern science. Such a methodology put into practice the epistemological principles of transdisciplinarity, a research strategy that focuses on unifying the knowledge of different disciplines to address complex and multidimensional problems. The attempt to relate all disciplinary knowledge into a whole leads to the need to resort to a new transdisciplinary approach in order to distinguish common universal categories, from which the harmonious interactions of the various sciences are derived. This new approach would be the key to establishing a bridge between the Sciences and the Arts and Humanities.

Keywords: science, complexity, fractal theory, holographic paradigm, golden ratio, Fibonacci numbers, spirituality, creativity, complex thinking, transdisciplinary methodology, third included, Aesthetic, beauty and art.

Tabla de contenido

| | |
|---------------------------------|--------|
| Introducción | xix |
| Objeto de Estudio | xxiv |
| Estado de la Cuestión | xxv |
| Planteamiento del Problema..... | xxvi |
| Objetivos | xxviii |
| Hipótesis | xxix |
| Metodología | xxx |
| Delimitación de Contenidos..... | xxx |
| Estructura General | xxxv |
| Anotaciones Preliminares | xxxix |

Parte I

La Teoría Fractal y Holográfica de lo Real

| | |
|---|-----|
| 1. Teoría Fractal | 48 |
| 1.1. Geometría No-euclidiana..... | 48 |
| 1.2. La Geometría Fractal..... | 50 |
| 1.2.1. Dimensión Fractal..... | 50 |
| 1.2.2. Auto semejanza..... | 52 |
| 1.2.3. Auto-organización. | 54 |
| 1.3. Teoría del Caos | 55 |
| 1.4. Las Estructuras Disipadoras..... | 57 |
| 1.5. Tipos de Fractales | 59 |
| 1.5.1. Fractalidad Dual y Unitaria | 60 |
| 1.5.2. El Tiempo Fractal. | 66 |
| 1.5.2.1. Fractalidad Cíclica..... | 68 |
| 1.5.2.2. Fractalidad Progresiva | 71 |
| 1.6. Patrones Geométricos..... | 77 |
| 2. Teoría Holográfica..... | 87 |
| 2.1. El Entrelazamiento Cuántico | 91 |
| 2.2. El Paradigma Holográfico | 100 |
| 2.2.1. El Orden Implicado y el Cerebro Holográfico.. | 102 |

| | |
|---|-----|
| 2.2.2. El Principio Holográfico. | 107 |
| 3. Hacia una Teoría Unificadora | 117 |
| 3.1. Teoría de Cuerdas | 121 |
| 3.2. Teoría de la Gravedad Cuántica de Bucles | 123 |
| 4. Modelos Cosmológicos..... | 124 |
| 4.1. Cosmología Estándar..... | 125 |
| 4.2. Cosmología de los Múltiples Universos..... | 126 |
| 4.3. Cosmología Inflacionaria | 132 |
| 4.4. Cosmología de Branas..... | 134 |
| 4.5. Cosmología Cíclica | 135 |
| 4.6. Cosmología Fractal | 140 |
| 4.7. Cosmología Holofractográfica..... | 146 |
| 5. La Energía Oscura y la Materia Oscura | 149 |
| 6. La Analogía como Unificación | 160 |
| 7. La Conciencia Universal..... | 189 |
| 7.1. Arquetipos Universales | 205 |
| 7.2. El Holograma Biológico Humano..... | 208 |
| 8. La Evolución de los Sistemas Complejos | 220 |
| 8.1. Los Genes | 222 |
| 8.2. Los Memes..... | 232 |

Parte II

El Paradigma de la Complejidad respecto al Sujeto

| | |
|---|-----|
| 9. El Cerebro como Sistema Complejo..... | 241 |
| 9.1. El Cerebro Holofractal | 242 |
| 9.1.1. El Cerebro Fractal..... | 243 |
| 9.1.2. El Cerebro Holográfico | 254 |
| 9.2. El Inconsciente Individual y Colectivo | 265 |
| 9.3. Los Hemisferios Cerebrales..... | 269 |
| 9.3.1. La Comunicación Analógica y Lógica..... | 279 |
| 9.3.2. Las Relaciones, o Falta de Relaciones, Hemisféricas..... | 284 |
| 10. El Proceso Creativo | 286 |
| 10.1. La Creación Artística..... | 292 |

| | |
|--|-----|
| 10.1.1. La Actividad Perceptiva e Intelectiva. | 293 |
| 10.1.1.1. Actividad Perceptiva..... | 294 |
| 10.1.1.2. Actividad Intelectiva..... | 297 |
| 10.1.2. Las Operaciones Psicofísicas. | 299 |
| 10.1.2.1. Actitud Emocional y Racional | 299 |
| 10.1.2.2. Actuación Expresiva y Técnica..... | 301 |
| 10.1.3. La Producción Artística..... | 303 |
| 10.1.4. Arte, Ciencia y Espiritualidad. | 307 |
| 11. El Pensamiento Complejo | 311 |
| 11.1. El Paradigma de la Complejidad frente al Simplificante | 311 |
| 11.2. La Transdisciplinariedad frente a la Disciplinariedad..... | 316 |
| 11.3. La Educación Transdisciplinaria..... | 321 |
| 12. El Método de la Complejidad..... | 325 |
| 12.1. La Lógica Formal | 326 |
| 12.2. La Dialéctica | 333 |
| 12.2.1. El Tercero Incluido.. | 335 |
| 12.2.2. La Analogía. | 339 |
| 12.3. El Método Holofrónico | 349 |
| 12.3.1. Epistemología Sistémica. | 350 |
| 12.3.2. Reglas Nucleares..... | 352 |

Parte III

El Modelo Fractal-Holográfico en la Estética

| | |
|--|-----|
| 13. El Concepto de Estética | 359 |
| 13.1. Tipos de Estética | 361 |
| 14. La Estética Unitaria | 363 |
| 14.1. La Estética Unitaria y la Filosofía..... | 364 |
| 14.1.1. Antigüedad Clásica | 364 |
| 14.1.2. Edad Media..... | 373 |
| 14.1.3. Edad Moderna..... | 378 |
| 14.1.3.1. Renacimiento..... | 378 |
| 15. La Estética Dual..... | 380 |
| 15.1. La Estética Dual y la Filosofía | 381 |

| | |
|---|-----|
| 15.1.1. Antigüedad Clásica..... | 382 |
| 15.1.2. Edad Media..... | 385 |
| 15.1.3. Edad Moderna..... | 391 |
| 15.1.3.1. Renacimiento..... | 391 |
| 15.1.3.2. Manierismo..... | 394 |
| 15.1.3.3. Barroco..... | 395 |
| 15.1.3.4. Ilustración..... | 395 |
| 15.1.3.5. Idealismo..... | 398 |
| 15.1.3.6. Romanticismo..... | 402 |
| 15.1.3.7. Siglo XIX..... | 404 |
| 16. La Estética Holofractal..... | 407 |
| 16.1. La Coherencia Estética..... | 408 |
| 16.2. La Experiencia Estética como Envi3n del Cambio de Conciencia..... | 415 |
| 16.2.1. El Artista..... | 416 |
| 16.2.2. La Obra de Arte.. | 418 |
| 16.2.3. La Armonía o la Belleza..... | 419 |
| 16.2.4. La Catarsis..... | 420 |
| 17. Referentes Artísticos de la Estética Holofractal..... | 422 |
| 17.1. Proporciones Áureas..... | 423 |
| 17.1.1. Arquitectura..... | 424 |
| 17.1.1.1. Arquitectura Griega y Romana..... | 424 |
| 17.1.1.2. Arquitectura Medieval..... | 426 |
| 17.1.1.3. Arquitectura Renacentista..... | 427 |
| 17.1.1.4. Arquitectura Moderna..... | 428 |
| 17.1.2. Arte..... | 429 |
| 17.1.2.1. Escultura..... | 430 |
| 17.1.2.2. Pintura..... | 431 |
| 17.2. Estética Fractal..... | 435 |
| 17.2.1. Arquitectura Fractal..... | 436 |
| 17.2.2. Arte Fractal..... | 441 |
| 17.3. Estética Cuántica..... | 445 |
| 17.3.1. Arquitectura Cuántica..... | 447 |
| 17.3.2. Arte Cuántico..... | 448 |

Parte IV

La Estética Holofractal como Propuesta Artística y Proyecto Expositivo

| | |
|--|-----|
| 18. El Valor Representativo y Simbólico del Lenguaje Visual | 451 |
| 19. Elementos Cromáticos y Formales | 453 |
| 19.1. Aspectos Cromáticos | 454 |
| 19.1.1. La Luz. | 454 |
| 19.1.1.1. Luz Natural y Luz Artificial..... | 455 |
| 19.1.1.2. Fenómenos Físicos de la Luz | 456 |
| 19.1.1.3. Luz y Volumen..... | 457 |
| 19.1.1.4. La Calidad y la Dirección de la Luz | 458 |
| 19.1.1.5. El Claroscuro..... | 459 |
| 19.1.2. El Color | 459 |
| 19.1.2.1. La Teoría del Color | 463 |
| 19.1.2.2. Propiedades del Color..... | 465 |
| 19.1.2.3. Clasificación de los Colores..... | 467 |
| 19.2. Aspectos Formales | 477 |
| 19.2.1. La Forma | 478 |
| 19.2.1.1. El Dibujo | 478 |
| 19.2.1.2. Elementos Formales Básicos | 480 |
| 19.2.1.3. Psicología de la Forma..... | 483 |
| 19.2.1.4. Clasificación de las Formas | 484 |
| 19.2.1.5. Interacción y Relaciones entre las Formas..... | 490 |
| 19.2.2. La Composición..... | 490 |
| 19.2.2.1. Simetría..... | 493 |
| 19.2.2.2. Ritmo | 495 |
| 20. Proporciones Áureas Formales y Cromáticas | 498 |
| 20.1. Formas Áureas | 498 |
| 20.1.1. Procedimientos para Establecer Relaciones Armónicas | 499 |
| 20.1.1.1. Creación de un Rectángulo $\sqrt{2}$ | 499 |
| 20.1.1.2. Construcción de un Rectángulo $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$ y $\sqrt{5}$ | 500 |
| 20.1.1.3. Trazado de la Sección Áurea de un Segmento | 500 |
| 20.1.1.4. Construcción de un Ángulo Áureo | 501 |
| 20.1.1.5. Creación de un Rectángulo Áureo..... | 501 |

| | |
|--|-----|
| 20.1.1.6. Trazado de la Espiral de un Rectángulo Áureo..... | 501 |
| 20.1.1.7. Los Puntos de un Rectángulo Áureo | 501 |
| 20.1.1.8. Los Ojos de un Rectángulo Áureo | 502 |
| 20.1.1.9. El Rectángulo de Tercios..... | 502 |
| 20.1.1.10. Creación de una Elipse Áurea | 502 |
| 20.1.1.11. Construcción de un Pentágono Regular..... | 502 |
| 20.1.1.12. Hallar el Pentagrama de un Pentágono Regular..... | 503 |
| 20.1.1.13. Creación de un Triángulo Áureo | 503 |
| 20.1.1.14. Trazado de la Espiral de un Triángulo Áureo | 503 |
| 20.1.2. Programas para Componer en Proporción Áurea | 504 |
| 20.2. Colores Áureos..... | 504 |
| 20.2.1. Distancias Cromáticas a partir de la Proporción Áurea..... | 505 |
| 20.2.2. Armonía entre Colores mediante Proporciones Áureas..... | 506 |
| 20.2.3. Extensiones Cromáticas basadas en la Proporción Áurea..... | 508 |
| 21. Manifiesto de Estética Holofractal | 510 |
| 21.1. Antecedentes Históricos | 510 |
| 21.2. Manifiesto | 511 |
| 22. La Pintura Holofractista | 517 |
| 22.1. Evolución Artística..... | 517 |
| 22.2. Fundamentos de la Obra | 519 |
| 22.3. Análisis de los Materiales y Técnicas | 520 |
| 22.4. Catalogación Razonada de las Obras | 523 |
| 22.4.1. Ficha 1..... | 523 |
| 22.4.2. Ficha 2..... | 525 |
| 22.4.3. Ficha 3..... | 527 |
| 22.4.4. Ficha 4..... | 528 |
| 22.4.5. Ficha 5..... | 530 |
| 22.4.6. Ficha 6..... | 531 |
| 22.4.7. Ficha 7..... | 533 |
| 22.4.8. Ficha 8..... | 534 |
| 22.4.9. Ficha 9..... | 536 |
| 22.4.10. Ficha 10..... | 537 |
| 22.4.11. Ficha 11..... | 538 |
| 22.4.12. Ficha 12..... | 539 |

| | |
|--|-----|
| 22.4.13. Ficha 13..... | 541 |
| 22.4.14. Ficha 14..... | 543 |
| 22.4.15. Ficha 15..... | 545 |
| 22.4.16. Ficha 16..... | 547 |
| 22.4.17. Ficha 17..... | 548 |
| 23. Proyecto Expositivo..... | 550 |
| 23.1. Instalación y Montaje..... | 550 |
| 23.2. Plan de Difusión..... | 552 |
| 23.3. Respuesta del Espectador..... | 553 |
| 23.4. Presupuesto..... | 554 |
| Conclusiones | 555 |
| Conclusiones de la Parte I..... | 555 |
| Conclusiones de la Parte II..... | 559 |
| Conclusiones de la Parte III..... | 567 |
| Conclusiones de la Parte IV..... | 572 |
| Consideraciones Finales y Propuestas de Futuro..... | 576 |
| Referencias Bibliográficas | 583 |
| Libros..... | 583 |
| Artículos..... | 591 |
| Tesis y Trabajos de Grado..... | 627 |
| Páginas Web..... | 628 |
| Vídeos..... | 631 |
| Figuras | 633 |
| Referencias de Figuras | 675 |
| Apéndice | 697 |
| Apéndice A: Evolución Emergente..... | 697 |
| Apéndice B: Coherencia Estética..... | 702 |
| Apéndice C: La Cultura Emergente..... | 706 |
| Anexo | 717 |
| Anexo A: Diagramas de flujo..... | 702 |
| Anexo B: Experimento de inteligencia artificial..... | 706 |

Introducción

La ciencia de la complejidad trata sobre los sistemas complejos y sus transformaciones a través del tiempo. Los sistemas complejos se enfocan en el comportamiento emergente de un conjunto de partes individuales que se relacionan entre sí para formar un todo organizado. Una buena parte de las ideas relacionadas con los sistemas complejos entroncan con los planteamientos manejados por la teoría del caos y la geometría fractal, uno de los grandes hallazgos matemáticos del siglo XX. En rasgos generales, un fractal puede definirse como un objeto geométrico conformado por un algoritmo matemático simple, cuyo patrón se repite de forma indefinida a lo largo de diferentes escalas, de manera que la totalidad está presente en cada parte del mismo. Podemos entenderlo como un objeto simétrico que se desarrolla sobre la base de patrones predeterminados por su geometría. Una de las características más interesantes encontradas en los objetos fractales es la auto-simetría o autosimilitud, también conocida como invarianza de escala, porque las formas autosemejantes se parecen a sí mismas a pesar de ser observadas de cerca o de lejos. Muchos sistemas complejos de la naturaleza exhiben autosemejanzas o invarianzas a cualquier escala, aunque no describen configuraciones fractales puramente matemáticas, puesto que sus formas no se repiten en un número infinito de escalas. Quizá uno de los conjuntos invariante de escala más pertinente sea la ramificación de un árbol, en donde cada rama secundaria se asemeja a la rama primaria, que a la vez es como la totalidad de él. Asimismo para las hojas del árbol, cuyos nervios se dividen y ramifican de manera autosimilar a partir de un nervio principal. Pero los objetos fractales no solo implican formas autosemejantes perfectamente ordenadas, también comprenden desorden, de ahí que estén íntimamente relacionados con la teoría del caos. El hecho de que coexistan armónicamente en la frontera entre el desorden y el orden los dota de belleza. Lo cierto y verdad es que nuestro sentido de lo estético se inspira en la adecuada proporción del desorden con el orden, tal y como aparece en los fractales. Ello nos permite inferir que la estética tradicional se relaciona con la belleza fractal.

Los sistemas complejos se ven afectados por el caos (en el sentido de desorden), y su comportamiento puede ser influenciado por pequeñas variaciones del entorno. Estos cambios mínimos empujan al sistema hacia una forma específica de ruptura de simetría, una perturbación que se va incrementando hasta resultar una propiedad emergente, que se corresponde con un nuevo nivel fractal de organización. El nuevo nivel debe ser entendido en términos paradójicos, pues posee una invarianza hecha de partes contrapuestas, cuyas tensiones requieren ser integradas dentro de una totalidad mayor. Dos niveles de organización fractal muy

distintos regidos por leyes opuestas, si bien complementarias, se corresponden con el macrocosmos, lo muy grande, como galaxias y cúmulos de galaxias, y el microcosmos, lo muy pequeño, como partículas subatómicas y átomos. Durante años, la física actual ha tratado de unificar el conocimiento teórico de los dos niveles extremos: la teoría de la relatividad con la física cuántica, nuestra comprensión actual del macrocosmos y del microcosmos, mediante una teoría única llamada Teoría del Todo, la cual, de lograrse, completaría la unificación de las fuerzas fundamentales. No obstante, aunque gran parte de los hombres de ciencia fueron unificadores, ningún científico ha sido capaz de formular por ahora la integración o complementación de las dos grandes teorías. El problema radica en que ambas se muestran opuestas, ya que la relatividad general puede predecir con exactitud el comportamiento de los objetos, mientras que la física cuántica solo puede hacerlo con probabilidades, que en realidad representan posibilidades de que existan interconexiones entre las cosas. Este hecho probabilístico implica que el todo sea mayor que la suma de sus partes, lo que supone una visión holística donde todo es indivisible, al contrario que la visión reduccionista de la ciencia convencional, en donde el todo es igual a la suma de sus partes. Estas partes son vistas como entidades separadas entre sí, un concepto que no tiene sentido para la física cuántica, puesto que las partículas subatómicas no se entienden como entidades aisladas de materia, es decir, con su propia existencia individual, sino como una red dinámica de interconexiones que, para los físicos y filósofos idealistas, incluye la conciencia del observador. Dichas redes están implicadas en el estudio del caos y la complejidad, en cuyo nivel básico se produce un movimiento que va de lo impredecible a lo predecible.

En los últimos decenios, ha surgido con fuerza una teoría candidata a la unificación de los dos niveles extremos del cosmos, el principio holográfico o dualidad holográfica, que es una aplicación cosmológica de la teoría de cuerdas que fue propuesta por el físico teórico Hooft (2001) y posteriormente desarrollada por el físico teórico Susskind (1995) y Maldacena (Maldacena, Hawking & Strominger, 2001). El principio holográfico, también conocido como “correspondencia AdS/CFT”, establece que la información de nuestro universo tridimensional se puede conocer a partir de la información codificada en la superficie bidimensional que se encuentra rodeándolo, lo que viene a querer decir que la gravedad encontrada en cierto volumen de nuestro espacio se puede describir por la física cuántica en la superficie plana (holográfica) de dicho volumen. Esta correspondencia analógica es posible porque ambos niveles se hallan vinculados mediante un fenómeno del vacío llamado “entrelazamiento cuántico”, es decir, se imbrican a través de una intrincada red de interconexiones no locales entre diferentes partes del sistema, de tal forma que se manifiestan como un gran sistema coherente

en continua retroalimentación. En virtud del mecanismo de retroalimentación, el vacío cuántico almacena y procesa su propia información para auto-organizar los distintos niveles del universo de forma recursiva y compleja. Esa información se despliega a lo largo de los niveles del universo por fenómenos de resonancia cuántica de fase conjugada (término usado por los físicos para describir el entrelazamiento no local o coherencia), haciendo que el sistema entero se comporte como un holograma donde cada una de las partes está presente en la totalidad, de modo que el microcosmos se asemeja al macrocosmos, como una dinámica de despliegue fractal. Ello indica que los patrones de autosemejanza que se reiteran en los sistemas complejos entrañan interrelaciones e interconexiones de naturaleza holográfica que hacen que exista una concordancia, armonía o analogía entre los diferentes niveles del cosmos, que van desde lo pequeño a lo grande, de manera que el flujo de información impulsa una evolución coordinada entre las partes y todo el sistema. La referida coevolución responde a los principios de sinergia, un principio en donde todo lo que sucede en un nivel ocurre simultáneamente en el otro, incluso al sistema como un conjunto, lo que demuestra que la no localidad del entrelazamiento está implícita en la relación dialéctica parte/todo. La afirmación de la sabiduría tradicional de que todo estaba unido a un nivel profundo toma veracidad con el fenómeno del entrelazamiento cuántico, que está relacionado significativamente con la experiencia humana. Precisamente, la percepción intuitiva del cerebro, las experiencias cumbres de los místicos o la sensibilidad estética, y la conciencia de unidad que conllevan, sería la capacidad para entrar en resonancia cuántica con el orden de los campos holográficos de la naturaleza y del universo mediante fenómenos como el entrelazamiento. Estos fenómenos se corresponderían con un sentimiento de empatía hacia todas las cosas.

La realidad es un conjunto de niveles fractales interrelacionados mediante una retroalimentación recursiva de información holográfica, por la que cada parte es análoga a todas las demás. Estos niveles de la realidad entran en resonancia de fase cuando sus partes componentes están dentro de una adecuada proporción. Pero no vale cualquier relación de proporcionalidad, sino aquella que describe la armonía entre las partes y el todo. Tal proporción se conoce con el nombre de “proporción áurea” (también llamada sección áurea, número áureo, razón áurea o divina proporción), una fórmula geométrica conocida ya por los antiguos que introduce una continuidad al infinito, facultad recursiva que comparte con los objetos fractales y los hologramas. La proporción áurea es un ejemplo de autosimilitud, un concepto clave en la geometría fractal. Esta autosimilitud se manifiesta en la forma en que una línea se divide en dos segmentos según una proporción que la divide infinitamente. En geometría, la proporción áurea es un número irracional que marca el vínculo entre los segmentos a y b de una

misma recta, de tal modo que se establece una relación de proporcionalidad entre el segmento menor y el mayor con respecto a la existente entre el mayor y la totalidad de la recta. Se trata de la división armoniosa de una recta en extrema y media razón que muchos han relacionado no solo con la naturaleza y el universo, sino también con el misticismo y el holismo, dado que la proporción áurea, al comprender una tríada de elementos en donde un punto medio unifica los extremos de la parte menor y mayor de una recta, introduce el concepto de unificación de las dualidades. La dualidad se manifiesta en la división del segmento, y la unificación en la constancia de proporción entre los segmentos divididos. Implica al mismo tiempo un principio de diversidad y unidad, lo que provee dinamismo y complejidad. Así las cosas, la proporción áurea tiene un significado místico y filosófico. Precisamente, la meta de muchas mitologías, religiones fundadas en misterios y ciertas filosofías orientales u occidentales sería la unificación de las dualidades. Además, la unidad mística percibida mediante el sentido de la proporción se ha incluido desde la antigüedad como canon de belleza en el trabajo de muchos artistas y arquitectos, por el hecho de que la belleza implica la relación de proporcionalidad entre las partes y el todo, de modo que algo es bello cuando es resultado de una unificación. Esta concepción de la belleza como unidad le otorga una cualidad absoluta, válida para todos los sujetos. De un modo u otro, en torno a la proporción áurea han surgido constantes especulaciones por parte de la ciencia, la religión, la filosofía, y el arte, con el fin de llegar a un conocimiento más íntegro de la naturaleza, la espiritualidad y la belleza. De ahí que una teoría unificada que ayude integrar el conocimiento científico con reflexiones culturales y espirituales debiera incluir la proporción áurea en sus ecuaciones.

Los fractales naturales usan patrones geométricos que nos remiten al concepto de proporción áurea, pues esta también tiene la facultad de repetirse indefinidamente, manteniendo la misma proporcionalidad en las sucesivas divisiones, en otras palabras, exhibe una auto-semejanza basada en la similitud de dos razones. En la naturaleza, hay muchos ejemplos de objetos en forma de fractales cuya estructura se repite a diferentes escalas en una proporción áurea y que dan lugar a formas muy bellas. De hecho, la proporción áurea parece ser un principio de división que el universo emplea para definir la relación de proporcionalidad entre todas las escalas, porque es el límite entre el desorden (indeterminación) y el orden (determinación) en cualquier sistema dinámico fractal (Haight, 2016). Dicho principio define una constante matemática que muestra la unidad del universo, porque parece organizar la morfología de muchas formas físicas, incluso el propio tejido espaciotemporal (Boeyens & Thackeray, 2014), pudiendo ser la clave para unificar lo muy grande con lo muy pequeño. Por esta razón, la proporción áurea ha sido designada a lo largo de la historia como portadora de ver-

dades profundas que introduce al hombre en una comprensión no fragmentaria del macrocosmos y del microcosmos. No en vano, el filósofo Platón la consideró la llave a la física del cosmos, y el astrónomo Johannes Kepler, que tomó como modelo los sólidos platónicos para desarrollar la mecánica del sistema solar, creía firmemente que constituía la herramienta por la cual Dios creaba el universo.

Si los patrones fundamentales de la naturaleza son producto de la proporción áurea implícita en la propia geometría espaciotemporal, entonces el concepto de belleza absoluta, o sea, el carácter matemático de la belleza, podría validarse nuevamente, lo que significa el retorno a las ideas armónicas de los filósofos griegos, aquellas que tanto influyeron en los planteamientos místicos y organicistas del primer Renacimiento, y que han sido aplicadas con asiduidad en las facetas artísticas más variadas. En el mundo del arte (pintura y escultura) y la arquitectura, se suele vincular el ideal de belleza absoluta a las proporciones y al equilibrio de simetrías. Estas simetrías regulan la composición de una obra y se basan en la armonía visual de las dualidades, debido a lo cual se adecuan bastante bien a la teoría de los sistemas complejos. Todo ello hace que la obra artística sea un todo orgánico o una unidad holística que resultan bellas a la vista y significativas desde el punto de vista conceptual.

Cuando se trata de organizar el conocimiento, las proporciones y las simetrías también nos brindan la oportunidad de entender cómo se conectan entre sí los patrones fractales de nuestro lenguaje en diferentes campos disciplinares. Las categorías duales son patrones fractales del lenguaje natural que permiten dividir el conocimiento en dos conceptos que se oponen o se complementan mutuamente. La oposición desintegra la unidad, y la complementariedad integra la dualidad. Algunos ejemplos comunes de categorías duales incluyen la dualidad mente-cuerpo o la dualidad onda-partícula. Una vez identificados esos patrones fractales de categorías duales, se puede incluir cada concepto dentro de una de estas categorías, por ejemplo, la mente se puede alinear con la onda y el cuerpo con la partícula. No obstante, hay que tener en cuenta que se pueden establecer relaciones cruzadas entre categorías, ya que nada es puramente onda ni puramente partícula, las fronteras a veces se vuelven borrosas. Esto convierte a las categorías duales en una herramienta potente para organizar los diferentes tipos de conocimiento si se aplican de manera adecuada. En este sentido, la presente tesis ofrece una contribución original e innovadora a la hora de estructurar y sistematizar el conocimiento de las distintas ramas del saber humano, con el objetivo de generar una visión más holística e integral de la complejidad de nuestro mundo actual, y de nosotros mismos como parte de él.

Objeto de Estudio

El pensamiento humano refleja las características de proporcionalidad de los objetos fractales, puesto que existe una autosemejanza entre las leyes sistémicas del mundo natural y la organización de nuestras funciones cognitivas, incluso lingüísticas (Pisemskaya, 2007). Esto puede deberse a que ambos sistemas comparten un principio organizador común en la solución de problemas complejo. Asimismo, el conocimiento sigue patrones autosimilares en su organización, como una parte más del conjunto de principios sistémicos del universo. Como los fractales constituyen un aspecto de la complejidad del mundo, pensar en la naturaleza es también pensar en la complejidad. Esta idea permite suministrar al pensamiento una técnica poderosa para unificar las múltiples disciplinas, a fin de lograr la integración del saber en un todo coherente y lógico. El pensamiento complejo del filósofo francés Edgar Morin es la estrategia que contribuye a lograr dicha unificación. En su opinión, los principios que ayudan a pensar la complejidad son: el **principio dialógico**, el cual usa conceptos que a la vez se oponen y se complementan; el **principio de recursividad organizacional**, que es un proceso de retroalimentación recursiva relacionado con la dinámica no lineal de los sistemas complejos; y el **principio hologramático**, por el cual cada parte remite al conjunto (Morin, 2008, p.105-108). A juzgar por los supuestos transdisciplinares de Morin, aunar el principio hologramático con los principios fundamentados en la recursividad organizacional, posibilita la emergencia de un pensamiento complejo que abarca a un tiempo los principios de unidad y diversidad. En su opinión, es necesaria una interrelación entre ambos principios como discurso filosófico para llegar a una comprensión total de la realidad, ya que ni la unión ni la división pueden describir por sí solas, y adecuadamente, los fenómenos dinámicos en el desarrollo de la naturaleza y el universo. Con el propósito de describir esta simbiosis de principios de manera adecuada, necesitamos un pensamiento más integrador que permita superar las contradicciones del saber, tanto del conocimiento holístico o global como del reduccionista o local. Esa integración del conocimiento exige el uso de un pensamiento complejo de la realidad, el cual, al estar estrechamente ligado al pensamiento creativo, supone una interacción entre el hemisferio cerebral derecho e izquierdo, que afecta tanto al cerebro como a las mismas ideas. Una visión transdisciplinar que relacione los conocimientos de nuestro mundo interno, espiritual, intuitivo y emocional, con los de nuestro mundo externo, material, lógico y racional, como vía para favorecer el funcionamiento integral del cerebro humano y dar solución a los problemas complejos que enfrenta la sociedad actual.

Estado de la Cuestión

Morin (2008) es el padre del pensamiento complejo, y a él pretende contribuir el presente trabajo de investigación. Al parecer, el pensamiento complejo consiste en encontrar similitudes entre los diferentes niveles fractales de la realidad para establecer analogías entre ellos. El término analogía es sinónimo de similitud o semejanza. En el sentido usual, equivale a un método de razonamiento que se usa para establecer una relación de semejanza entre dos pares de conceptos o imágenes para inferir algo sobre ellos. Esta semejanza entraña no solo la relación de igualdad entre las cosas que se dicen semejantes, sino también la diferencia. Por ejemplo, una analogía constante en la historia de la religión y la filosofía occidental es aquella referida a la comparación entre la luz natural y la luz divina o del conocimiento, pues la conciencia parece poseer también una cualidad de iluminación. La luz natural se refiere a la luz física que ilumina el mundo visible y que hace posible la percepción visual, mientras que la luz divina o del conocimiento hace referencia a una luz espiritual que ilumina el mundo interior y posibilita la comprensión de la verdad. Ambas expresiones comparten relaciones de similitud en cuanto al primer término, pero esas relaciones pertenecen a realidades diferentes. Dado que la analogía se refiere a realidades en parte iguales y en parte diferentes, ocupa un lugar intermedio entre los términos unívocos y equívocos. Ello equivale a una proporcionalidad entre el todo y la parte, esto es, a una mediación dialéctica que une la unidad con la diversidad, lo que permite establecer vínculos entre los distintos niveles fractales del macrocosmos y del microcosmos. Siendo así, la analogía puede considerarse una forma de auto-semejanza conceptual, lo que puede ser considerado como un patrón fractal. Desde esta perspectiva, la analogía no solo constituiría un recurso expresivo, sino también una clave epistemológica fundamental para relacionar las categorías duales de los diversos ámbitos disciplinares, e incluso para trascenderlas. Esto subvierte por completo nuestra visión habitual del conocimiento y los modos de saber.

El pensamiento complejo abre las puertas hacia una forma de pensamiento en donde se puede generar un movimiento de recursividad capaz de crear relaciones novedosas entre ideas o conceptos contrarios. Se trata, por consiguiente, de un pensamiento creativo. A través del pensamiento complejo se puede construir un discurso filosófico que crece como un fractal, bajo el mismo principio de autosemejanza que usa la naturaleza para interrelacionar lo grande y lo pequeño, pudiendo integrar los distintos niveles del conocimiento. Todavía no estamos acostumbrados a este tipo de pensamiento “fractal”, porque exige una actitud muy diferente hacia el mundo, pero una vez abrimos la mente a esta nueva forma de inteligibilidad

encontramos conexiones significativas por todas partes. Esto es así porque el pensamiento complejo es un pensar recursivo que establece una red de relaciones analógicas no lineales, entrecruzadas y dialécticas entre estudios de disciplinas aparentemente separadas para producir sinergias. El pensar recursivamente sobre estos ámbitos separados mejora completamente nuestro conocimiento de la realidad y, por consiguiente, nuestra percepción ante ella, haciendo emerger una propiedad nueva que trasciende el orden cotidiano de las ideas para alcanzar un sentido más profundo y completo de la vida en general.

El sentido es el objetivo último de la transdisciplinariedad, y se produce cuando lo particular se une con lo universal que lo contiene. En el ser humano, lo particular y lo universal están tan estrechamente interrelacionados que deben considerarse como dos aspectos contrarios que se complementan. Por eso, nuestra realidad no solo tiene que seguir un sentido local, causal, racional y lógico, sino también un sentido global, acausal y emocional, gracias al cual se interconectan varios niveles disciplinarios en una red de relaciones mediante el recurso de la analogía, que forma el núcleo de la intuición y las representaciones creativas del cerebro. Esto es lo que hacen la mística, la poesía, el arte, la filosofía sintética, la ética o la física cuántica, que van más allá de las concepciones mecanicistas y reduccionistas del mundo involucradas en un solo nivel disciplinario. Siendo concepciones que usan métodos formales que privilegian el análisis sobre la síntesis, son útiles para estudiar las relaciones causales de los cuerpos, pero resultan insuficientes para tratar con la complejidad del mundo. Un sentido causal nunca podrá explicar el sentido acausal del mundo, pues le está vedado por sus propias reglas lógicas. Si queremos progresar hacia un paradigma más abarcador debemos incluir la analogía como mediación para otorgar al mundo ese sentido último de significado.

Planteamiento del Problema

El problema del lenguaje racional es que es contradictorio, ya que a través de él se construye la oposición entre el sujeto y el objeto, sin la cual no existirían los conocimientos disciplinares. Este tipo de lenguaje propone algunas explicaciones desde una lógica mecanicista que no puede crear relaciones entre las ideas. Y, por tanto, no puede explicar la unidad que subyace tras la contradicción. Ello hace que haya incoherencias en las relaciones de las diferentes disciplinas, y determinar la adecuada situación de estas contradicciones es una tarea compleja. Esa dificultad ofrece diversos juegos lingüísticos con diferencias irreductibles que impiden integrar los distintos saberes. La causa más profunda que está en la base de los problemas ecológicos, medioambientales y socioculturales de nuestra sociedad actual es el resultado de una contradicción o incoherencia sistémica en la forma de interconectar y orga-

nizar la mayoría de nuestros conocimientos disciplinares, ya que no hay métodos adecuados para tratar disciplinas de diversa índole, desde las más científicas a las más humanistas. Ello ha acarreado una fragmentación y parcelación de la realidad en compartimentos estancos, que, aunque necesaria para la ciencia y la tecnología, no refleja la complejidad de la naturaleza y del universo. Esta tendencia a fragmentar el conocimiento concierne a la polarización de las categorías duales del hemisferio izquierdo, que son sesgos cognitivos que nos hacen confundir nuestras palabras y nuestra lógica con lo que realmente existe en el mundo. Y el conformar categorías antagónicas y excluyentes nos lleva a la polarización que nos separa de la naturaleza y del universo, al mismo tiempo que nos priva de la capacidad para percibir conceptos holísticos, de totalidad, como la interconexión dinámica de todas las cosas, más propia del hemisferio cerebral derecho. Salir del proceso de categorización del pensamiento racional supone entrar en el ámbito metafísico del sentimiento y la intuición, lo que requiere el uso de la analogía, un tipo de lenguaje emocional que implica una combinación entre la parte y el todo, de modo que están presentes simultáneamente.

La modernidad ha creado categorías duales que han ido inhibiendo poco a poco la comunicación entre los hemisferios del cerebro, formando un patrón fijo de percibir e interpretar el mundo, un patrón que está íntimamente ligado a una manera dualista de conocer. Buena parte de esas categorías surgieron a raíz del nacimiento de la ciencia moderna en el s. XVII, que, impulsada por el método experimental de Galileo, Descartes y Newton (Rodero, 2013), trazó la distinción categórica entre el sujeto y el objeto y, consecuentemente, la aparición de las primeras divisiones disciplinarias. Pero las disciplinas aisladas y separadas no pueden incluirse por completo dentro de un sistema coherente único, porque sus leyes se contradicen entre sí y entran en conflicto, lo cual impide establecer conexiones significativas que permitan llegar a la comprensión del conjunto. Esta imposibilidad de interconectar ideas de forma holística y dar con el sentido de la totalidad se concibe como una contradicción e incoherencia. De ahí que haya surgido la necesidad de superar la fragmentación del conocimiento de las múltiples disciplinas y reestablecer sus vínculos. La teoría de la transdisciplinariedad surgió como respuesta a esta superación del saber, especialmente en el ámbito educativo. Desde el abordaje transdisciplinar, es deseable que el sistema educativo se encamine hacia una forma nueva de pensar que afronte las contradicciones conceptuales e incoherencias lógicas de la sociedad tecnocientífica, que ponen en peligro la vida sobre nuestro planeta.

En la transdisciplinariedad, el término realidad suele vincularse al aspecto externo de las cosas percibidas por el sujeto cognoscente, en oposición a lo real, que es entendido como lo que cada cosa es, su esencia interna. Lo real se concibe como un todo dinámico conforma-

do por una gran variedad de niveles de realidad y de percepción que siguen distintas configuraciones fractales. La visión transdisciplinaria propone un enfoque sistémico, a medio camino entre el holismo y el reduccionismo, que pueda captar las interrelaciones e interconexiones de los distintos niveles de la realidad y de la percepción, de forma que se puedan resolver los problemas que predominan en la sociedad tecnocientífica. Este enfoque requiere de un pensamiento complejo que proceda según los conceptos teóricos de los nuevos paradigmas de la complejidad, que incluyen teorías como la geometría fractal y el paradigma holográfico.

Objetivos

Esta tesis de doctorado tiene dos objetivos generales que de forma básica consisten en:

- Proponer una nueva metodología transdisciplinaria que permita unificar los conocimientos artísticos, científicos y filosóficos mediante la dinámica recursiva del método holofractal, en consonancia con la propuesta epistemológica del pensador Edgar Morin, y que dé respuesta a los problemas de la sociedad. Los algoritmos recursivos de aprendizaje automático serían cruciales a la hora de implementar dicho método en la práctica. Sería un buen punto de partida para generar acciones posteriores más concretas para esta investigación.

- Formalizar el desarrollo de la propuesta conceptual mediante la creación de una serie de obras pictóricas que explore los principios de la Estética Holofractal, una propuesta personal que mantiene ciertas concomitancias con la teoría holográfica y fractal del universo. El objetivo de estas obras sería representar la unión de la dualidad de un sistema para alcanzar una especie de estructura autosemejante que lleve la experiencia artística al plano de la ciencia de la complejidad y el pensamiento complejo.

Con todo, se intenta unir, a partir de la indagación teórica y la producción artística, los diferentes niveles de realidad y percepción.

A fin de lograr una mayor definición de estos objetivos generales planteamos una serie de objetivos específicos de la investigación:

- Divulgar los fundamentos de la teoría fractal y holográfica del universo mediante una metodología recursiva amparada en la analogía y enfocada en la dualidad y unidad de los contrarios, que son fundamentos claves del mundo que le dan sentido.

- Dilucidar las categorías duales de la física, con el objetivo de alcanzar una comprensión unificada del universo en todas las escalas, desde las partículas subatómicas hasta las estructuras cósmicas más grandes, mediante la exploración de las relaciones analógicas entre estas categorías.

- Reconocer cómo los principios fractales y holográficos pueden aplicarse al estudio de los órdenes de la realidad en el sujeto cognoscente, y cómo intervienen sus características en el pensamiento complejo y creativo, especialmente en lo concerniente a la creatividad artística, a través del análisis de las teorías de la neurociencia, la psicología y la filosofía.

- Exponer los contenidos conceptuales de la metodología del pensamiento complejo desde la perspectiva de un nuevo método recursivo de investigación capaz de hacer frente a los desafíos de la complejidad, a saber, el método holofractal, que se rige por el principio de exclusión de la lógica y el principio de inclusión de la analogía.

- Analizar la unidad y la dualidad que entraña el concepto de belleza (sensible/intelectual, subjetiva/objetiva...) y las controversias en torno a ella a través de un recorrido a lo largo de la historia de la estética tradicional, para introducir nuevas aportaciones en la investigación filosófica a partir del estudio de los sistemas complejos.

- Proponer una nueva concepción estética que busca armonizar las ciencias y las humanidades bajo los principios fractales y holográficos en una obra de arte. Esta concepción estética unificada se basa en unos referentes artísticos que están en relación con la estética de la proporción áurea, la estética fractal y la estética cuántica.

- Explotar las posibilidades de los fractales en la plataforma del lenguaje visual, ilustrando los parámetros de dualidad/unidad que contiene (concreto/abstracto, figura/fondo, forma/contenido, color matérico/color luz...), como manifestación de la dialéctica holofractal que está siendo revelada por los nuevos paradigmas científicos.

- Dar a conocer la Estética Holofractal en una exposición artística para ilustrar su aplicación práctica y analizar el impacto de la exploración de la dualidad/unidad en el espectador. Esta exposición se complementa con recursos online donde se dan a conocer los resultados plásticos de la investigación.

Hipótesis

Un fractal es una estructura matemática que se repite de manera similar a sí misma en todos los niveles de organización. Siendo así, se puede considerar que un sistema de clasificación dual que se repite en todas las escalas es una especie de estructura fractal en el conocimiento. La hipótesis que se baraja en nuestra investigación se basa en la idea de que la naturaleza organiza sus niveles utilizando patrones fractales y duales, y que el conocimiento también debería beneficiarse de la misma estrategia, pues puede estructurarse de forma sistémica bajo una organización de tipo fractal, es decir, con patrones de autosimilitud a diferentes escalas basados en la repetición de categorías duales. Esto significa que, al establecer dualida-

des fractales en cada dominio del conocimiento, se crean redes complejas de interconexiones en donde las partes tienen una estructura similar a la totalidad. Por ejemplo, las categorías duales de las distintas disciplinas, como mente-cuerpo, energía-materia, onda-partícula, etc., son “nodos” que están organizados en niveles jerárquicos, y que se interconectan entre sí mediante “enlaces” que forman redes complejas de relaciones analógicas entre ellas. Ello implica que cada nivel está en coherencia con los niveles inferiores y superiores. En la gestión del conocimiento, el patrón fractal contribuye a visualizar interconexiones entre las categorías duales de los distintos niveles disciplinarios para optimizar el proceso de generación de ideas y alcanzar una comprensión más holística y transdisciplinaria de la complejidad, de tal modo que permita superar las contradicciones conceptuales desde una lógica no tan mecanicista. El concepto intelectual que interconecta a todas esas categorías duales que se anidan fractalmente gira en torno al paradigma holográfico, que se basa en la idea de que las categorías superiores actúan como un holograma que refleja la información de las subcategorías inferiores. Además, este patrón fractal puede ser aplicado en la creación artística bajo unos principios holofractales, lo que resulta en un enriquecimiento de los planteamientos estéticos en nuestra cultura. Esto puede incluir la utilización de formas duales (figura y fondo, lo concreto y lo abstracto, etc.), estructuras fractales, simetrías y proporciones áureas en la composición de la obra. La clave de estos principios es encontrar un equilibrio entre los opuestos y lograr integrarlos en una unidad compositiva coherente que permita una comprensión más holística de la realidad.

Metodología

La organización fractal del conocimiento obliga a adoptar una metodología transdisciplinaria que medie entre los campos del saber de las distintas disciplinas y que vaya más allá, a fin de superar las contradicciones conceptuales e incoherencias lógicas que se dan en la fragmentada representación de nuestro mundo. La presente tesis doctoral usa como metodología transdisciplinaria un método inspirado en la dinámica de las matemáticas no lineales. Dicho método se fundamenta en la complementariedad de los métodos cuantitativos y cualitativos, que se caracterizan por un procedimiento objetivo y subjetivo en la investigación. Uno de los fundamentos epistemológicos a favor de este método se encuentra en el método de Morin (2006a, 2006b, 2006c, 2006d, 2007). El método de Morin sigue los presupuestos de la dialógica, un nuevo concepto de investigación referido al uso de dos lógicas opuestas pero complementarias, lo cual condiciona un tipo de principio hologramático que trasciende los datos reduccionistas y holísticos. De ahí que la idea hologramática sea el germen de un nuevo

marco epistemológico que se ajusta bastante bien a la recursividad de la geometría fractal. Dada la ubicuidad de los fractales en todos los niveles jerárquicos de la realidad, resulta verdaderamente sorprendente pensar que se le haya prestado tan poca atención a esta posibilidad recursiva de articular las ideas. Son precisamente las nociones de recursividad, simetría, auto-semejanza, armonía e interconectividad entre los niveles de la realidad lo que puede definir una teoría filosófica del todo que englobe las distintas disciplinas -físicas, biológicas, psíquicas y socioculturales- en un sistema único, como pretende la transdisciplinariedad.

El método transdisciplinar busca complementar los conceptos opuestos para llegar a una teoría unificada del conocimiento, pero requiere una propuesta de pensamiento que implique repetición y circularidad entre los conceptos globalizadores y fragmentarios de los niveles de la realidad. Ser capaz de construir esas relaciones de categorías duales en un todo más inclusivo puede llevar a la emergencia de un sistema conceptual con un nuevo sentido. El método holofrónico es un método recursivo que usa como instrumento una estructura triádica para acceder a un conocimiento de orden transdisciplinar. Está relacionado con la dialéctica de Hegel y el materialismo dialéctico, que se erigen como fuentes filosóficas y metodológicas del pensamiento complejo de Morin (2008), aunque pretende trascender sus límites al añadir una estructuración compleja de tipo fractal en la organización y relación del saber, no tenida en cuenta anteriormente. Ello proporciona las condiciones para un pensamiento que incluye un marco epistemológico que se ajusta a las matemáticas fractales, a través de un discurso con sentido de unidad, armonía y simetría que es descrito como holográfico, en cuanto que forma redes de entrelazamiento en donde las palabras se interrelacionan para crear nuevos significados. A lo largo de dicho discurso unificador, se alternan conceptos contrarios en todos los niveles cognitivos, y la función mediadora de la contradicción se produce gracias a la analogía, que está en relación con el tercero incluido que la ciencia clásica relegó, y que mantiene relaciones de semejanza con la proporción áurea. El tercero incluido es un concepto filosófico que se refiere a la idea de que los niveles de percepción y realidad no pueden ser reducidos a la oposición entre dos elementos, sino que requieren de un mediador que integre y supere la oposición para comprenderla y darle sentido. En este sentido, el tercero incluido puede realizar la simbiosis y la complementariedad de todos los niveles de conocimiento de la naturaleza y el universo, hasta llegar a estructurar todas las ciencias (naturales y socioculturales) en un gran sistema coherente.

La recursividad de los fractales tiene como característica principal la sensación de una secuencia repetitiva sin fin, por cuanto los elementos se reiteran hacia el infinito, fuera de las limitaciones espaciotemporales. Esta recursividad está presente en los algoritmos matemáti-

cos y computacionales, aquellos que expresan la solución a un problema por medio de iteraciones generadas por un ordenador. Pero la recursividad no solo puede realizarse mediante cálculos de ecuaciones matemáticas por computación, sino también por medio de las palabras, del lenguaje; de ahí que las tecnologías actuales de inteligencia artificial permitan la articulación semántica en base a patrones fractales. En la medida en que el cerebro se describe como una estructura fractal, el lenguaje natural también tiene la posibilidad de tener una naturaleza recursiva. Así, la recursividad se observa cuando se relacionan palabras o conceptos dentro de un mecanismo recursivo que conecta las partes dentro de un todo mayor, o cuando se utilizan palabras iguales o semejantes en diferentes estructuras jerárquicas y el significado final no termina de salirse de esas palabras mencionadas. La presencia de dicha estructura, continuamente repetitiva, es un artificio contemporáneo propio del lenguaje utilizado en la literatura fractal, un término que se usa para describir obras literarias que exhiben autosimilitud en diferentes escalas, y que forman parte de la literatura cuántica, otro tipo de obra literaria que está basada en los principios de la Estética Cuántica. La literatura fractal desafía el orden convencional de lectura, pues contiene expresiones con propiedades similares a las de los fractales; ello lleva a romper con la linealidad tradicional de los discursos. En la literatura fractal, la estructura de una narración no es lineal, sino que tiene elementos reflectafóricos, es decir, se configura como una especie de juego de espejos, cajas chinas o matryoskas en donde unos términos reflejan a otros, y a su vez cada término refleja cada uno de los demás, aunque no con total exactitud, pues los términos conviven tanto en la diferencia como en la igualdad. En su ensayo *Literatura fractal*, el escritor Viñuela (2001) la define del siguiente modo: “Llamo literatura fractal a todo aquel escrito que manifiesta propiedades similares a las de los objetos fractales, centrándose sobre todo en los elementos recursivos, es decir, que hacen referencia a sí mismos” (párrafo 1). Viñuela presenta además distintos tipos de literatura fractal: las *tautologías* (repetición de una misma idea pero escrita de forma diferente), *historias cíclicas* (historias que unen el principio y el final al albergar un concepto similar), *cajas chinas* y *cajas chinas cíclicas* (historias que contienen dentro de sí otras historias, que a su vez contienen otras...). Lo anterior implica que la literatura fractal evoque asociaciones que estimulan la intuición y la imaginación.

La construcción de esta tesis persigue la tentativa de organizar los diferentes conocimientos disciplinares utilizando textos fractales que se articulan temáticamente en diversos niveles jerárquicos, a partir de los mismos patrones iterativos con los que opera la literatura fractal y la estructura misma de la naturaleza, y que se van concatenando arquitectónicamente hasta formar un todo armónico. Tal tentativa se apoya en una epistemología sistémica, en

principio abierta, a través de la cual se pueden unificar todas nuestras construcciones mentales. La epistemología sistémica se basa en la idea de que la cognición y el conocimiento pueden ser entendidos como fenómenos emergentes que se organizan a través de un proceso sistémico que promueve la integración entre diferentes saberes. Este proceso sistémico de unificar teorías e ideas separadas en todos los niveles cognitivos se vale de la propiedad de la simetría recursiva. La simetría recursiva usa como recurso un lenguaje analógico que contiene en su núcleo central una tríada de categorías arquetípicas y universales muy sencillas que facilitan el pensamiento complejo: el arquetipo de la unidad (principio monádico), de la dualidad (principio diádico) y de los intermediarios equilibradores o mediadores (principio triádico), que son principios del conocimiento afines a los criterios de clasificación que utiliza la ciencia para facilitar el estudio de las cosas y los fenómenos: los criterios monocotómicos, dicotómicos y tricotómicos. De este esquema tripartito simple devienen las tres categorías de pensamiento del físico y filósofo americano Charles Sanders Peirce (primeridad, segundidad y terceridad), que subyacen a todos los fenómenos naturales, tanto inorgánicos como orgánicos, así como la tríada hegeliana (tesis, antítesis, síntesis). El uso de dicha tríada se muestra bajo un patrón dinámico de recursividad en donde los textos vuelven sobre sí mismos una y otra vez, lo que hace que sus patrones se puedan extrapolar eventualmente para construir formas similares a otras escalas, dando como resultado final una estructura fractal que permite profundizar y enriquecer el conocimiento de lo real, entendiendo “lo real” como la esencia misma de las cosas, al modo del proceder de la transdisciplinariedad. El arquetipo de la dualidad genera textos que están fragmentados, clasificados en expresiones duales, pero a la vez se interconectan entre sí hasta formar un conjunto coherente y con sentido cualitativo o acausal que revierte sobre la idea de sistema, propio del arquetipo de la unidad. El lenguaje basado en el código binario de la ciencia clásica nos da el sentido de las relaciones cuantitativas y causales de las cosas, porque involucra un solo nivel de realidad, pero el sentido acausal de la vida está más allá de la secuencia lineal de la lógica formal, en el ámbito del sentimiento y de la intuición, aquello que se deja atrapar por el lenguaje analógico (el tercero incluido que la ciencia excluyó de la lógica clásica, cuya metalógica asegura el paso de un nivel cognitivo a otro). A través de la analogía, lo que aparece separado es capaz de armonizarse mediante una red de relaciones no causales que aportan sentido al mundo.

Para Bohm (2002), entender los hechos observables tiene que ver con la manera en la que se relacionan entre sí para formar una totalidad, y ello incluye los criterios estéticos de belleza y simetría. El lenguaje analógico es capaz de generar infinitos fractales en forma de palabras y textos, los cuales comparten con la naturaleza un discurso holográfico -entendido

como mediación- que otorga al contenido una coherencia con un sentido de unidad. A lo largo de dicho discurso unificador se alternan conceptos contrarios en todos los niveles cognitivos, y la función mediadora de la contradicción se produce gracias a la analogía, por el que los términos unívocos y equívocos, de igualdad y diferencia, de unión y separación, se unifican a través de principios estéticos de ritmo, simetría, proporción, equilibrio y armonía, que son principios organizativos subyacentes de la naturaleza a los que aspiran los filósofos, artistas y científicos, y que se dan a lo largo de todas las dimensiones de la realidad. Tales principios participan de la autosemejanza. La autosemejanza es un aspecto científico del principio fundamental de simetría recursiva, o analogía, dado que implica una relación entre pares de análogos en todas las escalas observables. En la naturaleza existen analogías merced a las características de autosemejanza de los fractales. Esta autosemejanza no requiere que los análogos en diferentes escalas sean réplicas exactas, sino que sean semejantes, a modo de un juego de muñecas rusas o cajas chinas, donde una muñeca de menor tamaño encaja en el interior de otra de mayor tamaño en una secuencia repetitiva.

Delimitación de Contenidos

Si bien hay muchos campos del conocimiento donde los patrones holofractales son muy relevantes, hay otros donde no tienen tanta aplicación o simplemente no son útiles para la organización del conocimiento, por ejemplo, en los campos en donde la creatividad y la subjetividad juegan un papel fundamental. Debido a que no todo el conocimiento se puede organizar de manera fractal y holográfica, los contenidos de nuestro estudio se han acotado a aquellos campos que tienen un alto grado de complejidad, como la filosofía o la ciencia. Dada la naturaleza interconectada de estos campos, el método holofractal es especialmente adecuado para identificar similitudes y analogías entre diferentes conceptos y teorías. Sin embargo, es importante destacar que no es la única herramienta útil para organizar el conocimiento filosófico o científico. Hay otras formas de hacerlo, dependiendo del campo de estudio y de los objetivos específicos de la investigación. Por eso, un patrón fractal y holográfico no es la única forma para crear una teoría que explique todos los aspectos de la complejidad. Siendo solo una de las muchas herramientas para organizar el conocimiento, su metodología debe usarse con cautela a la hora de aplicarse en diferentes disciplinas, debiendo complementarse con otros métodos para avanzar hacia un entendimiento más unificador de la naturaleza y el universo. Al usarla como una herramienta entre muchas otras, el método holofractal puede aprovecharse para inspirar nuevas conexiones y formas de pensar, siempre que no caiga en dogmatismos. La clave está en mantener un pensamiento abierto y una acti-

tud de humildad ante la incompletitud inherente a todo conocimiento humano.

Estructura General

Esta tesis se plantea como un trabajo de investigación de tipo teórico-práctico. Siendo así, está estructurada en dos bloques relacionados entre sí: el primero despliega un estudio teórico, mientras que en el segundo se desarrolla su aplicación práctica en el terreno artístico. En la construcción de los planteamientos del primer bloque ha sido necesaria una exhaustiva documentación en donde se exponen algunos modelos afines al pensamiento del paradigma de lo complejo, y que está disponible en las referencias bibliográficas. El lector interesado podrá contrastar lo escrito con las fuentes originales.

El primer bloque se centra en la parte teórica, que se presenta dividida en tres partes. La primera parte está dedicada a introducir un breve estudio de los conceptos básicos relacionados con la teoría fractal y holográfica del universo, esbozando las características principales de los nuevos paradigmas de la ciencia, como el paradigma holográfico y la teoría general de sistemas, ya se trate de la teoría del caos, la geometría fractal, las estructuras disipadoras, la auto-organización o las propiedades emergentes, así como las relaciones existentes entre ambas. Este estudio teórico también contiene una serie de reflexiones filosóficas y metafísicas que intentan concatenar la proporción áurea con el concepto de entrelazamiento cuántico, que conectan con los diferentes niveles del conocimiento científico, especialmente en relación con la física cuántica y los modelos cosmológicos de la actualidad, desde el estándar hasta teorías alternativas, como la cosmología fractal y holofractográfica. Apoyándose en numerosos estudios científicos, se analiza el papel de la energía y la materia oscura en el cosmos, así como su relación dialéctica con el orden implícito y explícito. Asimismo, se propone que la información es el componente fundamental del universo, y que esa información opera a través de bits clásicos y cúbits cuánticos, como nuestras computadoras. La conciencia podría describirse como el procesamiento de bits clásicos (mente lineal) y cúbits cuánticos (mente no lineal). Ello plantea la existencia de una analogía entre la estructura del universo y la conciencia, lo que puede llevarnos hacia una teoría unificadora.

En la segunda parte se proporciona información global que explica la relación entre el cerebro, la cognición, la conciencia y el proceso creativo desde la perspectiva del paradigma de la complejidad, especialmente en lo que respecta a la creación en el arte, considerado como una de las más elevadas expresiones en donde queda manifiesta la capacidad humana para desarrollar la habilidad creativa y emocional de forma evidente. La creación artística parece ser autosemejante a la creación natural, porque ambos integran los dualismos del desorden y

el orden, del azar y la necesidad, de lo inspirado y lo planificado, en función de una nueva propiedad con carácter de novedad. En el arte, estos dualismos involucran tanto aspectos mentales como físicos. A nivel mental, la creación artística implica tanto procesos intuitivos como racionales; y a nivel físico, intervienen tanto la expresión espontánea como el dominio de técnicas. El reto del artista está en lograr una integración entre ellos, lo que permite formular una base ideológica en la que se sustenta la convergencia entre arte, ciencia y espiritualidad (entendiendo lo espiritual como aquella experiencia de totalidad que se produce de manera natural, fuera de cualquier institución o credo religioso). Desde este enfoque integrador, la creación es un proceso que está vinculado al pensamiento complejo y la transdisciplinariedad. Por tal motivo, la segunda parte está también destinada al estudio del pensamiento complejo y su método transdisciplinario, cuyos referentes son la dialéctica y la dialógica, así como su implantación en el terreno educativo.

La tercera parte presenta un selectivo y breve repaso de los aspectos estéticos más esenciales que describen la naturaleza dual de la belleza y su relación con el arte, desde la Antigüedad Clásica hasta el período tardío de la Edad Moderna, concretamente hasta el siglo XIX, ateniéndose a un número limitado de posturas filosóficas que mejor ejemplifican el desarrollo de nuestro discurso recursivo. Este recorrido por la evolución del debate sobre la belleza tiene como objetivo general proveer una nueva valoración estética desde la perspectiva de los nuevos paradigmas científicos de la complejidad y la metodología transdisciplinaria, con el objetivo de transformar las bases del pensamiento reduccionista de la estética moderna. Ello incita a crear una estética fundacional, la *Estética Holo fractal*, una concepción estética unificada cuyos fundamentos poseen unos referentes históricos que tienen que ver con muchos de los planteamientos teóricos de la ciencia de la complejidad y del pensamiento complejo, y cuya trasposición al terreno estético tiene la clave para vincular las contradicciones estéticas de la historia. Finalmente, se destaca que la proporción áurea es la base de las formas fractales en la naturaleza y es importante para la belleza en la arquitectura y el arte.

Para concluir, todo este estudio transdisciplinar se complementa con una cuarta parte, que conforma el fundamento sobre el que se ha construido la propuesta práctica de este proyecto. Dicha propuesta está destinada a la exploración de los principios recursivos en relación con los patrones duales del lenguaje gráfico-plástico, en concreto en el área de la pintura. Con ello, se pretende crear una nueva forma de expresión artística que se nutre de los principios del arte fractal, pero con un discurso que no requiere ni de fórmulas matemáticas ni de programación informática para su ejecución, sino de herramientas tradicionales, como las categorías duales propias del lenguaje visual. Esta parte se inicia con un estudio teórico que ex-

pone, de manera sintetizada, los valores representativos y simbólicos del lenguaje visual. Seguidamente, se muestran algunos procedimientos aplicados a la creación de formas y colores áureos. Y por último, se incluye un manifiesto con una serie de postulados que sientan las bases para impulsar los principios de la nueva propuesta estética en el ámbito de las artes visuales. Estos planteamientos mencionados se pretenden analizar a través de una catalogación de diecisiete obras pictóricas realizadas durante el proceso de la tesis, seguida de información sobre el proyecto expositivo que se llevó a cabo. Los resultados de la exposición pueden servir como punto de partida para nuevos proyectos expositivos.

Adicionalmente, se aportan unas conclusiones específicas, que se reanudan en una valoración final y unas propuestas de futuro. A continuación, se incluyen las referencias bibliográficas, las figuras seguidas de una lista con sus fuentes documentales, así como un apéndice y un anexo para completar la investigación. Con el fin de facilitar la navegación por el documento, los diferentes títulos y subtítulos están hiperenlazados desde la tabla de contenido, al igual que las figuras.

Anotaciones Preliminares

Antes de entrar en los pormenores de esta tesis de doctorado, es menester tener presente, al menos como referencia, mis primeras investigaciones en torno al modelo fractal-holográfico; así que conviene detenerse un momento en este punto para poder abordar el presente trabajo. El modelo fractal-holográfico es un concepto filosófico-literario en donde se defiende la construcción de una cosmovisión unitaria amparada bajo el marco teórico de los paradigmas emergentes de la nueva ciencia, aquellos que se originaron tras la aparición de las teorías cuántico-relativistas a principios del siglo XX, y que se encargan del estudio de los sistemas complejos. Es un proyecto transdisciplinario que se gestó a lo largo de veintiun años de recopilación, trabajo e investigación, resultado de la búsqueda de una correspondencia analógica entre los niveles del conocimiento y de la realidad. Su implicación en el ámbito del conocimiento es de gran alcance, de hecho fundamental, porque engloba dichos argumentos mediante una nueva metodología de investigación transdisciplinar que permite entender los aspectos cuantitativos y cualitativos del saber a partir de la complementariedad de opuestos. Esta nueva metodología se fundamenta en un método recursivo y relacional llamado método holofrónico, cuyos orígenes se remontan al concepto de dialéctica, y que en la actualidad se apoya en los conceptos básicos de la nueva ciencia. Para evitar tener que leer u hojear los trabajos anteriores a la hora de entender estos fundamentos, a continuación se aporta un breve comentario. Planteada esta anotación necesaria, es posible seguir el desarrollo de los planteamientos a lo largo de la investigación, que se concentra en la aplicación del método holofrónico a los problemas estéticos.

El modelo fractal-holográfico supone la búsqueda, inconsciente y consciente, de muchas culturas del pasado de las leyes sistémicas del cosmos y las formas de vida contenidas en él, y que tiene sus antecedentes en las primeras incursiones filosóficas acerca de la relación de lo uno con lo múltiple o del todo con la parte, que se refiere, en suma, al concepto actual de fractal. La filosofía presocrática de la Antigua Grecia pretendió buscar el fundamento de la unidad que se ocultaba tras la aparente multiplicidad de las cosas. Para ello, trató de descubrir el origen común de todas ellas (*arjé*) a partir del conocimiento de la razón. Los filósofos presocráticos adoptaron dos soluciones para explicar el origen de las cosas, ora atendiendo al criterio de unidad, ora al de multiplicidad de sus principios elementales, que podían ser elementos materiales (el fuego, el aire, el agua y la tierra), fuerzas contrarias de carácter

espiritual que gobernaban el cambio (amor-odio), o una diversidad de partículas de una mezcla originaria. Dentro de este contexto, la respuesta de la filosofía pitagórica sobre el *arjé* fue muy distinta al considerar que no eran los principios materiales los que proporcionaban una explicación al origen de todas las cosas, sino los números. Los pitagóricos pensaban que los números guardaban cierta analogía con la contraposición uno-múltiple, de la cual surgía una serie de dualidades (lo ilimitado y lo limitado, lo par y lo impar, etc.) que servían de base para configurar la estructura del cosmos. Con ello, situaron el origen de las cosas en la forma matemática, un pensamiento cuya influencia en la concepción moderna de las matemáticas fue decisiva. Más tarde, Platón incorporó los números al mundo inteligible de las ideas o formas, que son los arquetipos de los cuales se derivan las cosas del mundo sensible. Este modelo pitagórico-platónico de números-ideas se sintetizó en el concepto esotérico de correspondencia entre el macrocosmos, entendido como el conjunto del universo, y el microcosmos, entendido como el ser humano. Respecto al principio estético de la Antigua Grecia, la filosofía griega describía la belleza como la expresión de la síntesis de lo uno y de lo múltiple, en cuanto equilibrio armónico que debía existir entre el todo y las partes, una idea que conducía a la descripción de la proporción áurea como principio unificador. Durante la Edad Media, el cristianismo aceptó el sistema griego de las correspondencias y las proporciones armónicas, pero con ciertos matices divinizadores. Fue usado por los Padres de la Iglesia, y, posteriormente, en la tradición agustiniana, y aún pervivió durante parte del Renacimiento gracias a la filosofía neopitagórica y neoplatónica.

El pensamiento griego anticipa de forma implícita muchos de los principios del modelo fractal-holográfico, como la idea de microcosmos y macrocosmos, que refleja la noción de autosimilitud entre el hombre y el universo de Pitágoras y Platón. Se cree que el origen de esta analogía en diferentes escalas tiene sus raíces en la filosofía del antiguo Egipto. Se encuentra mencionada en la expresión “lo que está abajo es como lo que está arriba, y lo que está arriba es como lo que está abajo para hacer los milagros de una sola cosa” (p.35) de Hermes Trismegisto (como se citó en Laszlo, 2017), considerado el padre de la sabiduría y el descubridor de la ciencia de la alquimia. El objetivo de la alquimia era alcanzar la comprensión de la misteriosa correspondencia entre el macrocosmos y el microcosmos. Esa correspondencia universal del hermetismo también ha sido manifestada durante siglos por la espiritualidad hinduista, budista o el pensamiento taoísta. Por ejemplo, lo que los antiguos hindúes llaman la unión del Atman con Brahman (la unión del alma con Dios) manifiesta este pensamiento sistémico. Asimismo, la filosofía china del Taoísmo muestra una cosmología que considera al ser humano como un microcosmos que refleja el macrocosmos universal, del cual

fluye la energía del Tao, expresada a través de la dualidad unificada del símbolo del yin-yang. Igualmente, se puede encontrar la misma correspondencia en los sistemas místicos de las religiones abrahámicas del Cercano Oriente, concretamente en el Gnosticismo, el Sufismo o la Cábala, como así también en algunos presupuestos fundamentales de la alquimia medieval o de los componentes de Rosacruz. En definitiva, la idea mística de analogía o correspondencia supone que existen patrones de organización autosimilares en todas las escalas del cosmos, por lo tanto, se relaciona de un modo asombroso con los diversos niveles fractales de la realidad, pues evidencia la manifestación de unas leyes sistémicas de naturaleza recursiva que rigen el universo, y cuya disposición coincide con los procesos mentales del ser humano, anticipándose así a la concepción holográfica y multidimensional del nuevo paradigma de lo complejo.

Posteriormente, encontraremos referencias al dinamismo de las leyes sistémicas del pasado en el método dialéctico de Hegel, que se basa en la idea de que el desarrollo histórico se produce a través de la lucha entre aspectos opuestos, y que el resultado final de esta lucha es una síntesis superior que incorpora elementos de ambos. El método dialéctico de Hegel representa una trasgresión de la lógica formal, y fue ampliado sobre bases científicas y materialistas por la dialéctica de Marx y Engels; de hecho, el idealismo hegeliano y el materialismo marxista se complementan, lo que significa la integración de los dos tipos polares de la lógica dialéctica. Para la lógica formal, la contradicción es imposible tanto en la realidad como en el pensamiento, pero para el método dialéctico es posible, porque opera de tal modo que enfrenta los dos aspectos opuestos de la realidad, la tesis y la antítesis, para llegar a una síntesis, que es una nueva tesis que a su vez genera una nueva antítesis, y así sucesivamente. Cada tríada (tesis, antítesis y síntesis) es un círculo o bucle de retroalimentación que se va reiterando hasta conformar un sistema totalizador, al igual que la autosemejanza fractal. En cierto sentido, la fractalidad es una de las características que impregna por completo el pensamiento y el sistema hegeliano (Solsona, 2016). Se trata del replanteamiento en términos de la ciencia moderna de una concepción dialéctica y complementaria del mundo.

El pensamiento complejo de Morin (2008) es el pensamiento integrante del paradigma de la complejidad, y tiene como fuente filosófica el método dialéctico de Hegel. Como la dialéctica, el pensamiento complejo hace referencia a una realidad dinámica entre opuestos a través de una dialógica que conduce a la idea de unidualidad compleja o *unitas multiplex*. La unidualidad significa que un término no puede reducir a otro (en este sentido existe una dualidad), pero ambos tampoco pueden separarse con precisión (en tal sentido constituyen una unidad). Ya que por separado son términos insuficientes, el pensamiento complejo los rela-

ciona mediante un bucle recursivo. Según Morin, este tipo de pensamiento sigue unos principios que ayudan a trascender la lógica formal: el **principio dialógico**, el cual trata de usar términos antagónicos que a la vez se oponen y se complementan, una especie de pensamiento dialéctico, pero con el diálogo como instrumento fundamental de simbiosis entre dos lógicas; el **principio de recursividad organizacional**, que es un proceso de retroalimentación recursiva que se acerca a la dinámica no lineal o circular de los sistemas auto-organizativos; y el **principio hologramático**, por el que el todo está en la parte y esta en el todo, lo que trasciende las posiciones del conocimiento holístico, que se centra en el todo, y reduccionista, centrado en las partes. Cualquier sistema complejo tiene un patrón dialógico, recursivo y hologramático de organización.

El procedimiento de la dialéctica de Hegel y la dialógica de Edgar Morin siguen un tipo de pensamiento recursivo compatible con el método holofractal, lo que resulta crucial en la defensa del discurso filosófico del modelo fractal-holográfico. Ese discurso es realmente sencillo. Se basa en el supuesto de que la organización de las ideas debe compartir las mismas características que rigen las leyes sistémicas del mundo, ya que la estructura del conocimiento y de la realidad siguen un patrón fractal de autosemejanza y, por ende, dialéctico. De esta correlación se deriva la necesidad de adoptar métodos dialécticos que describan esas características. Como dialógica de la dualidad, el método holofractal es un procedimiento basado en el principio recursivo, dentro de una terminología que utiliza un razonamiento circular por analogía, permitiendo interacciones que relativizan la lógica formal. La analogía asume la diferencia, pero también la igualdad, como delimitaciones de una frontera que comunica dos dimensiones de forma cíclica, dentro de las cuales se inscriben otros ciclos menores que contienen a su vez otros ciclos (ese ritmo cíclico y recurrente es el que contribuye a la conciliación de los opuestos). Aunque esta manera de razonar ya existía en la dialéctica de Hegel, la nueva propuesta metodológica pretende ir más lejos en virtud a los datos proporcionados por las teorías científicas y filosóficas de nuestro tiempo. Entre esos conocimientos se encuentra una teoría de especial importancia, y de la que Hegel no pudo disponer para fortalecer su método: la moderna teoría de la complejidad y sus vertientes, que nos muestran que la naturaleza lleva en sí el desorden y el orden, es múltiple y, a la vez, una. Por esto mismo, las nociones del modelo fractal-holográfico son compatibles con la idea del pensamiento complejo de Morin, pues permite reconocer a la vez la dualidad y la unidad, la oposición y la complementariedad; si bien intenta ir un paso más allá en el discurso transdisciplinar al añadir una estructuración compleja de tipo fractal en la organización y relación del conocimiento, no tenida en cuenta anteriormente de manera explícita, algo que era de esperar después de

que Morin postulara su tercer principio hologramático, por el cual el todo está en la parte y la parte en el todo, una característica que incluye el principio holográfico y que comparte relaciones con la autosimilitud de los objetos fractales (Luigi, 2018). Sobre esta estructuración repetitiva se puede construir un método que proceda según leyes sistémicas, y que, en opinión de Morin, estaba aún por definir para avanzar en la comprensión de la complejidad.

El modelo fractal-holográfico está relacionado con la dialéctica de Hegel y con la teoría del pensamiento complejo de Edgar Morin, pero busca trascender sus límites. Es un modelo filosófico en el estudio de la realidad que conforma un objeto fractal no solo en la forma, sino también en su contenido, puesto que comprende un sistema de ideas, o programa de investigación, que utiliza una lógica dialéctica que fractaliza la realidad estudiada en categorías duales a diferentes escalas. En este sentido, se puede considerar que un sistema que se repite en todos los niveles de organización del conocimiento mediante categorías duales es un fractal. No obstante su fractalidad, las dualidades quedan trascendidas mediante un pensamiento complejo de cuya circularidad emerge un nuevo sentido relacional, descrito como holográfico, y que consiste en redes de relaciones o interconexiones de ideas que conforman un holograma de conocimientos, proporcionando una visión holística de la realidad. Estas interconexiones se salen de los principios y las estructuras cognitivas convencionales imbuidas en nuestra cultura, aunque sin desviarse del todo de la línea de la tradición histórica. Por esta razón, dicho programa de investigación no dice nada nuevo, salvo ser un intento de sistematizar los conocimientos bajo un patrón fractal. Dentro de ese patrón se hace referencia a la psicología humanista y transpersonal, a la teoría hemisférica y a la creatividad, al arte, la filosofía, la mística, etc., así como a conceptos científicos más recientes acerca de un conjunto de teorías y subteorías en torno a los sistemas complejos: la teoría del caos, la geometría fractal, la auto-organización, las propiedades emergentes, la teoría de redes, la teoría de la información, la física cuántica-relativista, la teoría holográfica, la lógica borrosa, la biología cuántica, la epigenética, la neurociencia, los estudios de la conciencia..., que suponen un nuevo planteamiento a los problemas filosóficos de carácter general: el problema de la percepción y la intuición, el del conocimiento racional como búsqueda de la verdad, el problema de la relación sujeto/objeto y la intersubjetividad, el problema del lenguaje, la cultura, el arte, la belleza, los valores, etc., pero retomados desde una perspectiva algo original.

Aparte de constituir un esfuerzo por dar una configuración unitaria a los nuevos paradigmas de nuestro tiempo, el modelo fractal-holográfico es un modelo que, partiendo de la teoría fractal y holográfica del universo, permite hacer comprensible la interacción entre la materia y la mente, que es la clave para superar la alternativa realismo/idealismo, reduccio-

nismo/holismo. Un principio central de la filosofía positivista y la física clásica (newtoniana) es la dicotomía o dualidad entre el realismo y el idealismo, que son dos concepciones ontológicas separadas sobre la naturaleza de la realidad, entre las cuales hay que decantarse por una de ellas. La concepción realista supone que la naturaleza de la existencia es la materia, lo cual implica que la mente es una propiedad emergente del cerebro. Por lo tanto, la realidad es objetiva y existe de manera independiente a la mente humana. Opuesta a la concepción realista, la concepción idealista considera que la mente es una propiedad intrínseca de la materia, lo que quiere decir que no se reduce simplemente a la actividad del cerebro. Siendo así, la realidad es subjetiva y depende de la mente humana. El realismo y el idealismo se dirigen, respectivamente, de la parte al todo y del todo a la parte. Ya que representa la complejidad de la realidad, cada concepción es una parte de la verdad, no la verdad completa, en cuyo caso tienen que complementarse de manera proporcionada. Por otro lado, el reduccionismo, que se relaciona con el mecanicismo y la física clásica, y el holismo, relacionado con el organicismo y la física cuántica, que nos remiten a la dialéctica de Hegel, son dos puntos de vista epistemológicos sobre el modo de conocer la realidad. El método reduccionista es un método que trata de explicar las cosas reduciéndolas a sus partes constituyentes más simples. Reduce lo social a lo psicológico, lo psicológico a lo biológico, lo biológico a lo químico y lo químico a lo físico, dentro de un proceso puramente analítico que excluye cualquier propiedad emergente que indique totalidad. Esta exclusión es un signo de la insuficiencia del reduccionismo a la hora de ocuparse de los componentes del sistema como un todo. Se opone, por tanto, a la metodología holística, que intenta explicar las cosas en términos más amplios, pues considera el estudio global de los sistemas resaltando sus propiedades emergentes. Con ello, el enfoque sistémico reconoce las interacciones entre el mundo y el pensamiento, interacciones que se han ido abriendo camino desde la aparición de la física cuántica, que al introducir la conciencia del investigador en su estructura conceptual, vincula las partículas observadas y el observador, es decir, el objeto y el sujeto. Desde entonces, la posición de la física cuántica pasó a ser más holista, lo que llevó consigo una crisis de los principios fundamentales del reduccionismo científico, que se fue acrecentando tras la aparición de la teoría general de los sistemas, según la cual los fenómenos complejos son más que la simple suma de sus partes.

La ontología se refiere a la naturaleza de la realidad en sí misma, independientemente de nuestro conocimiento, y la epistemología al conocimiento que tenemos de esa realidad y en cómo adquirimos ese conocimiento. El gran debate ontológico y epistemológico sobre la realidad de la naturaleza y el modo de conocerla se descompone en los puntos de vista del realismo y del idealismo. Si se privilegia el lado ontológico, se entra en el realismo; si se pri-

vilegia el lado epistemológico, se incurre en el idealismo. Uno y otro son verdaderos en su nivel, aunque no saben ver a un tiempo el todo sin las partes y las partes sin el todo. El caso es que existe una analogía entre la ontología y la epistemología, entre la realidad y la conciencia, porque las propiedades del realismo se asemejan a las funciones del hemisferio izquierdo, en tanto en cuanto reduce la realidad total en una interpretación parcial, así como las propiedades del idealismo son similares a las funciones del hemisferio derecho, que es más abarcador. Debido a que hay una analogía entre los órdenes de la realidad y los hemisferios cerebrales, entre la ontología y la epistemología, entre ellas existe un vínculo de proporcionalidad que las relaciona. En las diversas proporciones, una visión incurre más o menos en otra, pero en la participación de semejanza o analogía las dos se hacen equitativas, lo que lleva a un proceso íntegro. A lo largo de la historia, muchos pensadores se han decantado hacia uno de los extremos de una dualidad, es decir, han afirmado por separado o la unidad (como hace el holismo) o la dualidad (como hace el reduccionismo), pero no han entendido que afirmar la unidad en un nivel superior va en detrimento de la relación todo-parte de cualquier sistema, pues la unidad implica a ambos. Este error ha impedido ver la simetría recursiva que se da entre los principios de unidad y diversidad como parte orgánica del Todo.

En los inicios del siglo XXI nos encontramos en el umbral para unificar las diversas disciplinas gracias a las investigaciones en torno a la teoría de los sistemas complejos y la geometría fractal. La ciencia de la complejidad es el fenómeno principal de la cultura post-moderna. Las matemáticas y la geometría no-euclidiana de los fractales son su fundamento. Pero el concepto de fractalidad también nos ofrece una nueva posibilidad en la forma de organizar el conocimiento y darle sentido, ya que los fractales pueden formalizarse mediante las dualidades, las simetrías, las complementariedades, los ritmos recurrentes o las proporciones de los enunciados, y sus retroalimentaciones sincrónicas, lo cual supone una revolución paradigmática en todos los campos establecidos del saber. A este respecto, el modelo fractal-holográfico pretende fundamentar un pensamiento transdisciplinar usando como método de investigación una lógica dialéctica en donde la fractalidad, proporcionalidad o analogía, toma un papel decisivo a la hora de articular arquitectónicamente el conocimiento: el método holofrónico. El método holofrónico es un método recursivo que se basa en establecer semejanzas entre las categorías y subcategorías opuestas de diferentes realidades, extrapolando a una realidad los términos de otra. De esta manera, cada subcategoría se puede considerar como un reflejo de la categoría principal, como en un fractal. El método holofrónico se adecua, por tanto, a una metodología cuya elaboración formal sigue las matemáticas de la complejidad, lo que las hace ser altamente formalizables.

Además de adoptar como modelo las matemáticas fractales para la investigación transdisciplinar, el método holofrónico también adopta el principio metodológico de complementariedad onda/partícula que introdujo Niels Bohr en la física cuántica, una condición que explica los extraños sucesos del principio de incertidumbre de Heisenberg, cuya aplicación más conocida es el par velocidad/posición de una partícula. El principio de complementariedad entre la onda y la partícula del nivel cuántico nos dice que en el conocimiento de cualquier fenómeno subatómico es necesario aplicar conceptos complementarios que se excluyen mutuamente. Estos fenómenos complementarios alentaron un pensamiento holístico que va más allá de la física cuántica, dado que la lógica de la complementariedad conforma una construcción heurística que se repite de continuo en todos los niveles duales del conocimiento, y su rastro se encuentra en la ciencia, la filosofía, la espiritualidad y el arte de todas las épocas. Ello constituye una evidencia analógica que respalda los postulados del modelo fractal-holográfico, pues implica cualidades de autosemejanza respecto a otros niveles de conocimiento, que permiten entender las complementariedades todo-parte en la realidad, tanto psíquica como física.

Las dualidades habidas entre la naturaleza ondulatoria (continua) y corpuscular (discontinua) de la realidad se pueden complementar usando las propiedades de autosimilitud y recursividad de las matemáticas fractales, y esa es la forma de logilizar la contradicción. Ahora bien, este proceso parece afectado por una dificultad de principio en relación con su validez científica, porque cualquier argumento de tipo analógico proporciona solo un carácter de probabilidad, y no una certeza absoluta, que no puede ser demostrable mediante el método científico, aquel cuyo campo de operación separa el sujeto del objeto, el observador y lo observado. No obstante su indemostrabilidad, ello no impide que tales argumentos se puedan aplicar a otras formas de cognición, como las basadas en la deducción o en los datos empíricos de la ciencia convencional. De hecho, el argumento analógico es una herramienta valiosa en el método científico que forma parte de un enfoque más amplio. Por consiguiente, aunque no existan pruebas empíricas o demostraciones para afirmar su validez, tampoco pueden refutarse.

Parte I

La Teoría Fractal y Holográfica de lo Real

Las últimas propuestas cosmológicas basadas en los descubrimientos de la física cuántica sugieren que nuestro universo está imbuido dentro de un campo unificado que parece interconectar todos los niveles de organización del cosmos para formar totalidades, y esta idea se ha visto reforzada por los paradigmas científicos y filosóficos de la Postmodernidad. Esto quiere decir que el proceso organizativo de la realidad física se nos presenta como una gigantesca estructura fractal, lo que experimentamos como una separación o fragmentación fundamental, pero esa fractalidad del mundo aparece unificada a un nivel más profundo mediante los diferentes planos de un campo subyacente de energía con propiedades holográficas que se esparce por todo el universo, un medio continuo que puede tomar forma de partícula o de onda. Ello no significa que el universo sea visto como los fractales o los hologramas utilizados en modelos matemáticos exactos, sino más bien que estos conceptos permiten acercarnos a una comprensión aproximada de la realidad total. La estructura fractal y el campo holográfico del cosmos parecen funcionar como un código matemático invariante a los cambios de escala, es decir, que se repite de manera autosemejante a lo largo de las múltiples escalas, configurando una organización de tipo holofractal en donde los opuestos se complementan. Este simple código fundamenta el surgimiento de un nuevo paradigma del universo que evidencia que las partes y el todo coemergen dinámicamente en un proceso cíclico de dualidad y unidad, desde el macrocosmos de la teoría de la relatividad al microcosmos de la teoría cuántica. Esto revela la naturaleza no separada de la realidad.

Los nuevos paradigmas emergentes de la ciencia proclaman que el universo es semejante a un organismo vivo, cuyas conexiones se producen dentro de un supuesto holograma cósmico de información entrelazada que sostiene su unión. De hecho, el entrelazamiento cuántico se considera una prueba de la naturaleza holográfica del universo. Ese holograma cósmico es un conjunto de muchos hologramas superpuestos con diferentes patrones de vibración que se despliegan por analogía a través de los niveles organizativos del universo, lo que quiere decir que los niveles fractales de la naturaleza pueden interpretarse como la expresión manifiesta de los campos vibracionales de un orden subyacente de naturaleza holográfica, tal y como lo propuso Mureika (2007) al decir que “el agrupamiento fractal de la estructura del universo a gran escala bien puede representar una manifestación de los límites holográficos”.

ficos de entropía, o el resultado final de una cosmología holográfica” (p.1). Debido a ello los sistemas complejos mantienen una sintonía o concordancia con la armonía cósmica, esto es, están entrelazados cuánticamente, de modo que son capaces de auto-organizarse para evolucionar hacia una mayor complejidad. Ya que los campos cuánticos holográficos se revelan en la realidad a través de las diferentes escalas de manifestación de los fractales, es posible hacer coincidir ambos conceptos por medio de sus relaciones analógicas. Esto nos ofrece una base teórica sólida a la hora de explicar e interpretar la realidad. En el presente capítulo nos ocuparemos de definir dichas relaciones de analogía, sobre las que habrá de volver en los siguientes capítulos.

1. Teoría Fractal

El concepto de fractal ha sido usado frecuentemente en la metafísica, en la filosofía y en la ciencia. Desde el punto de vista científico, un fractal es una clase de simetría que relaciona el todo con sus partes a diferentes escalas, de manera que cada una de las partes refleja la totalidad a una escala más pequeña o más grande. Esta propiedad simétrica obedece a un patrón de autosimilitud que opera en todos los sistemas complejos capaces de auto-organizarse. El matemático franco-norteamericano Mandelbrot (1975), el gran impulsor de la matemática contemporánea, descubrió ese tipo de simetría en sus experimentos de computación como un intento de describir matemáticamente la recursividad que aparece en muchas formas naturales, como en las nubes (Figura 1), en el recorrido de los rayos o en las montañas (Figura 2). La naturaleza, por la razón que sea, parece inclinada a ser recursiva, y lo recursivo, en opinión de Mandelbrot, es esencial a la belleza que observamos en ella. Precisamente, toda la belleza de la naturaleza proviene de algoritmos muy simples de tipo no lineal que se van iterando hasta ganar en complejidad.

1.1. Geometría No-euclidiana

Con la aparición de los fractales podemos decir que surgieron dos tipos de geometría: la geometría diferenciable o euclidiana y la no diferenciable o no euclidiana. La geometría euclidiana fue desarrollada por el matemático griego Euclides en su libro los *Elementos*, que se basa en un conjunto de postulados científicos que rigen la forma en la que se construyen y miden las figuras geométricas. Hasta hace poco, los científicos describían la naturaleza a través del lenguaje de la geometría euclidiana, ya que parecía estar subordinada a figuras geométricas regulares. Pero gracias a la nueva ciencia de la complejidad y sus teorías derivadas, ahora los científicos se han visto obligados a pensar que esta modalidad de geometría regular

es incapaz de dar respuesta a un mundo en el que tiene cabida ciertas irregularidades, como el caos y el azar, conceptos estrechamente vinculados con el indeterminismo. Muchas cosas complejas del mundo físico, por ejemplo, los rayos de tormentas, la forma de las nubes, las montañas, el oleaje del mar, los ríos, y toda clase de organismos vivos, son irregulares, debido a lo cual no reflejan realmente las características de las reglas simples descritas por la geometría euclidiana. Frente al conocimiento simple proporcionado por la geometría euclidiana, han aparecido otras geometrías más complejas que siguen los patrones matemáticos de la geometría no-euclidiana, como la geometría fractal, cuyo lenguaje describe lo irregular de la naturaleza, pero también lo regular. Ya que los fractales implican procesos caóticos y estructuras ordenadas, y tanto sus irregularidades como sus regularidades constituyen una autosimilitud que puede suceder de forma estadística, esto es, bajo las leyes de la probabilidad, están en contradicción con el modelo euclidiano. Empero, en la base de estas irregularidades y aleatoriedades existe un tipo de geometría euclidiana con características comunes a los fractales, por lo que no son geometrías contradictorias, sino complementarias.

La geometría fractal es una geometría natural, pues proporciona modelos matemáticos no-euclidianos adecuados para el estudio de la complejidad recursiva, por la cual se manifiesta la naturaleza y el universo, mientras que la euclídea se estima artificial, porque está diseñada para hacer mediciones simples en la superficie terrestre, y para estudiar las creaciones artificiales hechas por el individuo y la sociedad, tales como edificios, puentes, automóviles o máquinas. Sin embargo, dado que en ocasiones la geometría no-euclidiana se basa en modelos euclidianos, ambos tipos de geometría son válidos para entender el comportamiento del mundo natural. En última instancia, la geometría fractal no es el único patrón que sigue la naturaleza para estructurar sus elementos; la geometría euclidiana también puede dar explicación a la organización de algunas formas naturales, como la sección o proporción áurea. La proporción áurea es una geometría euclidiana que gobierna nuestro universo en función de un patrón recursivo de simetría que produce autosimilitud a escalas sucesivas, razón por la que está íntimamente relacionada con los fractales (Figura 3). Esta característica simétrica del universo es invariante a los cambios de escala, y las transformaciones geométricas de sus elementos se producen por recursiones. De hecho, la belleza y la armonía que observamos en el mundo están unidas a la proporción áurea y a la geometría fractal, pues ambas reflejan una relación de similitud en su estructura. De algún modo, la proporción áurea aparece en la yuxtaposición de la geometría euclidiana y la geometría fractal, de lo simple y lo complejo (Livio, 2018, p.332), como el concepto de complejidad.

1.2. La Geometría Fractal

De acuerdo con nuestra comprensión actual de la física fundamental, la información es el principio organizativo de la materia. En el universo la información crea unas pautas matemáticas a medio camino entre el desorden y el orden que se repiten sucesivamente en las distintas escalas de observación. Dichas pautas utilizan la moderna geometría de la naturaleza: la geometría fractal. Los orígenes de la geometría fractal parecen remontarse a principios del siglo XVIII, cuando el matemático y filósofo alemán Gottfried Leibniz consideró la recursividad como un fenómeno primordial en la armonía del universo. Pero no fue hasta finales del siglo XIX y principios del XX cuando otros eminentes matemáticos, encabezados por Cantor, Peano, Hilbert, Koch y Sierpinski, entre otros, descubrieron estructuras geométricas raras o anómalas, catalogadas como “monstruos”, que cuestionaban los postulados de la geometría de Euclides, especialmente el quinto postulado, que establece que por un punto exterior a una recta solo puede pasar una única recta paralela a ella. Esta condición persistió hasta el año 1975, cuando Benoît Mandelbrot recopiló esas estructuras y las agrupó bajo el nombre de geometría fractal.

Los fractales son una familia de objetos geométricos cuya estructura básica se repite una y otra vez a diferentes escalas. Esta repetición es debida a la iteración de un algoritmo matemático sencillo que a lo largo del proceso va tomando forma y color. Los algoritmos iterativos consisten en la reintroducción de sus outputs e inputs a modo de un bucle de retroalimentación positiva, un feedback en el cual el punto de salida -output- de un nivel se convierte a su vez en la entrada -input- del nivel siguiente. La retroalimentación positiva (o iteración) significa que partes del algoritmo matemático se multiplican consigo mismas, de manera que una mínima variación en las condiciones iniciales puede conducir al sistema hacia un resultado impredecible, tal como comprobó la cibernética, una teoría de las máquinas autónomas vinculada con la teoría de la información, cuyos conceptos se sitúan entre la física y la biología, entre las máquinas y los seres vivos. Gracias a la retroalimentación positiva, los sistemas vivos evolucionan hacia un estado lejos del equilibrio, pudiendo alcanzar un punto crítico que los lleve hacia un nuevo nivel de orden. Ese mecanismo de retroalimentación es la causa de la dinámica de los sistemas, y puede describirse bajo la iteración fractal de la naturaleza.

1.2.1. Dimensión Fractal. Los objetos geométricos euclidianos, como un triángulo o un cuadrado, encierran áreas finitas en perímetros también finitos, pero un objeto fractal muestra una paradoja, ya que puede encerrar un área finita dentro de un perímetro infinito. El

grado de fractura e irregularidad de un objeto fractal a la hora de ocupar un área se define con un simple número que recibe el nombre de “dimensión fractal”, la cual se calcula mediante la fórmula de Hausdorff. Así, un objeto fractal con una dimensión alta tiene mayor cantidad de irregularidades, y al contrario, un objeto fractal con una dimensión baja tiene menor cantidad de ellas.

En la geometría euclidiana los puntos, las líneas, los planos y los volúmenes se corresponden con dimensiones numeradas con un número entero, llamadas dimensiones topológicas, que son abstracciones que simplifican el espacio estudiado. Un punto tiene dimensión 0, una recta dimensión 1, un plano dimensión 2 y un volumen dimensión 3. Así, un cubo es un objeto de 3 dimensiones. La geometría fractal no tiene, sin embargo, un número entero, sino una dimensión fraccionaria, es decir, sus dimensiones se conciben como posibilidades intermedias dentro de las dimensiones topológicas, porque están a medio camino entre el punto y la línea, entre la línea y el plano, entre el plano y el volumen, o entre el volumen y el tiempo. Ello le confiere una cierta ambigüedad en cuanto a su dimensionalidad. Por ejemplo, cuando decimos que el conjunto fractal de Mandelbrot tiene dimensión 1,64 queremos decir que ocupa más que una recta y menos que una superficie. La parte entera de la dimensión fractal (en nuestro caso 1), nos está diciendo que el objeto con el que tratamos es una recta, la parte fraccionaria (es decir, 64) nos informa de su grado de irregularidad al ocupar una superficie. Esta intermediación entre las tres dimensiones hizo pensar a Mandelbrot que la dimensión fractal o dimensión de Hausdorff se corresponde con la zona situada entre el dominio extremo del caos y el orden excesivo de la geometría euclidiana (por ejemplo, la proporción áurea), con aquellos puntos críticos de donde emergen nuevos órdenes a partir del caos.

Las características no-dimensionales se mantienen constantes en todas las escalas de un objeto fractal gracias a la dimensión fractal, propiedad que se conoce como simetría, término cuyo uso responde a la idea de analogía. Al habitar en una dimensión en donde participa tanto de una dimensión dada como de la siguiente dimensión, menor o mayor, es también indicador de borrosidad, permitiendo respuestas intermedias. Esa situación indefinida parece ser la causante de que las diferentes partes de un organismo se conecten para formar una unidad funcional, y de que los organismos estén conectados entre sí y con su entorno. Como estudiaremos más adelante, la dimensión áurea, o lo que es lo mismo, la dimensión construida a partir del número phi, es una proporción que se repite en las diferentes escalas de un fractal áureo, que comprende tanto la naturaleza interior como la exterior, pudiendo ser usada como una analogía para trazar el hilo conductor que entrelaza las diferentes dimensiones de la

realidad. No en vano, la razón áurea parece trazar un vínculo entre la dimensión trascendental y la ciencia natural (Lüttge & Souza, 2019), así como entre lo imaginario y lo real, la mente y la materia, el inconsciente y el consciente, contribuyendo a la noción de intersubjetividad entre el yo y el otro (Marks-Tarlow, 2013).

1.2.2. Autosemejanza. Un fractal es un tipo de simetría recursiva que intenta describir los fenómenos y las estructuras que se encuentran frecuentemente en la naturaleza, lo que revela su carácter universal. Podemos apreciar la organización y comportamiento fractal en muchos sistemas naturales, como, por ejemplo, en los cráteres de la Luna (Figura 4), en los terremotos, en la fragmentación de los minerales, en los bordes de los copos de nieve (Figura 5), en la formación cristalina de los minerales, en las líneas de fallas geológicas, en las grietas de un terreno seco (Figura 6), en las superficies erosionadas, en los caudales fluviales (Figura 7), en las costas marítimas (Figura 8), en los corales, en las ramas de los árboles (Figura 9), en las venas que parten de los helechos (Figura 10) o en la organización interna de los seres vivos, en donde es útil representarla como un tipo de red donde los nodos forman los componentes y los enlaces sus interacciones: redes de vasos sanguíneos, redes neuronales, ramificación alveolar de los pulmones, etc. Es tal la universalidad de los fractales que los podemos encontrar en las configuraciones culturales, como en las fronteras entre países, en las finanzas, en las fluctuaciones de los precios en el mercado, en la tecnología moderna, en los diferentes ámbitos artísticos (composición musical y visual)... Incluso encontramos estructuras de naturaleza fractal en la reiteración de las palabras o las extensiones de las frases en un libro, al menos así lo demuestra un estudio realizado por Drozd, Grabska-Gradzińska, Kulig, Kwapien y Oświęcimka (2012), del Instituto de Física Nuclear de la Academia Polaca de las Ciencias, que reveló que el lenguaje utilizado en las grandes obras de la literatura universal, sobre todo aquellas basadas en el *fluir* de la conciencia, comparte la misma dinámica fractal que usa la naturaleza. Este hecho llevó a los investigadores a inferir que la recursividad puede que se encuentre también en la conciencia y en el lenguaje.

Una de las características esenciales de todas las formas fractales es la autosimilitud (que se puede entender también como autosemejanza). La autosimilitud se describe como la propiedad de un objeto para repetir en cualquier escala el patrón o la estructura del todo de forma continua, mediante iteraciones matemáticas basadas en números conmensurables y no conmensurables, como la serie Fibonacci y la razón áurea. Esto significa que un patrón o estructura tiene autosimilitud si su apariencia es similar a lo largo de toda su extensión. Todos los sistemas complejos son sistemas fractales que producen procesos de autosemejanza. Esta

autosemejanza a escala constante (invarianza de escala) se manifiesta en la cercanía de los puntos críticos o de transición de fase, bajo un mecanismo iterativo de retroalimentación positiva y negativa, cuyas proporciones pueden verse alteradas en las diferentes escalas en mayor o menor grado. La retroalimentación positiva conduce a una amplificación o integración de los efectos por bucles de información (negantropía o baja entropía), y la retroalimentación negativa los reduce hacia un determinado rango (entropía). La negantropía y su magnitud inversa, la entropía, están correlacionados con la cantidad de orden y desorden de un sistema. Y la medida del grado de orden o negantropía de un sistema está relacionado con la información que contiene, tal y como demostró el teorema del físico francés Brillouin (1953). Equivaldría a lo que los biólogos Francisco Varela y Humberto Maturana denominaron “autopoiesis” (del griego *poiesis*, creación o producción), que es la capacidad de un sistema para auto-crearse o autoproducirse, de forma que no existe separación entre producto y productor (Varela, Maturana & Uribe, 1974). Gracias a la negantropía, los sistemas complejos se dirigen hacia un mayor grado de complejidad y orden.

La autosimilitud guía el crecimiento recurrente en la naturaleza, y surge de la relación organizada y proporcionada de cada una de las partes del sistema para interactuar como un todo. En la naturaleza, la autosimilitud se pone de manifiesto de manera aproximada en un rango finito de escalas, pero en los fractales matemáticos se produce de forma estricta e interminablemente. Dado que en la naturaleza la autosimilitud no es infinita, sino que tiene sus límites estructurales en cierto número de escalas, tanto inferiores como superiores, no se puede hablar de fractales matemáticamente exactos, sino de fractales naturales o prefractales. Generalmente, los prefractales están limitados a unas pocas iteraciones o niveles autosemejantes, llegando a alcanzar siete niveles de ramificación en los árboles o hasta treinta en el sistema circulatorio humano. En los fractales naturales, la autosimilitud hace que lo semejante se halle mezclado con lo diferente. Eso quiere decir que un nivel inferior repite los mismos patrones autosemejantes de otro superior, pero a la vez se diferencia como sistema único. Estas diferencias son incluso mayores si existen saltos discontinuos entre una escala y otra. Pero las discontinuidades entre los distintos niveles de la naturaleza se ven compensadas por la continuidad que otorga el concepto de autosimilitud. Ello implica una realidad de naturaleza discontinua, de estructura fragmentada en el espacio-tiempo, a la vez que continua, unificada en sus partes. A los fenómenos de crecimiento fractal en los que los componentes se comportan como fractales con distintas dimensiones se les denomina “multifractales”, que vendrían a ser una mezcla de fractales entrelazados.

1.2.3. Auto-organización. Cualquier proceso autosemejante tiene como resultado una auto-organización, que se articula a partir de un patrón complejo de redes cuyas relaciones son no lineales. La auto-organización es un fenómeno a través del cual los elementos individuales de un sistema se reorganizan espontáneamente para alcanzar una situación global coherente de estabilidad relativa y poder adaptarse así a su entorno, permitiendo al sistema sobrevivir y evolucionar. Los saltos discontinuos, o rupturas espontáneas de simetría, forman parte de este mecanismo de renovación, y se pueden entender como fragmentaciones de la geometría del espacio-tiempo creadas por procesos que se producen naturalmente en los saltos. Estos procesos de rotura y fracturación son umbrales o puntos críticos de inestabilidad entre el desorden y el orden que quedan reflejados en la dimensión fractal de la rotura. Algunos ejemplos de ruptura espontánea de simetría se encuentran en el punto crítico de una transición de fase en un sistema, como cuando un líquido se convierte en sólido, como el agua al congelarse, en la procreación, que concierne a la fragmentación de las características hereditarias, en el proceso de diferenciación celular, por el que una célula fertilizada se convierte en diferentes tipos de células para crear tejidos, órganos y sistemas específicos, en el proceso evolutivo de especiación, de donde surgen nuevas especies (peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos), cuya recapitulación aparece en el desarrollo del feto humano y en el cerebro triúncico, o en las diferentes categorías biológicas (reinos, clases, familias, especies, individuos, etc.). Las rupturas de simetría aparecen inclusive en la sociedad humana, concretamente en las grandes transiciones culturales. En este contexto, la ruptura de simetría aludiría a un cambio en la estructura y organización de una sociedad. Por ejemplo, en el orden social del Paleolítico, los individuos no ejercían funciones completamente diferenciadas, puesto que no estaban separados del grupo. Es a partir del Neolítico cuando se establece una especialización y las divisiones entre trabajo corporal y trabajo de la inteligencia, trabajo mecánico y trabajo artístico, y, como consecuencia, una ruptura de simetría que llevó consigo una organización social con un nivel más elevado de complejidad, dando origen al surgimiento de importantes civilizaciones antiguas como Sumeria o Egipto.

El mundo natural se auto-organiza de manera análoga a como lo hacen los fractales, ya que presenta estructuras organizadas en todas las escalas, desde el comportamiento de los átomos hasta la formación de los cúmulos de galaxias. Estas estructuras autosimilares emergen en los puntos críticos de la ruptura de simetría o colapso del sistema en su evolución, muchos de los cuales son guiados por unas leyes matemáticas y geométricas muy sencillas que están cimentadas sobre la proporción áurea. Al parecer, la proporción áurea sería como

un punto no-dimensional de acoplamiento que actúa como intermediario en la transmisión de información autosimilar a lo largo de las dimensiones del sistema, un punto de encuentro que está en relación con las transiciones de fase del nivel microscópico al macroscópico (Otto, 2020). Se trata de un fenómeno de resonancia o retroalimentación positiva, a través del cual el sistema tiende hacia una armonía y equilibrio que permite la cohesión global. Luego, la proporción áurea expresaría la forma anidada más simple por la cual los sistemas se auto-organizan de manera compleja. Este planteamiento es consistente con las ideas de Grzedzielsik (1986, como se citó en Olsen et al., 2020), quien destacó la importancia de la proporción áurea en el equilibrio termodinámico de los sistemas auto-organizados.

1.3. Teoría del Caos

La teoría del caos del meteorólogo norteamericano y también matemático Edward Lorenz (1969, como se citó en Lipton y Bhaerman, 2010) está muy ligada al estudio de la geometría fractal. Lorenz detectó en sus estudios climáticos que en algunos sistemas complejos, como las turbulencias, la meteorología, etc., cualquier mínima variación en sus condiciones iniciales podía desembocar en un estado caótico con consecuencias impredecibles. Por ejemplo, pequeñas perturbaciones en la atmósfera provocan efectos inesperados en la evolución climática después de múltiples retroalimentaciones y/o bifurcaciones del sistema. A esta sensibilidad a las condiciones iniciales Lorenz la denominó el “efecto mariposa”, una metáfora que da a entender que el suave aleteo de una mariposa en un remoto lugar puede desencadenar la aparición de un huracán en otro. En esas perturbaciones, parece imperar un comportamiento caótico producido al azar y, por lo tanto, se presentan impredecibles. Sin embargo, más allá del aparente desorden, existe un orden subyacente o implicado que obedece a patrones armónicos relativamente predecibles y deterministas (aquellos que se rigen por el mundo lógico y racional). Esto es, en un nivel de conjunto, las perturbaciones describen una especie de trayectorias que oscilan del desorden al orden o viceversa, conocidas con el nombre de “atractores extraños”. Y como muchos de estos atractores pueden ser moldeados por las simetrías recursivas que se observan en el despliegue de los objetos fractales, también suelen llamarse “atractores fractales”. Poco después, Robert Shaw (1981, como se citó en Puente Vigliola, 2014) descubrió que los atractores extraños son máquinas de información que tienden un puente entre las microescalas y las macroescalas. Por consiguiente, el caos es generador de información, y cobra sentido como simetría rota que destruye un orden para construir otro nuevo en forma de fractal.

Matemáticamente, el caos es localmente impredecible, pero globalmente está determinado por atractores. La noción de atractor se refiere a un conjunto de fuerzas que arrastran a los sistemas hacia una coherencia global. Por lo general, muchos sistemas complejos presentan cuatro tipos de atractores: el atractor de punto fijo, asociado a sistemas que tienden a estabilizarse en un punto único; el atractor periódico, que presenta oscilaciones cíclicas; el atractor cuasiperiódico o toroidal, que surge de la unión de diferentes atractores periódicos con distintos ciclos; y el atractor caótico, estrechamente vinculado a la noción de atractor extraño. El atractor caótico aparece en sistemas no lineales que son muy sensibles a las condiciones iniciales, como, por ejemplo, el atractor de Lorenz, algo parecido a una doble espiral tridimensional (Figura 11). Debido a que se componen de una gran cantidad de elementos similares que se interrelacionan entre sí de manera no lineal, los sistemas caóticos poseen la capacidad para oscilar entre el desorden y el orden. Esa zona de equilibrio fue denominada por Stephen Wolfram (como se citó en Mandressi, 2013) el “límite del caos”, que, en su opinión, está a medio camino entre el comportamiento caótico y el regular: fijo o periódico. El límite o borde del caos es un punto a partir del cual el comportamiento regular de un sistema se vuelve caótico, lo cual hace que sufra una serie de cambios de estado o bifurcaciones que van de un nivel a otro más estable. Es como una frontera o umbral en donde una mínima variación en las condiciones iniciales puede desembocar en un estado caótico con consecuencias impredecibles. Al punto que marca la separación entre el comportamiento caótico y el regular, fijo o periódico, se le denomina “punto crítico”.

En algunos casos, los sistemas situados entre el desorden y el orden están gobernados por un tipo de atractor que no está regido por el caos, sino por un aspecto matemático irracional, como el número áureo. Según los trabajos de los astrofísicos Lindner et al. (2015), un ejemplo de este tipo de atractor se encuentra en algunas estrellas variables, cuyas frecuencias luminosas cambian rítmicamente cuando se expanden y se contraen, creando pulsaciones periódicas de frecuencias primarias y secundarias con patrones fractales cercanos al número áureo. Aún más, el límite del caos de Kolmogorov, Arnold y Moser (teorema de KAM), afirma que la órbita periódica más estable es aquella que tiene una relación irracional de frecuencias de resonancia. Ya que la proporción áurea contiene el número más irracional, la órbita correspondiente es la órbita más estable. Ese límite en la frecuencia de resonancia, cuya relación sigue la proporción áurea, parece darse también en el proceso de decodificación y codificación de la información por parte del cerebro humano (Weiss & Weiss, 2003), una idea que bien podría respaldar el antiguo principio de correspondencia cósmica de la escuela pitagórica y platónica, reflejando el antiguo lema de la alquimia “como es arriba, es abajo”.

1.4. Las Estructuras Disipadoras

La teoría del caos en matemática fractal nos muestra que el desorden y el orden coexisten, es decir, son conceptos antagónicos pero al mismo tiempo son complementarios y se potencian mutuamente. Una tendencia al desorden (a la entropía) produce flexibilidad, por el contrario, una tendencia al orden (a la negantropía) rigidez, pero ambos son indispensables en los procesos biológicos de la naturaleza. Las estructuras disipadoras son sistemas complejos que necesitan un flujo continuo de energía e información procedente del entorno para formarse y mantenerse. Estas estructuras se relacionan con la teoría del caos, puesto que se encuentran en un equilibrio o estabilidad dinámica entre el desorden y el orden. Un ejemplo de una estructura disipadora en la naturaleza podrían ser las olas en el océano. Cuando la energía de las olas llega a la costa, se encuentra con obstáculos y se desvía para disiparse en forma de calor y movimiento, lo que ayuda a evitar dañar las estructuras cercanas. Pero también transportan sedimentos que construyen nuevas formas en la costa.

Dada la relación con su entorno, los sistemas complejos se clasifican en sistemas cerrados y sistemas abiertos, según sean objetos físicos u organismos. Fue el premio Nobel de química Ilya Prigogine (1980, como se citó en Hutchinson, 1990) quien demostró que la producción de entropía implica procesos irreversibles que se incrementan en el interior de los sistemas cerrados, aquellos que no interactúan con el flujo del mundo exterior, pero son mínimos en los sistemas abiertos, porque estos, al tener flujos de entrada y salida, intercambian energía e información con el entorno. A expensas de ese intercambio con el mundo circundante, los sistemas abiertos disipan energía y materia, disminuyendo su entropía. De ahí que Prigogine los denominara “estructuras disipadoras”:

Dentro del marco de la segunda ley -termodinámica- procesos irreversibles pueden desempeñar un papel constructivo, positivo, y no destructivo. Son el origen de estructuras disipadoras... Ahora, al considerar la biología, el comportamiento social, la ecología y la economía, empezamos a tener un punto de encuentro entre los diversos conceptos de evolución... Cerca del equilibrio siempre se encuentra el estado más banal, más uniforme. La idea general de la física clásica es que progresamos hacia el desgaste del universo. Pero por otra parte, lo que vemos aquí en la Tierra es justo lo contrario. En lugar de avanzar hacia la muerte térmica, presenciamos una diversificación sucesiva. Y así, pese al hecho de que probablemente la segunda ley se cumple en el universo en su conjunto, no vamos hacia el equilibrio, básicamente porque recibimos una infusión constante de energía procedente de las estrellas, las galaxias, etcétera... Con

el paradigma de la auto-organización, vemos una transición del desorden al orden. En el campo de la actividad psicológicamente, tal vez sea nuestra principal experiencia, cada creación artística o científica implica una transición del desorden al orden. (p.57)

Según su grado de equilibrio termodinámico, los sistemas pueden estar en un estado de equilibrio, cerca del equilibrio o lejos del equilibrio. Cuanto más se aleja un sistema del estado de equilibrio mayor es su grado de complejidad, lo que le hace exhibir un comportamiento no-lineal similar a la coherencia cuántica. Las estructuras disipadoras son sistemas lejos del equilibrio que presentan inestabilidades, ya que necesitan un flujo superior de energía e información para poder mantener todas sus conexiones en coherencia. Esa falta de estabilidad o equilibrio les hace estar continuamente oscilando entre el desorden y el orden, de tal forma que los ciclos de retroalimentación positiva y negativa unen ambos sin anularlos. Y aquí radicaría la clave del proceso de auto-organización de los sistemas complejos. Gracias a factores como el caos, los sistemas complejos son capaces de auto-organizarse espontáneamente hacia niveles superiores mediante saltos evolutivos, mostrando un desarrollo espiral a través de contradicciones. Estos saltos entre dos tendencias en conflicto crean escisiones que presentan la característica de no-unicidad o discontinuidad, dando lugar a una intermitencia o fluctuación espaciotemporal, lo cual implica irrupciones del desorden dentro del orden y a la inversa. De resultas de la retroalimentación de esas fluctuaciones, los sistemas derivan hacia un punto crítico de bifurcación en donde el nivel de información es muy alto (negantropía), siendo útil para propósitos evolutivos. En este punto de bifurcación se produce lo que el matemático Thom (1977) denominó una “catástrofe”, un salto brusco en los valores de las variables de un sistema en forma de discontinuidad que puede producir dos posibilidades: el desorden del sistema o la transformación en un orden superior, en dependencia de la capacidad que tenga para extinguirse o adaptarse al entorno. Cuando lleva a la transformación, el caos es considerado como una suerte de orden no lineal, que antes de llevar al organismo al desequilibrio, provoca la aparición de un nuevo equilibrio armónico. Los fractales son un modo de ver esos puntos críticos, que en el ser humano se traducirían como una crisis psíquica que lleva a la mente hacia estados superiores de conciencia, un hecho que supone, en opinión de Joseph M. Fericgla (1989, como se citó en Puente Vigliola, 2014, p.282), superar las contradicciones de los niveles de procesamiento más bajos aportándoles información desde los niveles más altos, totales. Solo así la totalidad puede irrumpir en la conciencia del individuo, lo que trae como consecuencia la experiencia trascendental del universo unificado.

En los últimos años, se ha consolidado la idea de que cualquier sistema puede adaptarse al entorno porque es capaz de auto-organizarse para encontrar el término medio de criti-

cidad (Bak, Tang & Wiesenfeld, 1988), una condición que lleva al equilibrio entre la flexibilidad y la rigidez. Esto es así porque los sistemas complejos, aparentemente impredecibles, revelan globalmente una estructura predecible de naturaleza fractal o atractor, que es caótica y determinista a un tiempo, lo que da estabilidad al sistema. Al exhibir tanto impredecibilidad en los grados de libertad como procesos predecibles, un atractor funciona de acuerdo con las leyes cuánticas y clásicas de la ciencia. La evolución súbita y saltacional de los seres vivos está regida por un mecanismo de tránsito de lo cuántico a lo clásico, y a la inversa. Ese mecanismo conlleva bifurcaciones tendentes a estabilizarse en atractores fractales, que a su vez contienen otras bifurcaciones que fluctúan hacia nuevos atractores de mayor complejidad, hasta el infinito, revelando la gran variedad de niveles jerárquicos que observamos en la naturaleza. Los puntos de bifurcación o rupturas de simetría son umbrales críticos de inestabilidad que pueden derivar hacia un nivel donde las partes contrapuestas se integran en una unidad mayor. Esta síntesis de los elementos contrapuestos en una sola totalidad se produce en las secciones de la proporción áurea, que proporcionan un punto no local entre los niveles fractales. Ello explicaría por qué los seres vivos muestran una armoniosa unidad. En este sentido, la naturaleza puede ser considerada como un gran atractor áureo en donde todo está íntimamente relacionado de manera compleja.

1.5. Tipos de Fractales

Hay dos tipos principales de fractales: los fractales naturales y los fractales geométricos. Los fractales naturales son patrones o estructuras recursivas y autosemejantes que se encuentran en la naturaleza. Los fractales geométricos, por otro lado, se generan mediante un algoritmo matemático que tiene forma repetitiva y autosimilar. Estos tipos de fractales se subdividen a su vez en dos tipos bien definidos: los fractales lineales y los no lineales, que se diferencian en el grado de autosimilitud, pudiendo ser de autosimilitud exacta o cuasiautosimilares. Los fractales lineales se caracterizan por ser exactos, cerrados y estáticos. Debido a ello, sus fronteras tienen límites regulares que separan unos elementos de otros. Esos elementos se fragmentan en partes idénticas, en entidades semejantes, a lo largo de todas las direcciones y los niveles de escala. Debido a que funcionan independientemente, no hay saltos discontinuos que indiquen novedades en sus acciones mutuas, por lo que son muy fáciles de predecir. Los fractales lineales se encuentran con frecuencia en las matemáticas y en la tecnología. Este es el lugar de la lógica formal y del pensamiento racional de las ciencias positivistas, que sólo legitiman como conocimiento las formas completamente definidas y determinadas, aquellas con base en los sistemas lineales (Luigi, 2018). Tipos de fractales lineales serían

el conjunto de Cantor (Figura 12), el triángulo y la alfombra de Sierpinski (Figura 13) o el copo de nieve de Koch (Figura 14). El estudio matemático de las discontinuidades y rupturas llegó con los fractales no lineales, también denominados “fractales complejos”, cuyos límites van fluctuando según ciertas condiciones cambiantes, por lo que las entidades se repiten hasta cierto punto, hasta dar origen a una entidad diferente pero similar. Sus fronteras, por tanto, permiten pasar de una dimensión a otra superior. Este carácter abierto hace que los fractales no lineales tengan una forma más compleja que va cambiando mediante saltos con distintos grados de azar o aleatoriedad, dando lugar a múltiples interacciones y retroalimentaciones entre sus niveles. Por esta razón, los fractales no lineales suelen ser más difíciles de predecir. Los fractales no lineales típicos son los conjuntos de Julia (Figura 15) y Mandelbrot (Figura 16). Dado que, como discutimos previamente (Troyán, 2015b, p.45), implican una autosimilitud conservada hasta cierto nivel y un salto hacia una nueva configuración fractal subordinada, este tipo de fractalidad no lineal es un ejemplo ilustrativo de la dinámica de la gran mayoría de los sistemas complejos en la naturaleza. Incluso podría decirse que la noción de fractalidad no lineal, al establecer correspondencias relacionales de las partes entre sí y de estas con respecto al conjunto, comparte semejanzas conceptuales con la noción de analogía, la cual establece una similitud entre una realidad y otra. La noción de analogía puede verse, pues, como una autosimilitud fractal. Precisamente, la autosimilitud implica una fractalidad de analogía o analogías recurrentes que se manifiestan tanto en las partes como en las relaciones de estas con el todo. En dialéctica, a esto se conoce como síntesis o negación de la negación, que más que una superación de la contradicción presupone un equilibrio armónico de las partes y del todo.

1.5.1. Fractalidad Dual y Unitaria. Los fractales de tipo lineal y no lineal se descubren en la fractalidad que aparece en la naturaleza. Basándose en el estudio de sus propiedades características, los científicos adoptan criterios de clasificación para agrupar los objetos, seres o fenómenos naturales en torno a pautas monocotómicas, dicotómicas y tricotómicas, las cuales se repiten una y otra vez a lo largo de los varios niveles de organización bajo una configuración fractal. Los criterios proporcionados por los científicos son físicos, pero el principio de autosemejanza también se puede extrapolar a la metafísica. Los diferentes niveles físicos manifiestan indicadores de autosemejanza con los arquetipos metafísicos que comparten: el arquetipo de la unidad, dualidad y ternario, que describen un proceso categórico muy simple cuya recursividad crea complejidad en nuestro universo (Troyán, 2015b). El uso de estos arquetipos se fundamenta en las categorías de pensamiento que formuló Peirce: pri-

meridad, segundidad y terceridad. La primeridad es la posibilidad de que algo nuevo surja de forma espontánea, por lo que no tiene referencia alguna con la realidad manifiesta. La segundidad es la actualización de esa primeridad en un espacio-tiempo determinado, por tanto, implica delimitación y separación. Y la terceridad es una entidad mediadora que interrelaciona la primeridad y la segundidad, permitiendo que el caos (espontaneidad) se convierta en orden (ley). En consecuencia, la primeridad sigue un principio de relación monádica (que tiene que ver con el término “mónada”), la segundidad de relación diádica con la primeridad, y la terceridad tiene una relación triádica con la primeridad y la segundidad.

Los criterios de clasificación monocotómicos, dicotómicos y tricotómicos nos hace definir la ciencia como un sistema que sigue el orden de las matemáticas fractales (ver apéndice A). Los criterios monocotómicos son categorías que favorecen la percepción de la realidad en su totalidad, confiriendo un orden unificado. El criterio tricotómico está incluido, ya que la totalidad dentro de las partes se produce gracias a los intermediarios equilibradores del sistema, lo que permite pensar en síntesis de dualidades. Por último, el criterio dicotómico divide la realidad observada en dos categorías que se presentan contrarias, como la unidad y la diversidad. Aquí, el criterio tricotómico se excluye. Como ya se afirmó anteriormente (Troyán, 2015b, p.43), en la naturaleza nos encontramos el criterio monocotómico, por ejemplo, en la dinámica global de una célula, un organismo o un ecosistema, y el criterio tricotómico en muchas formas de mediación, como aquellos sistemas biológicos que comparten características de dos procesos vitales, como la nutrición autótrofa y heterótrofa, o la reproducción asexual y sexual, etc. Finalmente, los criterios dicotómicos de clasificación podemos observarlos muy claramente en la apariencia externa y la estructura interna de los animales, o en muchas formaciones naturales que oponen lo autótrofo y lo heterótrofo, lo femenino y lo masculino en la separación de los géneros, etc. Por lo general, el reino vegetal tiende más hacia los criterios tricotómicos y el reino animal hacia los dicotómicos, y juntos contribuyen a crear unas relaciones marcadas por los criterios monocotómicos. Los criterios de clasificación también pueden aplicarse al universo en su conjunto. En el universo, el criterio dicotómico puede referirse a la dualidad que existe en el universo, como la energía-materia o el espacio-tiempo. Por otro lado, el criterio monocotómico se refiere a la forma en que todas las dualidades están interrelacionadas y forman parte de un todo coherente.

Los niveles de fractalidad no existen solo en la naturaleza, sino también en el conocimiento, porque existe una correspondencia entre el mundo (lo conocido) y el pensamiento (el cognoscente). Dentro del conocimiento, las ideas se pueden polarizar en dos ámbitos contra-

rios a través de la lógica formal, poniendo de relieve todas las disputas ideológicas que ocasionan (criterio dicotómico). Pero también hay ideas que se sitúan en una posición intermedia gracias a las analogías (criterio tricotómico), aspecto que constituye un agente mediador fundamental para la unificación paradigmática de la realidad (criterio monocotómico). Los criterios dicotómicos, tricotómicos y monocotómicos son accesibles al conocimiento humano gracias a los niveles de pensamiento de su estructura cerebral, según la predominancia hacia lo racional, lo intuitivo o ambos a un tiempo, en sus relaciones y/o falta de relaciones. Este hecho revela que el cerebro humano es un conjunto fractal compuesto por principios monocotómicos, dicotómicos y tricotómicos (Troyán, 2015b).

Considerando los criterios clasificativos del mundo natural, se pueden determinar dos tipos fundamentales de fractalidad: la fractalidad unitaria y la fractalidad dual. La fractalidad unitaria se refiere a la idea de que un sistema está interconectado y puede ser descrito como un todo coherente en donde cada parte contiene la información completa, al igual que un holograma. Por ejemplo, la unidad de dos partículas se extiende a través del espacio y el tiempo, generando un patrón fractal de entrelazamiento. En contraste, la fractalidad dual alude a la idea de que un sistema puede describirse de dos maneras diferentes a lo largo de todas sus escalas. Por ejemplo, en un nivel cuántico, las partículas subatómicas tienen una naturaleza dual que se repite en todos los niveles superiores. Ambos tipos de fractalidad se ponen en funcionamiento al añadirles la fractalidad progresiva y cíclica, que hacen referencia a la forma en la que un sistema evoluciona en el tiempo. La fractalidad progresiva implica una evolución lineal y la fractalidad cíclica una evolución no lineal. El mundo es un mecanismo fractal de separación o disgregación recursiva (fractalidad dual), y de unión o integración recursiva (fractalidad unitaria), retroalimentándose en una dinámica lineal (fractalidad progresiva) y no lineal (fractalidad cíclica). Este fractal de polaridades, que aúna y diversifica a un tiempo, se desarrolla en el orden espaciotemporal de tres niveles de la realidad que forman una totalidad compleja en continua retroalimentación: el nivel microscópico, el nivel macroscópico, y una mezcla de ambos. Los sistemas biológicos son una sinergia variable de estos dos tipos de fractalidad. La fractalidad unitaria comprende un tipo de fractales que se presentan a nivel cuántico, pero que se extienden hacia otros niveles de la vida, desde la célula hasta la biosfera. Frente a esta unidad fractal de la física cuántica, se encuentra la oposición, la división que impone la continuada ruptura de la fractalidad dual, tan propia de las leyes que rigen la física clásica. El fractal en su totalidad implica simultáneamente a ambos tipos, los fractales cuánticos y los clásicos, lo que reclama una nueva metodología transdisciplinaria que pueda servir para integrar y comprender todos sus niveles (ver Anexo A, Diagrama 1).

En virtud de los datos proporcionados por la ciencia, podemos colegir que los dos tipos de fractalidad provienen de la naturaleza de la luz, que puede describirse simultáneamente como una onda y una partícula. Durante 300 años, el debate sobre la doble naturaleza de la luz enfrentó a los físicos después de que el holandés Christiaan Huygens respaldara la teoría de que la luz estaba hecha de ondas que circulaban por un medio elástico (éter) y, más tarde, Isaac Newton refutara su teoría defendiendo que estaba compuesta de pequeñas partículas que se propagaban en línea recta y a gran velocidad. Aunque cada experimento específico manifestaba con claridad que la luz se comportaba siguiendo ambas naturalezas, este enfrentamiento se sustentaba en el principio de exclusión de la lógica formal, un principio que no admite intermediarios entre dos valores de verdad. La resolución del conflicto de la física clásica llegó con el físico francés Louis De Broglie al unir la teoría ondulatoria y corpuscular en la identificación de la luz, así como de toda la materia, puesto que la naturaleza dual de la luz se podía aplicar a todas las partículas cuánticas: electrones, protones, neutrones, incluso agregados atómicos. Pero no fue hasta el desarrollo de la física cuántica cuando el físico danés Niels Bohr dejó patente que la luz estaba formada por ondas y partículas que se complementaban en una misma realidad (principio de complementariedad o inclusión), lo que le hizo establecer fuertes paralelismos con el antiguo símbolo chino yin-yang, que llevaba implícita la relación complementaria de los múltiples aspectos duales de la vida, como la relación entre el sentimiento y el pensamiento, o entre la intuición y la razón. Finalmente, el famoso experimento de doble rendija diseñado por Thomas Young (Figura 17) demostró con certeza que la luz se comportaba simultáneamente como onda (patrones de interferencia) y como partícula (puntos en la pantalla), siendo el observador quien modificaba su comportamiento, momento en el que se mostraba como si fuera una cosa u otra, dependiendo del instrumento de medida y la elección de sus operadores cognitivos. Esta dualidad de la luz se debía a la naturaleza cuántica y clásica del estado fundamental y excitado de los campos electromagnéticos. Considerando lo anterior, la luz podría definirse como un fractal que se reitera en todos los niveles de organización del universo. La onda parece ser una expresión no lineal/cíclica propia del dominio del todo (la expresión de la unidad), que puede compararse con el campo cuántico de una partícula, en tanto que la partícula parece ser una expresión lineal/progresiva propia del dominio de la parte (la expresión de la separación). Esta relación entre el todo y la parte de la física es análoga a las relaciones todo-parte que se producen en el ámbito biológico, incluso en la conciencia humana (Nadeau & Kafatos, 1999).

Los caracteres complementarios y contrarios de la relación onda/partícula constituyen una fuerte evidencia de la teoría del universo fractal, puesto que la ley de dualidad de las en-

tidades subatómicas conforma un patrón que se despliega en las relaciones de unión y separación de todos los niveles de complejidad de la naturaleza, tanto físicos como biológicos. La corriente de energía articulada como onda (como campo) se reitera por todas las escalas de la fractalidad unitaria, y la articulada como partícula (como estructura) se reitera por todas las escalas de la fractalidad dual. En la fractalidad unitaria, las ondas de energía interactúan unas con otras de manera no local a través del vacío cuántico, que actúa con coherencia para impulsar la armonía de los diversos sistemas. En la fractalidad dual, las ondas de energía se colapsan cuando interactúan con el entorno debido al fenómeno de decoherencia cuántica. La decoherencia de las interacciones no locales va aumentando hasta alcanzar un umbral relacionado con la gravedad a nivel cuántico, generalmente producido por la inestabilidad de la geometría espaciotemporal del entorno. En esa frontera, el sistema debe elegir y colapsa, creando una partícula con valores discretos que ocupa un lugar concreto en el espacio y en el tiempo, es decir, produciendo fragmentos discontinuos en los distintos niveles de la realidad perceptible. Por eso su comportamiento puede entenderse a través de las leyes de la física clásica. No obstante, tras su naturaleza discontinua y localizada subyace un campo cuántico de posibilidades infinitas sin determinar localmente (Troyán, 2015b).

El modelo bipolar onda/partícula es un sistema que se va retroalimentando desde las dimensiones cuánticas, que el astrofísico Nottale (1993, p.162) describe como deslocalizadas y coherentes, hasta las clásicas, descritas como localizadas e incoherentes. Así como el borde de un fractal puede encerrar un área finita dentro de un perímetro infinito, los sistemas revelan una paradoja similar en sus fronteras. Una frontera es la condición límite del espacio que comunica una dimensión con otra, por ejemplo, la atemporalidad y el tiempo, la onda y la partícula, la superposición y el colapso, la luz y la materia. Muestra dos tendencias: una interna que conserva la autonomía, y otra externa que la integra al entorno. Toda frontera es un límite ilimitado que comporta a un tiempo la apertura y el cierre de las dimensiones internas y/o externas. Si las fronteras permanecen abiertas, los límites entre ambas dimensiones son superados, hasta el punto en el que los opuestos coinciden en la unidad, suprimiendo sus diferencias. Por el contrario, si las fronteras están cerradas, existe una oposición. En el nivel de la fractalidad unitaria, los niveles o sistemas interactúan con coherencia porque todos se relacionan entre sí, y necesariamente es la apertura del sistema al entorno (no linealidad, sistemas abiertos, negantropía...), por lo que se fomentan las emergencias creativas, al igual que en el borde de los fractales se despliegan nuevos niveles fractales. Esta coherencia se manifiesta como incoherente o contradictorio en el nivel de la fractalidad dual, que supone el cierre del sistema al entorno (linealidad, sistemas cerrados, entropía...), característica que lo separa de

su entorno, pudiendo llevar al colapso. El límite de cada nivel es un portal hacia el microinfinito (moléculas, átomos, partículas subatómicas, fotones...) y el macroinfinito (planetas, estrellas, sistemas solares, galaxias, cúmulos, supercúmulos...). Y el ámbito de los sistemas biológicos se situaría en la mediación dialéctica entre los dos infinitos (mesocosmos), que también están incorporados en la mente del ser humano. Precisamente, cuando la mente se halla cerrada, existe una división entre el espíritu y el cuerpo, el sujeto y el objeto. A partir de esa división, el mundo se fragmenta en niveles opuestos en conflicto y pierde unidad. La conciencia dominada por la fragmentación fractal no puede percibir la realidad en su totalidad. Ver la verdadera realidad significa abrir la mente hacia la unión que lleva a la coherencia, lo que significa avanzar hacia la autorrealización psicológica, una posición entre el mundo interior y exterior comparable a la integración de la onda y la partícula.

La dualidad permite la diferenciación y la distinción, mientras que la unidad proporciona la conexión y la cohesión. Ambas son características recurrentes en la realidad que permiten cerrar o abrir las fronteras de los diferentes sistemas a los constantes flujos de energía e información. Dichas características evidencian la estructura fractal del universo, desde el microcosmos al macrocosmos, siendo el mesocosmos el nivel medio que representa las interacciones fractales de ambas. La vida y la conciencia son intermediarias en la comunicación entre los extremos de la microescala y la macroescala. Al situarse en la banda media del espectro de la existencia, precisan zonas intermediarias que sirvan como vía de comunicación entre niveles opuestos, a fin de complementarlos para formar un conjunto mayor. En la naturaleza, hay muchos ejemplos de intermediarios que ayudan a equilibrar las dualidades, aunque pueden tomar formas muy diferentes. Tomando el cerebro como ejemplo, el cuerpo calloso sería el intermediario que comunica un hemisferio con otro para mantener una integración equilibrada de funciones cognitivas y emocionales. Otro ejemplo de estructura intermedia sería la médula espinal, que conecta el cerebro con el resto del cuerpo; o el sistema nervioso autónomo, que regula el equilibrio entre los sistemas nerviosos simpático y parasimpático. Cuando una frontera abre a un organismo hacia el entorno, los intermediarios se incluyen, produciéndose un intercambio continuo de energía e información entre ambos sistemas que ayuda a unificar sinérgicamente la dualidad. Este proceso sinérgico se denomina “coevolución”. Cuando permanece cerrada hacia el entorno, los intermediarios se excluyen como delimitaciones de una frontera, favoreciendo la escisión entre las dualidades, y con ello la diversidad (Troyán, 2015b).

1.5.2. El Tiempo Fractal. Los fractales no solo se refieren a los objetos que ocupan una posición en el espacio, sino también al tiempo (Braden, 2012). Si en relación con el espacio la estructura de un objeto se repite por autosimilitud en un determinado número de escalas o tamaños, en relación con el tiempo, esa misma estructura se desarrolla en una determinada dimensión temporal. Cada sistema contiene su propia dimensión fractal del tiempo, a través de la cual va moviéndose y cambiando. De hecho, el movimiento está estrechamente relacionado con el tiempo. Estos movimientos nos aboca a hablar de movimientos rápidos, aquellos que llevan poco tiempo, o lentos, aquellos otros que transcurren en mucho tiempo. Los sistemas pequeños, como los electrones que giran en torno a sus núcleos, se mueven dentro de una dimensión temporal muy rápida debido al confinamiento de las partículas, tanto que no se puede determinar sus velocidades con certeza (principio de incertidumbre); mientras que los sistemas muy grandes, como los planetas que orbitan alrededor del Sol, se mueven dentro de una dimensión del tiempo más lenta, con lo cual se encuentran siempre en un estado bien definido de velocidad. En virtud de ello, el tiempo es más preciso conforme aumenta la escala temporal. Esas diferencias rítmicas en el paso del tiempo dependen en buena medida de la intensidad de la atracción gravitacional. Bajo un campo gravitatorio pequeño, el tiempo corre más deprisa que bajo un campo más grande, donde transcurre más despacio, dejando de transcurrir cuando su atracción es infinita, como ocurre con los agujeros negros. Este efecto es conocido como “dilatación del tiempo”. Por esta razón, el estado de movimiento de los observadores puede alterar la percepción temporal, como desveló la teoría de la relatividad. Asimismo, la dilatación del tiempo es distinta según las especies, e incluso dentro de una misma especie. Algunos estudios sugieren que los animales experimentan una ralentización del tiempo, mientras que otros perciben los eventos del mundo de forma más rápida (Healy et al., 2013).

En la naturaleza, la apertura y el cierre de las fronteras generan dos dimensiones temporales opuestas que se extienden por todos los niveles del universo. Ambas dimensiones marcan dos ritmos evolutivos diferentes: uno no lineal y cíclico, y otro lineal y gradual (Figura 18), que pueden relacionarse con la dualidad entre el tiempo no lineal y cíclico y el tiempo lineal y mecánico. La fractalidad unitaria (o fractales cuánticos) participa del tiempo no lineal y cíclico, mientras que la fractalidad dual (o fractales clásicos) del tiempo lineal y mecánico. El tiempo no lineal obedece a los patrones recursivos y cíclicos del mundo cuántico, que se iteran a sí mismos hasta convertirse en una estructura autosemejante a gran escala. Los cambios periódicos en los diferentes ciclos temporales del universo podrían estar detrás

de esta recursividad temporal, ya que los patrones de la naturaleza y del cosmos se incluyen los unos dentro de los otros a través de una ciclicidad anidada. Este fractal jerárquico de ciclos anidados entra dentro de una dinámica en donde se produce un bucle recursivo de expansión y contracción con diferentes niveles de tiempo, cada uno autosemejante a un nivel de tiempo mayor, aunque con diferentes direcciones y velocidades. Semejante pauta de recursividad no induce al cerramiento de sus componentes, sino a la abertura, de modo que el pasado y el futuro pueden influirse de manera instantánea en el momento presente, haciendo que el dualismo temporal se desvanezca en la atemporalidad, que, según Bohm, representa la variable oculta que establece una conexión con el orden implicado. Esas cualidades específicas del tiempo, atemporal y no jerarquizado, constituye un ciclo que se sincroniza con otros por fenómenos resonantes, como si se tratara de dos relojes de péndulo que acaban sincronizando sus pulsos. La sincronía producida crea una coherencia que es capaz de integrar los procesos causales, de tal manera que la causa y el efecto se confunden bajo un ciclo dinámico de entrelazamiento (Barrett, Lorenz & Oreshkov, 2021). De ahí que el entrelazamiento se produzca no solo en el espacio (sujeto/objeto), sino también en el tiempo (pasado/futuro). La cultura oriental y muchas civilizaciones antiguas, como la griega, consideraban que el orden de la naturaleza estaba regido por este tiempo no lineal, circular (tiempo cíclico), y así también la física cuántica, que versa sobre la interacción de la luz con la materia, la relatividad y la teoría de cuerdas.

En un nivel fundamental, el tiempo es no lineal y reversible, pero según se rompe la simetría de la atemporalidad en la transición del nivel cuántico al clásico va emergiendo el flujo del tiempo lineal o mecánico, que es una flecha temporal que transcurre sobre una recta dividida en fragmentos temporales cuantificados. Esto significa que la linealidad de nuestra dimensión temporal es la parte manifiesta que emerge de un tiempo multidimensional subyacente en donde existe cierta indeterminación. Desde esta perspectiva, el tiempo lineal representaría una parte de la totalidad del tiempo no lineal que subyace, por lo que se establece una relación fractal entre ambos. Se cree que ese flujo lineal del tiempo es proporcionado por las fluctuaciones en el espacio y el tiempo, que nos empujan hacia una sola dirección, siempre hacia el futuro, nunca hacia el pasado. De esta forma, los desarrollos posteriores son superiores a los anteriores, contrariamente al tiempo no lineal del mundo cuántico, donde pasado y futuro se suceden de forma circular, reversible y simétrica, de modo que el presente está influenciado por ambos. Debido al desarrollo progresivo e irreversible de la flecha temporal, la percepción de su desarrollo es lineal y jerárquica. Esta versión del tiempo está relacionada con la segunda ley de la termodinámica o la entropía, según la cual el grado de desorden de

un sistema aumenta siempre con el tiempo. Asimismo, coincide con el tiempo cosmológico, en donde el universo se expande en lugar de contraerse, así como con el tiempo psicológico, nuestra noción del paso del tiempo y por la cual recordamos el pasado pero no el futuro. Igualmente, está muy vinculada a la ley de causa-efecto, puesto que la causa está separada del efecto por una cantidad determinada de tiempo lineal. Dicha versión temporal es típica de la cultura hebrea, para la cual existe un tiempo histórico con un principio y un final (la creación del mundo y el día del Juicio Final). La idea de un tiempo que fluye en una dirección también es típica de la física clásica, que al seguir el llamado principio de localidad, relaciona el tiempo lineal con la lógica formal, aquella basada en los procesos deductivos e inductivos del razonamiento. De hecho, las dos maneras de pensar necesitan la ley de causa y efecto. El pensamiento deductivo pasa de las causas a los efectos, mientras que el inductivo hace lo contrario. Ambos procesos del razonamiento utilizan categorías racionales para organizar los datos de percepción en una secuencia temporal y tratar de forma sencilla con la realidad. Por esa razón, se dice que el tiempo lineal solo existe como una categoría de nuestra mente. Para trascender esas categorías racionales y abarcar una visión no lineal del tiempo, es necesario incorporar la analogía y la dialéctica en los procesos deductivos e inductivos del razonamiento.

El proceso evolutivo de los sistemas complejos conlleva un proceso cíclico y progresivo a la par, pues estos evolucionan de manera sincrónica y diacrónica a través de los diferentes niveles temporales. Ello explica por qué los sistemas pueden reorganizarse a través de saltos súbitos, con el surgimiento de una propiedad emergente, o evolucionar de forma gradual mediante un proceso de selección natural, una idea planteada originalmente por el biólogo Gaylord Simpson (como se citó en Goswami, 2018). Lo mismo si nos referimos a los dominios mentales de las visiones cíclicas (visión oriental) y lineales de las cosas (visión occidental), cuya evolución se produce a lo largo de la historia a través de los estados de conciencia, ya que en la base de estos estados se encuentra una dinámica similar a la encontrada en la naturaleza y el cosmos. Gracias a estos estados de conciencia, los seres humanos pueden experimentar el paso del tiempo a diferentes escalas fractales. Así, los estados expandidos de conciencia participan de la atemporalidad o reversibilidad temporal cuántica, y los estados ordinarios del tiempo lineal.

1.5.2.1. Fractalidad Cíclica. La fractalidad cíclica constituye una organización dinámica de retroalimentación en donde todo está en movimiento rotativo, por lo tanto, en ella es más importante la no linealidad del tiempo, aquella cuya transferencia de información ocurre hacia atrás y hacia adelante. Esa organización dinámica relativiza la estructura jerárquica del

universo al permitir las interacciones duales y evitar la prioridad de un principio sobre otro. Es un dinamismo recursivo que proporciona la unidad de tales organizaciones, porque tiene la capacidad para integrar las oposiciones dentro de un nuevo orden. Puesto que supone la conciliación de dualidades, lleva en sí la innovación y la transformación, lo que confiere un desarrollo evolutivo formado por ciclos que participan de otros ciclos, constituyendo policiclos. Este conjunto fractal de ciclos está regido por diferentes periodicidades rítmicas que se ajustan a ciertas relaciones armónicas de proporción, con el fin de otorgar coherencia global y libertad local a los sistemas (Ho, 2014). Las diversas periodicidades de los ciclos del universo y del sistema solar (los giros galácticos y planetarios, el ciclo del sol, el ciclo de la luna, las estaciones, los días, los meses, los años y otros períodos, como el ciclo del universo) marcan el ritmo de organización de los seres vivos en relación con los patrones cíclicos del tiempo fractal, ya que los organismos se ven obligados a sincronizar su tiempo interno con el tiempo externo de orden astronómico. Ese factor juega un papel vital en la recursividad temporal del ritmo interno de los sistemas vivientes, donde se incluyen los ritmos biológicos, como el ritmo respiratorio o cardíaco, y los psíquicos, como la alternancia de vigilia y sueño, que se conectan proporcionalmente con los ritmos naturales externos. Dicha adecuación se produce incluso en el fenómeno de la conciencia humana, en el ritmo alternante de la conciencia no lineal, subjetiva, en lo que respecta a la afectividad del sujeto; y lineal, objetiva, en el esfuerzo por objetivar la realidad. Y los mismos ritmos se vuelven a repetir en la propia cultura (Troyán, 2015b).

La fractalidad cíclica es un bucle recursivo de retroalimentación que nace de la unión de las fuerzas centrípetas y centrífugas, contractivas y repulsivas, creando un flujo energético con una geometría en forma de toro o toroide (Figura 19). El estudio de los toroides se centra en los osciladores armónicos, que son entidades capaces de repetir sus ciclos a intervalos más o menos regulares, y de acoplar sus frecuencias energéticas mediante fenómenos de coherencia para sincronizar sus movimientos. A menudo, la proporción áurea es la frecuencia natural más evidente en tales osciladores armónicos, pues permite que múltiples osciladores coexistan dentro de un mismo sistema dinámico sin que interfieran entre sí (Ho, 2014). En la naturaleza, la fractalidad cíclica se inscribe dentro de las vibraciones subatómicas, los movimientos de los planetas o los ciclos solares, que pueden tratarse matemáticamente como osciladores armónicos. Todos estos osciladores están involucrados en los ciclos de contracción y expansión del espacio-tiempo. Por ejemplo, en los movimientos cíclicos de traslación de la Tierra y de rotación alrededor del Sol, nuestro planeta produce dos fuerzas: la fuerza centrípeta (contracción, energía contraída o contractiva con cualidades céntricas) y centrífuga (expan-

sión, energía expandida o expansiva con cualidades periféricas). De la periferia al centro por acción de la fuerza centrípeta, y del centro a la periferia por efecto de la fuerza centrífuga. La fuerza de Coriolis, que es la causante de que las corrientes oceánicas y atmosféricas tengan sentido de giro contrario en un hemisferio y otro, aparece como una componente suplementaria a la fuerza centrífuga. Esta polaridad se expresa en la dinámica de las dos fuerzas fundamentales del universo: la energía gravitatoria y electromagnética, que son de hecho dos aspectos complementarios que contraen y expanden el espacio y el tiempo hacia el infinito, tanto hacia dentro como hacia afuera (Haramain, como se citó en Kaufmann, 2014). La contracción de las fuerzas centrípetas condensa las ondas luminosas para crear las partículas, y la expansión de las fuerzas centrífugas deshace la partícula en una onda que puede propagarse y ocupar todo el espacio. En nuestro universo la densidad de materia está tan finamente ajustada que existe un equilibrio entre las fuerzas expansivas y contractivas. Los ritmos fisiológicos o psicológicos de los humanos son manifestaciones autosemejantes de ese equilibrio en los movimientos de contracción y expansión. Concretamente, la integración del cerebro racional y emocional tiende a trascender la mente más allá de lo individual, lo que permite estimular la creatividad para crear nuevas redes de conexiones neuronales en una dinámica expansiva que tiende a diluir las fronteras entre las partes y el todo, de forma muy similar a la manera en la que se desarrollan y expanden las galaxias en el universo, como estima el astrofísico Vazza (Vazza & Feletti, 2017).

Alrededor de los planetas, las estrellas, las galaxias e incluso cúmulos de galaxias, hay sistemas toroidales de energía polarizada, como resultado de la manifestación de un orden subyacente basado en principios holográficos. El toroide es la forma básica en la dinámica retroactiva de la contracción y la expansión de los campos de fuerza, porque sus energías fluyen desde la periferia hacia el centro del sistema y viceversa, en un movimiento en espiral de ascenso y descenso. Todo sistema complejo y dinámico tiene su propio campo toroidal que opera dentro de un campo de mayores dimensiones que lo envuelve, armonizando los subsistemas anteriores. Son campos anidados que coexisten gracias a que están entrelazados e interconectados a nivel cuántico por relaciones áureas, cuyos acoplamientos permiten que todo se sincronice para actuar globalmente como un sistema, de manera que una mínima variación puede afectar a los demás. Por ejemplo, el campo terrestre, la magnetosfera (Figura 20), es un campo toroidal constituido por múltiples campos anidados que forma parte del campo solar, la heliosfera, que forma parte del campo toroidal de nuestra galaxia. Asimismo, el campo terrestre influye en la dinámica de la atmósfera, la hidrosfera y la geosfera, y la biosfera está influenciada por todas ellas. Las fronteras de la dinámica de estos campos sepa-

ran los sistemas interiores de los exteriores, pero corresponden al lugar límite donde las fuerzas centrípetas y centrífugas se igualan. Allí tienen lugar las transferencias instantáneas de energía e información a lo largo de todas las escalas, creando un proceso recursivo y equilibrado de retroalimentación que obedece al ritmo natural del universo. Es esta igualdad entre dos movimientos, uno que se expande con otro que se contrae, lo que crea las condiciones propicias para la vida y la conciencia. De hecho, los sistemas complejos de la naturaleza se auto-organizan en función de las fuerzas polarizadas, debido a que oscilan entre ambas, ya que son movimientos de un mismo bucle retroactivo. Su evolución e involución dependen de las fluctuaciones variables de expansión y contracción del universo en cada ciclo sucesivo (Troyán, 2015b).

1.5.2.2. Fractalidad Progresiva. El biólogo Ludwing von Bertalanffy (1976, como se citó en Puente Vigiola, 2014) acuñó el término de “complejidad organizada” para referirse a la idea de que un organismo como un todo estaba constituido por una serie de niveles jerárquicos, siendo cada nivel la resultante de nuevas propiedades emergentes de organización. Son estas propiedades emergentes en los diferentes niveles fractales de la realidad las que definen la arquitectura de la complejidad. Tiempo después, Arthur Koestler (como se citó en Lipton y Bhaerman, 2010) introdujo el concepto de “holón” para describir la totalidad de un nivel que es parte de otro nivel emergente de organización superior, hasta llegar a conformar una jerarquía natural de totalidades que recibe el nombre de “holarquía”. En los sistemas complejos, la fractalidad progresiva está en relación con este principio holárquico, de modo que el diseño de un nivel de organización gana en complejidad a medida que crece el sistema, constituyendo una jerarquía de niveles subordinados a sus predecesores. Por ejemplo, a nivel microcósmico, las partículas se agrupan formando átomos, que a su vez forman moléculas por enlaces covalentes o metálicos..., así hasta alcanzar un conjunto de niveles jerárquicos. El mismo patrón discontinuo o fractal se repetiría en el nivel macrocósmico, donde los sistemas solares se agrupan jerárquicamente para formar un orden complejo mayor, como las galaxias, que se agrupan formando cúmulos, que a su vez se agrupan en estructuras colosales llamadas supercúmulos. Dichos patrones se producen asimismo en el nivel mesocósmico de la evolución inorgánica (compuestos que forman átomos, cristales, minerales, rocas...), orgánica (moléculas, células, tejidos, órganos, organismos...) y sociocultural (poblaciones, comunidades, ecosistemas...). En los tres niveles, los sistemas mantienen unas relaciones de proporcionalidad analógica que se repiten en todas las escalas, comportando redes autosemejantes, es de-

cir, redes dentro de redes, que hacen que todo se comporte como una gran holón entrelazado (Troyán, 2015b).

En la fractalidad progresiva, las leyes sistémicas hacen que las partes componentes mantengan funciones de relación con otras partes para formar unidades mayores, pero hay una autonomía propia que hace que estén bien diferenciadas. La información que fluye entre los niveles de cada parte/totalidad puede recorrer dos direcciones causales de sentido inverso: una que va de abajo hacia arriba (causalidad ascendente), o arquitectura de divisiones de nivel; y otra de arriba hacia abajo (causalidad descendente), o totalidad sistémica. Ambas direcciones son opuestas y complementarias a la vez, y podrían explicar la naturaleza dual del mundo subatómico (partícula/onda). El teórico húngaro Laszlo (2009), presidente del Club de Budapest y fundador de la filosofía de sistemas, menciona esta doble dirección en su libro *El cambio cuántico*:

La causalidad clásica -comenta- es “causalidad ascendente”, es decir, el proceso causal en el que un conjunto de partes determina a un mismo tiempo la estructura y función del sistema que conforman. Por supuesto, este tipo de causalidad es operativa. No obstante, dado que todas las cosas en el espacio-tiempo están conectadas con el resto de las cosas, también existe causalidad descendente: la influencia causal de sistemas íntegros en cada una de sus partes.

A nivel cuántico, la causalidad descendente crea “entrelazamiento” entre partículas dentro de su sistema de coordenadas. En el mundo vivo, la causalidad descendente produce coherencia y correlación en y entre los organismos y ecologías. Y, en el nivel astronómico, esta forma de causalidad produce evolución coherente entre las macroestructuras del universo. (p.156)

La dirección ascendente de la causalidad inicia su evolución en lo particular para ascender a lo global, de ahí que establezca una jerarquía organizada por principios de fragmentación y subordinación, o relaciones de dominio, propios de las leyes naturales del mundo físico, donde tiene lugar la decoherencia de los niveles debido a la interacción con el entorno, y que resulta de la competencia y la dualidad. La interpretación del reduccionismo tiene en cuenta esta dirección, puesto que afirma que las propiedades de una sistema pueden reducirse a la simple suma de sus partes componentes. Por contra, la dirección descendente va en sentido contrario, de lo global a lo particular, de forma que precisa de una entidad no material que unifique las estructuras materiales. Este hecho supone la cooperación y la integración a múltiples niveles, porque posibilita la cohesión, la interrelación y la coherencia a escalas diferentes, permitiendo la producción de emergencias cada vez más complejas. De consiguiente, las

propiedades de un sistema son mayores que la suma de sus elementos componentes, como plantea el emergentismo. El filósofo inglés John Stuart Mill (1806-1873) estableció un tipo de ley natural que está en relación con el significado de emergentismo: la ley heteropática, que es aquella en la que el efecto es algo más que la suma de las causas, al contrario que la ley homopática, por la cual las causas se suman para producir un efecto.

La evolución requiere intercambios continuos de información en sentido ascendente y descendente a través de los niveles jerárquicos de la realidad, debido a lo cual se producen transformaciones que hacen que aparezcan nuevas propiedades emergentes no reducibles a la mera suma de sus partes, sino mayores. Todos los sistemas complejos se caracterizan por manifestar estas propiedades emergentes de orden, que son aquellas que surgen como resultado de una totalidad que se advierte en sus partes por separado. Un ejemplo de propiedad emergente se encuentra en las distintas fases de organización biológica, que van desde el nivel subatómico al organismo completo, que requiere la capacidad para integrar las partes componentes dentro de una unidad y coherencia mayor. Igualmente para las sociedades, aunque estas emergen más fragmentadas que la organización integrada de un organismo, ya que los individuos de una sociedad están separados, mientras que sus propias células están unidas, como hizo notar Morin (2006a). Esto es así porque existe una ley sistémica que dictamina que lo que en el exterior está separado está unido en el interior (Troyán, 2015a).

Los momentos de transformación se caracterizan por un salto cuántico o discontinuidad, una ruptura de simetría que acompaña a la idea de emergencia, y que radica en los principios fractales de autosimilitud. A través de rupturas de simetría, las nuevas propiedades son las nuevas cualidades que emergen de la organización de un sistema viviente. Son emergencias que se convierten en la base de un nuevo nivel organizacional con nuevas emergencias, las cuales se convierten en otros elementos de base para otras nuevas. Tras ellas se rompe el orden fractal anterior, y emerge un nuevo orden fractal. Esto es así debido a la unidad intrínseca que caracteriza al orden subyacente de la realidad. Desde esa unidad, la naturaleza es entendida como un sistema fractal que se auto-organiza a partir de una dualidad primigenia extremadamente compleja, en donde se dan oposiciones y complementariedades, dentro de un ciclo recursivo en el que el desorden y el orden, la competencia y la colaboración, se muestran necesarios para el desarrollo de sus emergencias. De ahí que en cada ciclo recursivo subyazca una especie de creatividad que unifica las dualidades.

Las emergencias evolutivas siguen las leyes de fractalidad y se articulan progresivamente siguiendo dos sentidos, según la aproximación de abajo a arriba o de arriba abajo: la emergencia ascendente y la emergencia descendente. La emergencia ascendente se refiere a

la aparición de propiedades emergentes que resultan de la interacción de los elementos individuales del sistema, mientras que la emergencia descendente se produce cuando esas propiedades emergentes son el resultado del sistema completo. Esta articulación arquitectónica de interacciones bipolares también constituye la organización de nuestro lenguaje, incluso de nuestra psicología y nuestra cultura, las cuales operan por disgregaciones e integraciones. Y nosotros participamos de ambas según nuestra mente esté disgregada o integrada. La jerarquía ascendente pone su acento sobre la disgregación del pensamiento a partir del método científico, que separa el sujeto (el observador) del objeto (lo observado) al atravesar todos los niveles jerárquicos. Sin embargo, la jerarquía descendente se centra en la integración del pensamiento a partir de la interconexión con un campo no local, llamado campo holográfico, que clama por la unidad de los contrarios mediante intermediarios equilibradores. Como ya se dijo en un trabajo anterior (Troyán, 2015b, p.43), dicha intermediación no sería posible sin la ilimitada continuidad de posibilidades de los elementos relacionados. Por lo general, la articulación del arriba con el abajo puede generar productos epistemológicos más sistémicos que promuevan un desarrollo más integral del conocimiento. No obstante, la complejidad es el resultado de ambos procesos: la disgregación y la integración.

La noción de conciencia también puede entenderse de acuerdo con estas dos direcciones: como emergencia del cuerpo (emergencia ascendente) o como una conciencia universal que emana de un punto absoluto (emergencia descendente). La emergencia ascendente, o emergencia débil, describe las nuevas propiedades emergentes como resultado de las interacciones materiales con un nivel inferior. La visión reduccionista de la física clásica, que reduce los fenómenos superiores al orden inferior, es un ejemplo de este tipo de emergencia. En muchos casos, los fenómenos de emergencia débil son llamados epifenómenos o fenómenos secundarios. Por ejemplo, el reduccionismo considera que los procesos implicados en el fenómeno de la conciencia son un epifenómeno del cerebro, una consecuencia fisiológica de este, porque son reducibles a las interacciones locales de las redes neuronales. En este sentido, estaría relacionado con el materialismo monista, un enfoque en la relación cerebro-mente según el cual todo se reduce a materia. Por otro lado, la emergencia descendente, o emergencia fuerte, describe la acción “causal” de un nivel más alto del sistema sobre todos los componentes de los niveles subsecuentes, de tal manera que el todo resulta ser mayor que la suma de sus partes, al modo del planteamiento sistémico de Aristóteles o el emergentismo. Las cualidades producidas de esta forma no son reducibles a las partes constituyentes del sistema, pues actúan sobre los sistemas de modo holístico. Eso significa esencialmente que los procesos no físicos, como los implicados en la conciencia, pueden actuar sobre los físicos, en este

caso los cerebrales. La conciencia se convierte pues en la base de la realidad, y la materia sería su epifenómeno, como piensa el idealismo monista (Haynes, 2016). En la física cuántica, este tipo de causalidad descendente implica una comunicación no local que se produce en un dominio trascendental que está fuera del espacio y del tiempo, un dominio que, para algunos físicos idealistas (Goswami, 2018), es la propia conciencia del observador, capaz de colapsar las ondas de probabilidad cuántica mediante elecciones para concretarlas en condiciones espaciotemporales, un hecho adaptativo que se manifiesta al parecer en la epigenética y en el proceso de la plasticidad cerebral. Incluso se presenta en el efecto placebo (Haynes, 2016), que es un fenómeno de autocuración que crea salud psicosomática en el paciente al creer que un medicamento o una terapia funciona, así como en el efecto opuesto, denominado efecto nocebo. Según un estudio, estas respuestas al efecto placebo serían más propensas a aparecer en las personas que tienen más desarrollado el hemisferio derecho del cerebro que el hemisferio izquierdo (Vachon-Preseau et al. 2018).

La ciencia y la filosofía, sobre todo aquella dirigida hacia planteamientos sintéticos, funcionan como dos polos opuestos del pensamiento (experiencia y especulación) que participen de estos dos sentidos ascendentes y descendentes. En la ciencia, se hace necesario una jerarquización emergente de abajo hacia arriba para estudiar cada parte por separado (pensamiento inductivo); y en la filosofía en general, así como en la metafísica en particular, de arriba a abajo, de la unidad a la multiplicidad, para formar un todo inteligible o sistema (pensamiento deductivo). Mientras la ciencia se centra en las verdades de hecho, esto es, en describir el sentido causal que tiene lugar en los diferentes niveles jerárquicos de la realidad, la filosofía complementa sus limitaciones al ocuparse en los juicios de razón, es decir, en la interrelación de los datos científicos que lleva al sentido acausal del mundo, al conocimiento de la esencia de las cosas. Este sentido acausal se alinea con la fenomenología trascendental de Husserl, que se centra en el estudio de los fenómenos tal y como aparecen en la conciencia humana, sin ser sometidos al análisis conceptual. Ya que aborda los aspectos cualitativos, como la intencionalidad orientada hacia el significado de la esencia de lo vivido, la fenomenología unifica sujeto y objeto. Esta intención por alcanzar un sentido acausal tiene más que ver con lo captado por intuición que con lo racional. El conocimiento oscila entre una dirección y otra según el pensamiento que se adopte, pero en el pensamiento recursivo ambos sentidos se dan a un tiempo. Ese ir y venir recursivamente se corresponde con el pensamiento complejo.

A raíz de las teorías de David Bohm, antiguo colaborador de Einstein en Princeton y uno de los físicos cuánticos más respetados del mundo, algunos científicos se han decantado

hacia la visión holística de la emergencia fuerte, por considerar que los sistemas físicos pueden exhibir condiciones no lineales cuando alcanzan ciertos umbrales de complejidad, lo que supone la emergencia de nuevas propiedades hacia fines globales como producto de la organización de las partes. La idea de que un sistema parece dirigirse hacia algún propósito final o global, hacia un fin totalizador, se conoce como teleología o finalismo. En el organicismo se encuentra una orientación teleológica cuya máxima finalidad es la propia organización de las partes del organismo con respecto al todo, una idea que comparte ámbito con los postulados de la sinérgica de Haken (1980). Esta orientación teleológica de la naturaleza no está gobernada por relaciones causales, sino que obedece a unas leyes de resonancia. Se suele contraponer, por tanto, a las teorías causalistas del mecanicismo, que resultan insuficientes para explicar la dinámica auto-organizadora de los sistemas complejos. Desde la perspectiva de la teoría de sistemas, la tendencia hacia un fin se refiere al concepto de atractor. El concepto de atractor se aplica a una serie de fuerzas que se sincronizan para asegurar la coherencia unitaria de los sistemas en todas las escalas. La emergencia descendente permite introducir elementos teleológicos a los sucesos del mundo y desempeña un papel primordial en el proceso de la evolución. Cuando la naturaleza no aspira a la unidad durante su proceso evolutivo, todas las metas se escinden y diversifican, si bien convergen en comportamientos de finalidad que las integra de nuevo, en el sentido de que tienden a estabilizarse en nuevos atractores de mayor complejidad. Las finalidades a la vez se oponen y se complementan, y se convierten en medios dada la regulación recursiva fines-medios, que es concebida como atractores fractales que se estabilizan en las diferentes escalas. Detrás de esos fractales existen unos patrones matemáticos que guían muchas formas de la naturaleza, de los cuales derivan la armonía y la proporción asociadas a la belleza. La belleza de las cosas naturales ha de entenderse, pues, como patrones autosemejantes que participan de un gran atractor que arrastra a los sistemas hacia una coherencia global como fin suyo. Esto quiere decir que la belleza armoniosa remite a una totalidad, a un todo dotado de sentido.

En la teoría de sistemas, las emergencias pueden darse como epifenómeno, como organización ascendente de las partes a un todo, o como realidad sistémica, como organización descendente del todo a las partes. Cuando los sistemas complejos participan al mismo tiempo de las dos direcciones, se produce una causalidad circular en espiral, con el consiguiente salto emergente y la innovación evolutiva que conlleva. En esta circularidad interviene la fractalidad cíclica, que no se reduce ni a una ni a otra. La evolución de la vida y la conciencia puede considerarse como un movimiento ascensional que separa por jerarquías el orden del nivel inferior del nivel superior, pero que participa de un movimiento contrario de descenso que

integra sus cualidades para hacer emerger propiedades más complejas, creando una jerarquía entrelazada (Goswami, 2018). Las emergencias se producen por la interrelación de las diferentes escalas emergentes en la retroacción recursiva, conocida como “interconectividad”. Los sistemas complejos se han de comprender dentro de esa dinámica de interconectividad, ya que cada sistema forma parte de otro aún más conectado merced a la sincronización de sus movimientos. Dicha sincronización está estructurada por principios que obedecen a patrones fractales de la naturaleza, tal y como demuestran las investigaciones dirigidas por Lahav et al. (2022). A medida que los sistemas se acoplan, se van asimilando esos patrones fractales, provocando un fenómeno de sincronización entre ellos.

1.6. Patrones Geométricos

En la naturaleza, se pueden encontrar muchos patrones geométricos, como la disposición de las hojas alrededor del tallo, las flores de algunas plantas, las manchas en la piel de ciertos animales, etc. Estos patrones se producen como resultado de la interacción de los elementos de un sistema a medida que este crece y evoluciona. Los patrones geométricos naturales suelen repetirse en diferentes escalas, como en el caso de la geometría fractal. La naturaleza recrea estructuras fractales como una forma simple de aprovechar al máximo la superficie de crecimiento dentro de un espacio mínimo, a fin de aumentar la capacidad de un objeto para llenar densamente un espacio tridimensional sin cruzarse consigo mismo. Es la estrategia adoptada, por ejemplo, por un sistema vivo para lograr alcanzar la distribución más idónea de los vasos sanguíneos en todo el cuerpo, o la disposición de las hojas en las ramas de los árboles para así optimizar su exposición al sol, la lluvia y el aire. Esa manera eficiente de organización obedece al llamado principio de economía, en el sentido del mínimo esfuerzo o gasto de energía por el máximo resultado. Junto a los principios formales, el principio de economía da lugar a resultados muy estéticos, porque supone la proporcionalidad con que un organismo repite sus patrones geométricos durante el crecimiento recursivo de desarrollo. Un ejemplo clásico son los patrones de crecimiento de una concha de nautilus (Figura 21), que revela una recursividad que se aproxima bastante a las proporciones de las espirales logarítmicas. Este fenómeno en el crecimiento orgánico mantiene una constante similitud en las formas, de tal modo que cada nivel de crecimiento se auto-organiza hasta alcanzar mayor estabilidad. Dentro de un contexto científico, el matemático y biólogo D’Arcy Wentworth Thompson (1992, como se citó en Lacasta Codorniu, 2010), apoyándose en su teoría de la semejanza continua, introdujo el término “gnomón” para referirse a la propiedad que tiene ciertas formas naturales de crecer conservando su patrón inicial, un concepto que ya definió

el matemático griego Herón de Alejandría, y que está relacionado directamente con el desarrollo de la geometría basada en la autosemejanza fractal, dado que el concepto de gnomón guarda una relación con la espiral logarítmica, cuyos radios vectores se encuentran en relación áurea. Por lo tanto, los patrones fractales son condiciones necesarias de los sistemas complejos a lo largo de su crecimiento.

El crecimiento orgánico tiene propiedades de autosimilitud que obedece a un fenómeno recursivo que se denomina “crecimiento gnomónico”. En el mundo natural, los sistemas complejos crecen siguiendo unas leyes gnomónicas de proporcionalidad que incluyen geometrías euclidianas, como la proporción áurea. La proporción áurea es una sección que le produce un punto a un segmento, de manera que las dos partes divididas, la parte mayor y la menor, son proporcionales a todo el segmento, incluso cuando están separadas (Figura 22). Esta única sección crea un valor numérico, denominado “número áureo”, que equivale a 1,618 (proporción áurea “mayor”) y a su inverso 0,618 (proporción áurea “menor”), cuya multiplicación y división son iguales a 1. El número áureo se representa con la letra ϕ (phi), que se corresponde con la inicial del nombre del escultor griego Fidias, quien se dice solía utilizar relaciones áureas en el diseño de sus esculturas (la denominación phi la efectuó en 1900 el matemático norteamericano Mark Barr en honor a él). El número phi es un número irracional que tiene infinitas cifras decimales, como el conocido número π (pi), que expresa la relación entre el diámetro de una circunferencia y su longitud. Pero a diferencia de este, el número phi no se encuentra en un círculo, sino en una recta, desde donde puede representarse geoméricamente a partir de un segmento. Entre sus notables propiedades matemáticas está la capacidad de crecer mediante la multiplicación y la suma de sí mismo, permaneciendo constante durante todo el proceso iterativo. Por eso, es la base de los logaritmos y exponenciales (los logaritmos transforman la multiplicación en suma y los exponenciales transforman la suma en multiplicación). De acuerdo con Haight (2016), esta propiedad lo convierte en el puente que conecta una dimensión con otra, puesto que por multiplicación y adición a una línea se produce un plano, por multiplicación y adición a un plano se produce un sólido, etc.

La proporción armónica y sus relaciones numéricas recurrentes nos remiten a las formas iterativas y fragmentadas de la naturaleza. Muchas formas naturales mantienen una proporción entre la asimetría y la simetría, entre el desorden y el orden, aumentando el sentido de belleza. Este juego de interacciones tiene como nexo de unión la proporción áurea, que se describe como el conjunto de medidas basadas en las relaciones armoniosas existentes entre dos razones. La proporción áurea expresa matemáticamente el concepto de la parte en el todo,

porque la relación de los segmentos que conforman una línea, el segmento menor y el mayor, es proporcional a la relación existente entre el segmento mayor y la línea entera. Estas relaciones armoniosas de proporción crean una sensación de armonía, ya que unifican las diferentes partes de un todo. Tales características unitarias otorgan a los objetos cualidades estéticas, pues el hecho de que el segmento menor sea al segmento mayor lo que el segmento mayor al todo, nos permite establecer una analogía o correspondencia que se repite tras las continuas subdivisiones en una proporción armoniosa. El todo se divide en partes diversas, y para asegurar la unicidad de la diversidad, la semejanza de las partes entre sí y de estas con el todo, tiene que seguir la proporción áurea, que es la clave de la belleza absoluta como origen de todas las bellezas relativas, duales, una especie de estructura recurrente que nos lleva al concepto científico de autosemejanza y fractalidad.

La proporción áurea ha sido prevalente en muchos ámbitos científicos, porque parece ser una constante matemática que se encuentra presente en multitud de formas naturales. Está, por ejemplo, en los patrones de crecimiento orgánico, como en el ADN, en las semillas de la corola de los girasoles y margaritas, en la relación del grosor de las ramas de los árboles, en los nervios de las hojas y en su disposición a lo largo del tallo, en los pétalos de las flores, en los virus y bacterias, en los huevos de ave, en las conchas de los moluscos, en los esqueletos zoológicos, en las formas y dimensiones anatómicas de los animales (mamíferos, aves, peces, insectos, etc.), en la coloración de los seres vivos, en las proporciones humanas (en la relación entre el largo y el ancho de la cabeza, en las dimensiones del cráneo humano, en el crecimiento de la dentadura, en el rostro, en las sonrisas estéticas, en la relación entre la altura y la distancia del ombligo al suelo, en la proporción entre la cadera y la rodilla al suelo, en la relación entre el antebrazo y la mano, en la longitud relativa de las falanges de la mano, en la dimensión del útero de las mujeres fértiles, en la estructura peneana, en las fases de la marcha, en los latidos del corazón sano, en las ondas cerebrales...), en los flujos de líquidos y gases, en la precesión de los equinoccios, en los períodos orbitales y en las distancias de los planetas al Sol, en los anillos de Saturno, en las estrellas, en los brazos de las galaxias, en los agujeros negros y, por supuesto, en muchas construcciones geométricas y artísticas. Siendo la relación proporcional más ubicua observada en todas las escalas de la naturaleza, el número phi parece corresponderse a una dimensión fractal de la geometría del espacio-tiempo (Figura 23).

Toda esta evidencia científica sobre el papel de la proporción áurea en la naturaleza y el cosmos, permite unificar las matemáticas y la física, lo que proporciona un fuerte argumento a la hora de fundamentar la creación de una nueva teoría matemática basada en la propor-

ción áurea, llamada por Stakhov (2005, 2006, 2009) las “Matemáticas de la Armonía”. Las Matemáticas de la Armonía tienen sus antecedentes en Pitágoras, Platón, Euclides, Fibonacci, Pacioli, Kepler y otros tantos matemáticos. Con la muerte de Kepler, la proporción áurea cayó en el olvido, en gran parte debido a que sus propiedades “divinas” remitían a significados esotéricos y espirituales, hasta que en el siglo XIX vuelve a recobrar fuerza en el ámbito científico-matemático bajo el nombre de “sección áurea”. Este renacimiento de las teorías matemáticas más antiguas fue crucial en el desarrollo en las Matemáticas de la Armonía de Stakhov, que unida a las Matemáticas Clásicas, aquellas cuyas nociones se basan en los números naturales e irracionales, podrían convertirse en una de las principales teorías de la ciencia y la educación matemática escolar del siglo XXI (Stakhov, 2009) en el terreno de la interdisciplinariedad, una corriente que busca la superación de los límites disciplinarios, como pretende la transdisciplinariedad. No en vano, desde una perspectiva holística (de arriba hacia abajo), la proporción áurea mayor y la menor son principios ontológicos que dan lugar a todos los números enteros mediante la suma o la resta, la multiplicación o la división (Olsen et al., 2020).

La recursividad que parece operar en los diferentes niveles evolutivos de la naturaleza refleja una enorme belleza. Tras esa belleza se esconde la proporción áurea, que al mismo tiempo es geométrica y aritmética, puesto que también deriva de una sucesión de números naturales. El creador de esta sucesión fue el matemático hindú llamado Pingala (s.V). Posteriormente, fue el italiano Filius Bonacci de Leonardo de Pisa (1170-1250), conocido como Fibonacci, quien la describió en su libro *Liber abaci* como solución a un problema ficticio sobre la cría de conejos, en donde se planteaba la cantidad de parejas de conejos que habría al cabo de un año si a partir del mes de edad cada pareja tenía dos crías, un macho y una hembra (Figura 24). Quizá el hallazgo de esta sucesión pudo habérselo proporcionado las matemáticas indo-arábigas, que tienen como base fundamental el sistema numérico decimal y el número cero. El cero matemático fue inventado en la India y esconde un significado metafísico, pues significa “nada” o “vacío”. Este significado metafísico se relacionaba con la idea de la no-dualidad, en la que todas las cosas están interconectadas. Por relacionarse con la nada o la vacuidad, Aristóteles consideraba que desafiaba la razón y la lógica excluyente. Después, el concepto de cero fue exportado al mundo árabe durante la Edad Media, donde Fibonacci lo aprendió y lo introdujo, junto al sistema numérico decimal, por toda Europa a través de su libro. Aunque al principio provocó desconfianza debido, sobre todo, a la influencia del pensamiento de Aristóteles y a que Occidente ya disponía de un sistema numérico, el antiguo sistema romano, pronto provocó una revolución matemática (Xuan Thuan, 2018).

El matemático francés Édouard Lucas (1842-1891) contribuyó al desarrollo de la sucesión de Fibonacci con la invención de una secuencia muy similar, llamada la sucesión de Lucas, e incorporó en las matemáticas el concepto de “números de Fibonacci”. Los números de Fibonacci comprenden una secuencia numérica que comienza con los términos 0 y 1, y los siguientes términos se obtienen de forma recursiva con la suma de sus dos números anteriores, de la siguiente forma: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377... ∞ Esta serie está muy relacionada con la famosa proporción áurea, como confirmó el astrónomo alemán Johannes Kepler (1571-1630), ya que al dividir cualquier par de números adyacentes de la serie, el resultado se aproxima más al valor de la proporción áurea a medida que avanzamos en su secuencia. Así, cuando se divide un número mayor por el menor, el resultado se acerca a la proporción áurea mayor, que se vuelve más precisa conforme aumentan los números. E inversamente, al dividir un número menor por el mayor, el resultado se aproxima cada vez más a la proporción áurea menor. Pero esta peculiaridad para converger en el número áureo también es propia de cualquier secuencia que use dos números cualesquiera, porque lo que define el resultado final no está en la serie Fibonacci, sino en las operaciones recursivas que se llevan a cabo (sumar y dividir el último número por el primero). De ahí que todos los números que siguen una progresión converjan sin excepción en la proporción áurea. No obstante, la sucesión de Fibonacci es quizá la más significativa de todas las progresiones, puesto que constituye una tendencia recursiva prevalente en la naturaleza. Aunque no todo se ciñe a ella, se aprecia con frecuencia en algunos objetos y fenómenos naturales, por ejemplo, en la secuenciación de los nucleótidos del ADN, en la división celular binaria, en la distribución de las ramas, hojas y semillas de la mayoría de las plantas, en el número de pétalos de muchas flores, en los árboles genealógicos de las abejas, o incluso en el número de elementos corporales de muchos insectos y animales.

Las expresiones de los fractales están muy íntimamente relacionadas con los patrones naturales que siguen la sucesión de Fibonacci. Hay muchos patrones en relación con el número phi, como las espirales áureas, que se corresponden con lo que los matemáticos denominan las espirales logarítmicas. Una espiral es una curva que se forma alrededor de un punto y que se va alejando de él uniformemente. Cuando la trayectoria de la curva espiral gira de forma exponencial, estamos ante una espiral logarítmica o áurea, que, como los fractales, es autosimilar en todas las escalas. Las espirales áureas forman parte esencial del sistema matemático que organiza repetidamente muchas formaciones naturales del reino vegetal y animal, como así también ciertos fenómenos naturales. Están presentes, por ejemplo, en las distancias entre las espirales que trazan los flósculos de las piñas, los girasoles (Figura 25), margaritas y fre-

sas, en la estructura helicoidal del ADN, en las conchas de los moluscos, en los ojos de las libélulas, en la cóclea del oído interno de los mamíferos, en el pabellón auricular del ser humano, en los cuernos de ciertos antílopes y cabras (Figura 26), en el vuelo del halcón tras una presa, en los vórtices de agua y aire (Figura 27), en la trayectoria del bosón de Higgs cuando aparece y desaparece, en la estructura de los agujeros negros, en los brazos de las galaxias espirales (Figura 28), y un larguísimo etcétera. Al implicar simultáneamente un proceso lineal y cíclico, de traslación y rotación, representa el proceso dialéctico progresivo-regresivo por el cual la naturaleza se auto-organiza.

Un patrón que está vinculado con la espiral áurea es el rectángulo áureo, que es aquel cuyos lados están en proporción áurea. El rectángulo áureo sigue un proceso recursivo como resultado de seccionar su superficie en una serie de cuadrados que se repiten indefinidamente hacia adentro y hacia afuera, de manera que disminuyen o aumentan el tamaño del rectángulo, pero siempre conservando su forma. Estos cuadrados consecutivos se ajustan a los valores de la sucesión de Fibonacci, de modo tal que el cuadrado más pequeño tiene una unidad, el siguiente dos unidades, el siguiente tres, y así sucesivamente (Figura 29). Como cada cuadrado es un gnomon cuyo lado sigue un número de la sucesión de Fibonacci, los cuadrados interiores y exteriores son la base para generar una espiral semejante a sí misma. Esta espiral recibe el nombre de “espiral áurea” o, más concretamente, espiral de Durero (Figura 30).

Además de estos, existen otros patrones autosimilares en la naturaleza que contienen la proporción áurea y que están conectados con el número phi, como los ángulos áureos (el ángulo que resulta al dividir una circunferencia en proporción áurea), los triángulos áureos (triángulo isósceles cuyos lados laterales están en proporción áurea con la base), los pentágonos regulares (polígono de cinco lados cuyas diagonales están en proporción áurea con sus lados), los poliedros regulares o sólidos platónicos (sobre todo el dodecaedro y su dual o recíproco, el icosaedro), etc. Lógicamente, todas estas formas geométricas se dan en situaciones ideales, es decir, son aproximaciones.

El ángulo áureo es aquel obtenido al dividir una circunferencia en proporción áurea, de modo que la razón entre la longitud del arco más grande y la del arco más pequeño es la misma que la relación entre la circunferencia y la longitud del arco más grande. La división en phi de la circunferencia corresponde aproximadamente a un ángulo mayor de $222,5^\circ$ y a un ángulo menor de $137,5^\circ$ (Figura 31). Se cree que este ángulo permite el esquema de disposición más eficiente a la hora de empaquetar las estructuras botánicas, pero conviene especificar que es solo uno de los tres esquemas básicos usados por las plantas, aunque el más común. El ángulo áureo desempeña un papel muy importante en la filotaxis, un término acuña-

do por el naturalista y escritor suizo Charles Bonnet en el siglo XVIII (como se citó en Enamorado Báez, 2008) para referirse a la parte de la botánica que estudia la armoniosa disposición de las ramas y las hojas alrededor del tallo de las plantas (Figura 32). El fenómeno de la filotaxis se puede observar también en la organización de los pétalos de una margarita, así como en la distribución de las espinas y semillas de numerosas plantas, como en los cactus (Figura 33) y en las piñas de pino (Figura 34). Muchas de esas distribuciones denotan la presencia de la secuencia de Fibonacci en el número de sus espirales, como advirtió Bonnet. Un ejemplo de ello se encuentra en el desarrollo de un girasol, en el centro del cual se forman dos espirales orientadas en sentido contrario, levógiras y dextrógiras, cuyo número revela dos números adyacentes de la secuencia de Fibonacci. El valor de este par de números va aumentando durante el crecimiento de la planta, conforme a un principio de autosemejanza que sigue el orden de la secuencia. De ahí que los números de Fibonacci jueguen un papel clave en el estudio de los fractales.

El pentágono es un polígono regular de cinco lados cuya relación con sus diagonales está en proporción áurea. Una de las muchas cosas que se pueden ver en el pentágono regular es su gran simetría recursiva. Esto significa que dentro del pentágono se puede inscribir otro pentágono, y en el interior de este otro aún más pequeño, de modo que las proporciones áureas de todos ellos se pliegan y despliegan hasta el infinito de forma regular. La simetría dinámica pentagonal, y más concretamente las estrella de cinco puntas o pentagrama, aparece con cierta frecuencia en las plantas y los animales. Por ejemplo, se presenta en la distribución de los pétalos de las flores de muchas plantas (Figura 35), de las semillas de ciertas frutas (manzanas, peras...) o en algunos seres vivos, como en los radiolarios, en el erizo o la estrella de mar (Figura 36), incluso en las extremidades de animales superiores como el ser humano. En las plantas y los animales es común encontrar una simetría pentagonal, pero no así en los minerales, que normalmente se muestran bajo una simetría hexagonal. No obstante, las formas pentagonales se hallan presentes en los cuasicristales, un tipo de cristales de aleaciones de aluminio que fueron descubiertos por el científico israelí Shechtman (2013). Los cuasicristales están a medio camino entre los cristales y los sólidos amorfos, entre el orden y el desorden, cuya proporción entre las distancias de sus átomos está en relación con la llamada simetría “icosaedro”, muy emparentada con el número áureo. Asimismo, la forma pentagonal aparece en los átomos de carbono en la molécula C_{60} , una supermolécula con una estructura estable que adopta una forma geométrica de icosaedro truncado (Kroto et al., 1985).

El icosaedro y el dodecaedro son los poliedros regulares que están más ligados a la autosemejanza de la proporción áurea. Ambos son poliedros duales, como lo son el hexaedro

y el octaedro, lo que significa que sus formas se pueden anidar unas dentro de otras, de manera que los vértices de un poliedro tocan los centros de las caras del otro. Gracias a esta reciprocidad, un icosaedro puede construirse fácilmente uniendo los centros de las caras de un dodecaedro. Y en sentido contrario, se puede construir un dodecaedro haciendo lo mismo (Figura 37). Semejante fenómeno se puede prolongar ilimitadamente hacia el interior y el exterior, facilitando la descripción de las formas fractales en la naturaleza. Además, los vértices del icosaedro y el dodecaedro están dispuestos de tal modo que en el interior de ambos sólidos se forman rectángulos áureos perpendiculares entre sí. El resto de los sólidos platónicos (el tetraedro, el hexaedro y el octaedro) están conectados igualmente a la proporción áurea, pero esta conexión solamente se manifiesta cuando se ponen en relación con el icosaedro y el dodecaedro. Todas estas relaciones recíprocas tuvieron una gran importancia en la filosofía de Platón, quien estableció en el *Timeo* una correspondencia entre cada sólido y un elemento de la naturaleza (tierra, agua, aire, fuego y éter) escogiendo el hexaedro como la geometría que mejor representaba la tierra y el dodecaedro, también llamado quintaesencia, como el símbolo de la armonía del cosmos. Todo lo anterior nos permite comprobar que los sólidos platónicos están vinculados entre sí a través de un principio armonizador que ilustra la unidad entre la parte y el todo.

En muchos casos la naturaleza utiliza la proporción áurea y la sucesión de Fibonacci como principios logarítmicos que le permite dividirse progresivamente a diferentes escalas o niveles, desde las partes hasta la figura global, originando un fractal a partir de su división. Los patrones de crecimiento orgánico entre las etapas antiguas y nuevas conservan las cualidades reiterativas de lo antiguo, porque se regeneran en un nuevo orden fractal que comparte relaciones numéricas similares en la diversidad de sus formas, tanto en las formas globales como en los detalles más mínimos. Ello es debido a la lenta acumulación de variables en el flujo de energía, materia o información de un sistema, resultado de las interacciones de sus componentes entre sí o con el entorno. Cuando la acumulación se incrementa de forma cuantitativa, el sistema es impelido hacia una condición lejos del equilibrio, hasta llegar al límite o borde del caos. Entonces, se produce un momento crítico en que el sistema sufre una pérdida de estabilidad, y consecuentemente, un salto cualitativo hacia un nuevo nivel de organización, cuya tendencia es la proporción áurea y la sucesión de Fibonacci (Ho, 2014). La nueva cualidad genera otra acumulación cuantitativa con el tiempo, hasta que nuevamente pierde estabilidad y llega al borde del caos. Aquí, se produce de nuevo un salto cualitativo en el que emergen nuevas propiedades con la misma tendencia hacia la proporción áurea y la sucesión de Fibonacci, aunque a un nivel superior. Esa participación de las relaciones de proporción

constituye una especie de autosemejanza con base en phi que genera un ritmo armonioso. La confirmación a esta ley de armonía de los sistemas complejos, basada en los principios de phi, fue propuesta por el filósofo bielorruso Edward Soroko (1984, como se citó en Stakhov, 2009) con el propósito de explicar la estabilidad estructural y funcional de los procesos de auto-organización desde el punto de vista del equilibrio termodinámico. La idea principal de Soroko es que los sistemas auto-organizativos se pueden analizar mediante la dialéctica de los opuestos, que son distinciones dentro de la unidad. Probabilidad e improbabilidad de eventos, el núcleo del átomo y su envoltura, masa y energía, sustancia y campo, ánodo y cátodo, animales y plantas, los valores materiales y espirituales, y otras tantas dualidades, están correlacionados en el estado del equilibrio termodinámico. Esa correlación es la causa de la estabilidad del sistema, y está regulado por el estado del equilibrio armónico de phi.

Todas las escalas del universo, desde la microescala atómica hasta la macroescala de las galaxias, tienen el mismo patrón de proporción o geometría autosemejante, y cada nivel de concreción está conectado a otro por medio de relaciones áureas recurrentes. Dichas relaciones varían de un sistema complejo a otro, constituyen variaciones de la proporción áurea y su secuencia. No obstante, existe una unidad al compartir las mismas pautas de proporcionalidad. Son proporciones compartidas, patrones de totalidad que dan forma manifiesta al orden subyacente que unifica lo diverso del mundo. En este sentido, concordamos con el arquitecto Doczi (1996) cuando afirma que “ese orden se puede apreciar en ciertas proporciones, que aparecen una y otra vez, y también en el similar y dinámico modo de crecer y de formarse de todas las cosas: por la unión de opuestos complementarios” (p.1). De este modo se vuelven uno. Esta unidad dentro de la diversidad se manifiesta en relaciones proporcionales que generan patrones fractales a partir del proceso dialéctico de los contrarios.

La proporción áurea y sus relaciones numéricas no solo tienen un papel esencial en los patrones armoniosos que subyacen en el crecimiento de muchas estructuras naturales, sino asimismo en muchas producciones artísticas, pues parecen poseer propiedades que resultan más bellas y armoniosas a nuestra percepción visual y cognitiva. Los patrones fractales son bellos por su complejidad y su capacidad de mantener un orden y armonía en medio del desorden. Para Taylor (2006), físico de la Universidad de Oregón, el uso de estas formas fractales en el arte se debe a que, de alguna manera, el ojo humano tiene predilección estética por ciertas dimensiones fractales, ya que parece haberse adaptado bien para asimilar los fractales naturales de manera eficiente, un proceso que produce “fluidez fractal” (Taylor & Spehar, 2016). Ver formas fractales, tanto si son hechas por la naturaleza, por el ordenador o a mano, resulta estéticamente agradable al ser humano porque el campo de visión de los ojos sigue un

patrón fractal a la hora de examinar una imagen, creando en el observador un efecto de fluidez que induce a una experiencia estética. Además, ver imágenes fractales reduce los niveles de estrés o la fatiga mental del observador, puesto que hace que el cerebro produzca ondas alfa (Taylor, 2017). Tal vez eso es debido a que la percepción y el mismo cerebro son particularmente sensibles a los patrones fractales basados en las proporciones armónicas, quizá porque la proporcionalidad forma parte del propio ADN, de sus átomos, e incluso de nuestra psique profunda, pues parece conformar la estructura primordial del inconsciente colectivo. En este cuestionamiento, Adrian Bejan, profesor de ingeniería mecánica en la Escuela Pratt de Ingeniería de la Universidad Duke, alegó, junto a J. Peder Zane, que la percepción visual se acomoda bastante bien a las figuras que se aproximan a la proporción áurea tras escanear una imagen, dado que su campo de visión permite analizarlas con la mayor facilidad en la menor cantidad de tiempo (Bejan & Peder Zane, 2012). Desde esta perspectiva, los fractales activan la percepción de lo bello, como demostró el estudio realizado por el investigador suizo Schmidhuber (1998) en relación con la belleza de los rostros, un vínculo entre los fractales y la estética que entra dentro del concepto de proporcionalidad. Asimismo para la mente humana, que interpreta como bello aquellos objetos cuyas dimensiones obedecen a la proporción áurea, debido a que el cerebro contiene muchas redes neuronales que se organizan siguiendo el mismo patrón autosemejante. Así lo manifiesta un estudio realizado por Van den Berg, Joye y Koole (2016), que muestra que los fractales percibidos en la naturaleza desencadenan respuestas emocionales positivas que ayudan a relajar nuestra mente, ya que tienen la cantidad justa de complejidad para nuestra visión, lo que ayuda a restaurar nuestras capacidades cognitivas. Puesto que la mente tiene la capacidad de ajustar sus ritmos a los estímulos visuales armónicos de la naturaleza, puede desarrollar la sensibilidad perceptiva hacia la belleza.

Puede que la atracción que sentimos hacia las cosas bellas se deba a nuestras preferencias intuitivas por la proporcionalidad de las formas, fundamentalmente por la proporción áurea, y a los fractales. Entonces hablaríamos de una belleza objetiva o absoluta. Pero las proporciones no siempre garantizan la belleza de las cosas, porque esta también depende de los gustos de cada observador, los cuales se ven influidos por otros factores, como la educación, las creencias y las modas. Por esta razón, la belleza también puede ser subjetiva o relativa. Un estudio reciente del neurobiólogo inglés Semir Zeki (como se citó en EFE, 2016), profesor de la University College de Londres y fundador de la neuroestética, refuerza cuanto se acaba de señalar. Zeki muestra que la belleza es un fenómeno cerebral, puesto que la contemplación de algo bello activa regiones específicas en el cerebro emocional, muchas de ellas

correlacionadas con el placer y el amor. Algunos descubrimientos de la neuroestética refieren además que la experiencia de la belleza matemática se correlaciona con la actividad en la misma parte emocional, así como la experiencia de la belleza moral. Lo curioso del tema es que los antiguos griegos ya usaban la noción socrática de *kalokagathía* para referirse a este vínculo entre la belleza corpórea y la belleza moral, como forma de alcanzar un equilibrio entre el cuerpo y el espíritu.

La geometría fractal y sus proporciones implícitas forman las claves del diseño universal, cuyas leyes son únicas e iguales para todo el universo, por lo que de alguna manera demuestra que las matemáticas no son una invención del ser humano, sino que existen realmente en el mundo físico. Nosotros las vamos descubriendo, aunque introduciendo productos de nuestro intelecto e imaginación. A lo largo de toda la historia de la humanidad, muchos artistas han entendido las proporciones matemáticas como un descubrimiento de las leyes sistémicas propias de la naturaleza y no como un invento, y las han aplicado de forma consciente o inconsciente a sus producciones en busca de la belleza, la unidad y la armonía universal. Estos principios de proporción surgen a partir tanto de las nociones del arte como de la filosofía temprana. Precisamente, la filosofía, así como las artes, son la misma búsqueda de la unidad en la diversidad, posiblemente porque nuestra percepción visual, nuestro cerebro y nuestra propia anatomía reflejan los mismos patrones armónicos que están en las cosas que nos parecen bellas, lo cual acentúa la idea de una autosimilitud entre la belleza sensible, aquella relacionada con la armonía de la materia física y que se percibe a través de los sentidos externos (como el gusto, el tacto, el olfato, la vista y el oído), que son los sentidos de la exterocepción; y la belleza inteligible, aquella otra que está involucrada en la armonía del espíritu y que se percibe a través de los sentidos internos, es decir, de los sentidos interoceptivos.

2. Teoría Holográfica

En los últimos años, las investigaciones más importantes nacidas bajo los descubrimientos de la física apuntan al hecho de que podríamos estar viviendo en un universo holográfico, en donde cualquier cambio producido en una parte influye simultáneamente sobre todas las demás, y la naturaleza fractal de nuestra realidad sería una prueba material de ello (Di Biase, 2015). Grosso modo, la teoría holográfica es una teoría de la física que dice que las cosas y acontecimientos del mundo tridimensional están bañados por un campo cuántico de información que hace que todo esté correlacionado de forma armoniosa y coherente. Esa información cuántica se encontraría codificada en la superficie bidimensional que se encuentra

en el límite de un sistema físico. Y dado que la conciencia del observador parece influir en el colapso de la función de onda a nivel subatómico, tal como reveló la física cuántica oficial, la realidad percibida la crearía el propio cerebro mediante la interpretación de las frecuencias de ese campo, interpretación que estaría en función de los diferentes modos perceptivos y cognitivos del observador, así como de sus creencias culturales. En consecuencia, el mundo físico es un reflejo ilusorio de otra realidad más primordial que no podemos ver. Debido a que esa otra realidad presupone un orden con una destacada característica de unidad entre el observador y lo observado, algunas conclusiones de la física cuántica conllevan a planteamientos filosóficos, cuyas premisas comparten las cosmovisiones que nos ofrecen muchas tradiciones espirituales de Oriente, y cuyos rasgos básicos son similares a las filosofías holísticas y al pensamiento idealista de Occidente. Por ejemplo, el concepto hindú de *Maya* (ilusión) se concibe como un dualismo que reside en el mundo físico, y que es una proyección de un estado mental contradictorio producto de la ignorancia humana. Al actuar imponiendo dualidades, la unidad subyacente sujeto-objeto queda entonces reprimida, llevando al ser humano a un mundo de sufrimiento.

Desde la cultura popular, el primer físico en establecer una analogía entre la física cuántica y la mística oriental, como el hinduismo, el taoísmo o el budismo, fue Capra (2007) en su libro *El tao de la física*. Para sustentar su modelo analógico, Capra se basó en la teoría de bootstrap (tira de bota) de las partículas que formuló el físico Geoffrey Chew, una visión del mundo que guarda cierta similitud con la teoría del universo holográfico de Bohm. La teoría de bootstrap entiende que la naturaleza no se reduce a bloques fundamentales de construcción, tales como partículas elementales y campos asociados, sino más bien comprende una red dinámica de sucesos interrelacionados con emergencias que determinan la estructura total de la red. Según Capra, esta red dinámica del universo integra un sistema de componentes duales (forma y vacío, materia y energía, partícula y onda, movimiento y reposo, existencia y no existencia, tiempo y espacio...), que implica necesariamente otro sistema inherente que los unifique con armonía en un todo, una idea que ilustra la metáfora de la red infinita de gemas del dios hindú Indra, donde cada gema de cristal refleja todas las demás joyas de la red. Esta armonía entre dualidades no podría darse sin la intervención de una conciencia universal que opera de forma holográfica, la cual sería un reflejo de nuestra conciencia individual.

Cuando la física cuántica incluyó la conciencia del observador en el ámbito científico, se produjo una confrontación entre los físicos idealistas y los físicos materialistas, que en general tienen diferentes puntos de vista sobre la naturaleza fundamental de la realidad. Esta

confrontación en la ciencia se inició con el famoso debate Bohr-Einstein en torno al problema de las variables ocultas en el mundo cuántico. Los físicos idealistas, como Niels Bohr y Heisenberg, quienes presentaron la interpretación de la llamada Escuela de Copenhague, defendieron un argumento de tipo metafísico, dado que la medición y observación podían jugar un papel decisivo en el colapso de la función de onda. Desde la perspectiva más radical de la interpretación de Copenhague, la conciencia desempeñaría un papel activo en la creación de nuestra realidad, una idea que ha sido respaldada por el físico John Wheeler (como se citó en Braden, 2009) al sugerir que vivimos en un universo participativo en donde no existe una verdadera separación entre el sujeto y el objeto. Debido a ello, la conciencia parecía anteceder a la materia, por lo que la realidad material se presentaba como una especie de ilusión, tal y como han argumentado los místicos durante siglos. Esta es una perspectiva muy diferente a la de los físicos materialistas, entre ellos Albert Einstein, David Bohm y Roger Penrose, para los cuales la conciencia del observador no es la principal causa para que ocurra el colapso. El colapso puede entenderse también como un proceso determinista del mundo físico que opera espontáneamente, sin necesidad de un observador consciente que observe, resultado de unas variables ocultas, no locales o locales, que tienen que ver con la propia dinámica autoorganizadora del sistema. A esto se le conoce como “colapso espontáneo”. Desde este punto de vista, el mundo físico no es subjetivo, sino objetivo y realista, es decir, existe por su cuenta, sin necesidad de un sujeto que diluya la coherencia cuántica, por lo que elimina todo misticismo.

El idealismo cuántico de la interpretación de Copenhague acepta el indeterminismo y la no localidad. En su vertiente más extrema, admite que la conciencia del observador está involucrada en el colapso de la función de onda, por lo cual la realidad es creada por la mente del observador. Sin embargo, los físicos materialistas piensan que la realidad física se estima objetiva, debido a que los colapsos se producen independientemente del observador. Uno de los enfoques de tipo objetivo de la física cuántica es la denominada interpretación de Bohm, que intenta aunar conceptos tanto deterministas como no locales. Plantea que la función de onda contiene todos los posibles estados, pero también contiene unos estados reales que están asociados a una onda piloto que guía su movimiento, aun cuando no exista un observador. Esta onda-guía es una función de onda no local que está determinada por un potencial cuántico: el orden implicado. El orden implicado sería un campo subyacente de naturaleza holográfica cuya información cuántica está involucrada en un proceso dinámico, llamado “holomovimiento”, que organiza todas las partes del universo en una totalidad. Estudios recientes indican que este holomovimiento estaría vinculado al flujo constante de la geometría toroidal

de los campos de energía. Otra interpretación que mantiene vínculos con la interpretación de Bohm es la teoría del conjunto invariante del físico de Oxford Palmer (2009). Ambas interpretaciones son deterministas, aunque la de Bohm pertenece a un determinismo no local, y la de Palmer a un determinismo local. La teoría del conjunto invariante de Palmer propone que las probabilidades que encontramos en la física cuántica derivan de un espacio de estados cosmológicos. Los estados que se manifiestan en la realidad física son aquellos estados reales que pertenecen a un conjunto fractal invariante no computable que está incrustado en el espacio de estados. Cualquier otro estado que no sea parte del conjunto invariante es irreal, no pudiendo existir físicamente. Para Palmer, la coherencia cuántica sería una consecuencia de este conjunto invariante de tipo fractal.

El realismo cuántico ha terminado por reconocer la existencia de un campo cuántico con características holográficas que contiene la información sobre el todo en cada una de sus partes. Pero cuando los físicos materialistas dicen que el universo es holográfico, esto no significa necesariamente que la realidad material sea una ilusión. Significa que los datos físicos que conoce el observador no tienen en realidad un carácter separado, sino que resultan del acoplamiento coordinado de funciones de ondas cuánticas que colapsan cuando alcanzan nuestro nivel de realidad tridimensional, en donde prevalece la fragmentación y las dualidades de la física clásica. De esta manera, nuestra realidad observada estaría regida tanto por las leyes no locales de la física cuántica como por las locales de la física clásica, ya que esta se encuentra situada entre ambas a un tiempo. De algún modo, las leyes físicas del nivel clásico emergerían de la decoherencia del flujo coherente de información a nivel cuántico, que, según algunos físicos, estaría codificada matemáticamente en un horizonte cósmico lejano, más allá del dualismo espaciotemporal de nuestro universo. Ese flujo de información conforma una red indivisible de conexiones que permanece en un estado de superposición (partículas que pueden estar situadas en varios lugares a la vez) y de entrelazamiento (partículas que están ligadas a pesar de la distancia), hasta que las energías de los estados alcanzan un umbral de la realidad relacionado con el entorno y colapsan, haciendo que algunas superposiciones se pierdan y otras se conserven en forma de sistemas fractales. Esto revela que, detrás del aparente desorden del mundo cuántico, existen en realidad unas variables ocultas cuyas reglas obedecen a ciertos patrones de tipo fractal, desde la escala atómica hasta la cósmica. En este sentido, el profesor Meijer (2019) ha demostrado que estas variables ocultas estarían vinculadas a la teoría de las ondas piloto de David Bohm. Según Meijer, el sistema de ondas piloto del orden implicado se basa en un principio de coherencia cuántica que opera a través de un campo holográfico con una geometría toroidal que se repite en todas las escalas del universo.

Ese sistema podría ser responsable de la información negantrópica, e incluiría relaciones matemáticas y geométricas recursivas. Ello implica una conectividad entre todos los niveles fractales del cosmos (Meijer et al, s.f.).

2.1. El Entrelazamiento Cuántico

En nuestro universo todas las cosas están compuestas de átomos, que son descritos por los físicos como combinaciones de partículas subatómicas. Las partículas subatómicas son aquellas que no se pueden dividir en partículas más pequeñas. Estas incluyen los protones, neutrones y electrones. Según el modelo atómico vigente, los protones y los neutrones son partículas subatómicas que forman el núcleo de los átomos, mientras que los electrones son pequeñas partículas subatómicas que giran alrededor de este núcleo, semejante a como los planetas orbitan alrededor del Sol (Figura 38). Los protones tienen una carga eléctrica positiva, los electrones una carga negativa y los neutrones una carga que neutraliza los componentes positivos y negativos del átomo. Esto supone que la carga de los electrones y de los protones son iguales pero opuestas. Los electrones ocupan además unos niveles energéticamente bien definidos denominados “orbitales”, que se ordenan en ondas estacionarias, es decir, están confinados en el seno de un potencial electromagnético con niveles cuantizados de energía. Esta jerarquía de ondas estacionarias es similar a la que se forma en las cuerdas musicales de una guitarra para crear sonidos o vibraciones armoniosas (el mismo concepto ya está presente en los planteamientos pitagóricos, sobre todo en lo que respecta a las proporciones entre los armónicos musicales).

Normalmente, un electrón tiende a estar en un estado fundamental de energía, que es el nivel energético más bajo, aquel que se acerca más al núcleo atómico. Para que el electrón salte de un nivel energético inferior (estado fundamental) al inmediatamente superior (estado excitado), es preciso que absorba una dosis de energía que se corresponda con la frecuencia de resonancia del nuevo nivel (correspondiente a un orbital diferente). La frecuencia necesaria para pasar de un nivel a otro inmediatamente superior es la llamada “frecuencia resonante”. Y la dosis de energía de esa misma frecuencia será la que emita el electrón cuando pase del estado excitado al fundamental. Ello significa que la energía de absorción y emisión de un electrón se presenta en forma de pequeñas cantidades discretas de energía, que reciben el nombre de fotones o cuantos de luz, motivo por el cual se llama “salto cuántico” a los cambios de orbital de los electrones. Los saltos cuánticos de una órbita a otra se producen de forma súbita, es decir, sin necesidad de que el electrón recorra gradualmente el limitado espacio entre los orbitales, un proceso equivalente a la transferencia de información cuántica entre

dos partículas entrelazadas. Presumiblemente, estos saltos se producen a través de agujeros de gusano, una especie de túneles cuánticos que utilizan las partículas subatómicas para llegar a otros lugares. En la visión de Laszlo (2017), la frecuencia y energía electromagnética del estado fundamental está en relación con el vacío cuántico, el dominio de información altamente ordenado que produce los patrones fractales del universo en su estado excitado, que se asocia con una mayor entropía. Por ejemplo, un electrón es una entidad manifiesta del estado excitado de los campos electromagnéticos que rodean al núcleo. Desde este punto de vista, la materia se describiría como un punto condensado de vibraciones variables de energía que aparece ocupando un espacio-tiempo tras la excitación del estado fundamental de los campos del vacío cuántico, el estado de energía más bajo posible de un sistema. De alguna forma, la estructura fractal de las cosas sería producida por saltos que convierten lo continuo (el estado fundamental) en discontinuo (el estado excitado). En metafísica, las vibraciones continuas constituyen estados de una conciencia global o no lineal, de potencialidad, al contrario que las discontinuas, que constituyen estados de una conciencia focalizada o lineal, que representa la actualización de la potencialidad.

El gran espacio que existe entre los electrones y el núcleo atómico está constituido por un “vacío” que no está en realidad vacío, sino que está repleto de un mar oscilante de frecuencias electromagnéticas con un enorme potencial energético, que se manifiesta como un burbujeo constante de pares de partículas subatómicas que entran y salen de la realidad continuamente. Esas partículas subatómicas surgen de este pleno de energía, comúnmente llamado “vacío cuántico”, que corresponde al estado fundamental del llamado campo unificado. El vacío es un campo cuántico en cuyos límites fronterizos tienen lugar los intercambios de energía e información de las partículas subatómicas a partir de sus fluctuaciones a corto plazo, conformando una “espuma espaciotemporal” a escala de Planck (el nivel más pequeño de espacio-tiempo cuántico) con una actividad caótica e imprevisible que implica grados de incertidumbre (Figura 39), y que es compatible con la autosimilitud de un objeto fractal. Un trabajo reciente llevado a cabo por el profesor Steven Carlip (como se citó en Minsky, 2019), de la Universidad de California, sostiene que esa espuma espaciotemporal está hecha de pequeñas burbujas que contienen mini universos que se forman brevemente dentro del nuestro. Este supuesto fue analizado más exhaustivamente por los científicos Wang y Unruh (2020), de la Universidad de Columbia Británica en Canadá. Ellos señalan que esos universos son “universos microcíclicos” que realizan una serie eterna de ciclos de expansión y contracción, como si fueran pequeñas versiones de nuestro universo. Esos ciclos oscilantes a pequeña escala se van sumando hasta alcanzar escalas cosmológicas. Este planteamiento sugiere que las

incertidumbres cuánticas provocan discontinuidades que fluctúan contrayendo y expandiendo el tejido espaciotemporal, fluctuaciones cuyas características comparten semejanzas con los objetos matemáticos llamados fractales, ya que reproducen a pequeña escala los procesos dinámicos de contracción y de expansión del universo a gran escala. Las fluctuaciones minúsculas de contracción y expansión podrían incluso explicar por qué la expansión del universo es lenta pero acelerada (Wang, Zhu & Unruh, 2017).

En 2010, un estudio realizado por científicos de Alemania y Reino Unido informó que tras la incertidumbre cuántica, en lugar de desorden se encuentra un estado de coherencia con una simetría subyacente que, en opinión del profesor Coldea et al. (2010), del Centro Helmholtz de Berlín de Materiales y Energía, coautor del estudio, representa una regresión a los atributos de la famosa proporción áurea que aparece en el arte y la arquitectura. Para estudiar estos efectos cuánticos, los científicos enfriaron un material magnético llamado niobato de cobalto. Tras crear una cadena de átomos entrelazados magnéticamente, ajustaron el sistema para introducirlo en un estado crítico cuántico, que es la versión cuántica de un fractal. Al hacerlo, el sistema mostraba un estado de incertidumbre que presentaba dos condiciones opuestas al mismo tiempo, la misma paradoja que aparece en el gato de Schrödinger, que está vivo y muerto a la vez. En ese estado paradójico de incertidumbre apareció un patrón fractal en el que la interacción de los espines de los átomos resonaba en una frecuencia electromagnética relacionada con la proporción áurea. Este descubrimiento experimental revela que en la incertidumbre cuántica, en vez de desorden, se encuentra un perfecto estado de simetría que guarda cierta relación con ϕ . La forma inusual de esta simetría se conoce por los matemáticos como E8, y algunos físicos piensan que subyace a una teoría unificada del universo. Cuando se llega a cierto umbral crítico, a partir del cual el sistema deviene caótico, ese estado de simetría se rompe en fragmentos por el proceso de decoherencia, dejando a su paso la estructura fractal autosemejante que observamos en el mundo visible, desde la más pequeña escala de Planck hasta la gran escala del universo, que sería la representación manifiesta de un orden implícito más profundo basado en un sistema numérico áureo.

Ningún otro físico moderno ha mostrado tanta preocupación por el concepto de la belleza matemática en la naturaleza como el físico británico Paul Dirac. Entre 1929 y 1930, Dirac introdujo la idea de que la energía del vacío estaba asociada al nacimiento de partículas virtuales, y con el concepto estético de simetría en mente pudo predecir que por cada partícula virtual material existía otra partícula virtual de antimateria con la misma masa, pero con carga eléctrica opuesta. Por esta razón, cuando una partícula entra en contacto con su antipartícula se produce un fenómeno de aniquilación, o lo que es igual, la transformación de mate-

ria a energía, quedando un pequeño destello de luz. Unos años después, en 1932, el concepto teórico de Dirac fue validado por el físico estadounidense Carl Anderson tras demostrar la existencia del electrón positivo o positrón. Hasta la fecha, se ha descubierto que otras tantas partículas poseen una antipartícula (protón-antiprotón, neutrón-antineutrón...), confirmando de este modo que el vacío cuántico es un mar inagotable de partículas virtuales. Así las cosas, a cada partícula del universo le corresponde su respectiva antipartícula con propiedades opuestas (Figura 40). No obstante, hay evidencias de la existencia de ciertas cuasipartículas que son al mismo tiempo partícula y antipartícula. A esas cuasipartículas se las denominan fermiones de Majorana, en oposición a los fermiones de Dirac. Debido a que son eléctricamente neutros, algunas teorías proponen que los neutrones y los neutrinos son fermiones de Majorana. Las teorías actuales sugieren además que los fotones de luz pueden comportarse como un fermión de Majorana, es decir, pueden dividirse en dos partes que funcionan de manera independiente, pero que forman una unidad (Flynn, Cobanera & Viola, 2021).

Las fluctuaciones cuánticas del vacío dan lugar a un proceso constante de creación y destrucción de pares de partícula-antipartícula, que se cree que son responsables de la creación de un campo cuántico. Estas partículas virtuales aparecen y desaparecen en un intervalo muy corto de tiempo, lo suficiente para que el principio de incertidumbre o indeterminismo no permita medirlos. Este carácter indeterminista supone una especie de libertad creativa que sustituye al determinismo de la física clásica, desprovisto de toda creatividad e innovación (Goswami, 2018), libertad que, a juzgar por la neurología cuántica, se correlaciona supuestamente con la libertad de nuestras elecciones. Durante ese breve período de tiempo, las partículas virtuales están yendo y viniendo constantemente de un nivel y otro: emergen hacia el nivel de la realidad física (ruptura de simetría), tomando prestada parte de la energía del vacío, y vuelven de un modo fugaz al nivel subyacente de las frecuencias del vacío (simetría de entrelazamiento), llevándose la energía que tomaron prestada. Conforme describen este bucle de energía, las partículas en estado manifiesto retornan con la información de la realidad física al nivel subyacente, influyendo en la información holográfica del conjunto. El proceso de ordenamiento global a través de ciclos de retroalimentación influye a su vez en el intercambio de la energía y la información de las partículas a medida que van emergiendo hacia los niveles manifiestos, y así sucesivamente, informando al sustrato que las creó. De estos intercambios surgen las fuerzas fundamentales y la estructura del espacio-tiempo del universo. Así por ejemplo, gracias al intercambio de fotones virtuales dos partículas cargadas experimentan la fuerza electromagnética, que es constantemente emitida y absorbida por los electrones.

Debido a la energía de las fluctuaciones del vacío del campo electromagnético, el sustrato del tejido espaciotemporal a pequeña escala se curva, hasta definir una estructura discontinua y autosemejante en sus escalas, y por tanto irregular. Supuestamente, la fuente de la gravedad proviene de esas fluctuaciones cuánticas. Las teorías más recientes de gravedad cuántica, aquellas que intentan describir los campos gravitatorios a nivel cuántico, imaginan esta estructura del propio espacio-tiempo como un sistema caótico, pero de acuerdo con las matemáticas complejas, ese caos azaroso parece albergar una simetría subyacente que sigue algún tipo de atractor fractal (Benedetti, 2009). Precisamente, un nuevo enfoque de la gravedad cuántica, llamado “triangulación dinámica causal”, afirma que las fluctuaciones cuánticas van cambiando la geometría de espacio-tiempo a nivel de Planck, hasta crear espacios curvos con patrones fractales. Mediante simulaciones electrónicas, describe la evolución auto-organizada de dicha curvatura utilizando triángulos que se unen entre sí bajo un mecanismo dinámico determinista. Se supone que la suma de este proceso de triangulación dinámica a pequeña escala configura el tejido espaciotemporal a gran escala. Por lo tanto, nuestro universo parece haberse creado sobre un entramado de algoritmos fractales que guía el desarrollo de su complejidad. Al pulsar continuamente entre el desequilibrio y el equilibrio, entre el desorden y el orden, esos algoritmos originan leyes sistémicas de auto-organización capaces de producir la evolución de los sistemas complejos. Estas leyes se producen gracias a la amplificación o integración del sistema por bucle de retroalimentación positiva del entrelazamiento cuántico, cuyos estados coherentes describen un sistema correlacionado de acuerdo con una relación áurea, exactamente a la proporción áurea menor elevada a la quinta potencia, un valor que coincide con el porcentaje de probabilidad en el entrelazamiento de dos partículas que calculó Lucien Hardy (1993, como se citó en Olsen et al., 2020) y que confirma la naturaleza fractal del espacio-tiempo a nivel cuántico propuesto por el científico El Naschie (Olsen et al., 2020), quien estableció una conexión entre el trabajo de Hardy y la teoría M fractal de once dimensiones. El flujo energético en forma de toroide sería el proceso dinámico ideal para describir ese intercambio recíproco de información coherente. En tal caso, el atractor toroidal del universo surgiría del entrelazamiento cuántico de los distintos ciclos producidos a lo largo de todos los niveles de la realidad. Este flujo continuo es lo que Bohm denominó holomovimiento, del cual emergerían los dos niveles de la realidad.

La proporción áurea podría ser un reflejo del entrelazamiento cuántico en la escala macroscópica, porque los dos conceptos tienen ciertas similitudes con la estructura fractal en la naturaleza y el universo. Ambos se refieren a las interconexiones de sus niveles fractales mediante ciertos principios sistémicos, lo que significa que la belleza estaría relacionada con

las leyes fundamentales de la física cuántica. El entrelazamiento cuántico, al igual que la proporción áurea, puede ser percibido como un ejemplo de armonía y equilibrio, ya que es una propiedad de sincronización del vacío que posibilita un estado de correlación armónica entre parejas de partículas, sin importar la distancia que las separa, una especie de proporción cósmica o analogía que actúa coherentemente para formar un todo mayor, lo que puede ser interpretado como una forma de belleza. Esto es así porque el entrelazamiento está en relación con el fenómeno no local de coherencia cuántica, uno de los principios fundamentales en el mundo cuántico que da lugar a la idea de superposición de estados. La superposición de estados es conocida como “función de onda de Schrödinger”. Una partícula está en un estado de superposición cuando se encuentra en todos los posibles estados a la vez, sin que ninguno de ellos esté bien definido, a menudo contradictorios (onda/partícula). Si esa partícula se entrelaza con otras en un solo estado de superposición, la separación espaciotemporal queda disuelta, hasta que el estado colapsa. Entonces las partículas vuelven a su estado de separación, localizándose en un lugar y en un momento preciso. Tomando como ejemplo los electrones, en cuanto ondas de probabilidad se comportan como nubes electrónicas que están extendidas sobre amplias regiones no locales del espacio, es decir, existen como una superposición de estados al mismo tiempo, hasta que se ven obligados a adoptar un solo estado debido a la decoherencia cuántica. La decoherencia cuántica es un fenómeno de pérdida de entrelazamiento por el cual la función de onda de un sistema probabilístico, que viene dada por la ecuación de Schrödinger, se colapsa para dar lugar a una partícula localizada en una región específica del espacio y del tiempo, convirtiendo los estados unitarios, cuántico-implícitos, en estados duales, clásico-explicitos. En el transcurso de dicho colapso algunas superposiciones se diluyen y otras se conservan (Pokorny et al., 2020).

Cuando dos o más partículas subatómicas están entrelazadas manifiestan el mismo estado de superposición, pero en el fenómeno de decoherencia cuántica las partículas están correlacionadas mediante un principio de polaridad no local, esto es, si una de las partículas entrelazadas adopta un estado durante el colapso (1), la otra se colapsa inmediatamente, presentando el estado contrario (0), a pesar de las distancias involucradas. Por ejemplo, si la partícula de un laboratorio tiene un espín o momento angular que lo empuja hacia una dirección, la partícula de otro laboratorio situado a una gran distancia tendrá instantáneamente un espín que la empujará en la dirección opuesta. Como los sistemas complejos son sistemas inestables, una pequeña perturbación en el entorno puede desencadenar un proceso de decoherencia que haga que la simetría del entrelazamiento se rompa. En cualquier caso, se trata de un colapso relacionado con la medición (interpretación subjetiva) o con los fenómenos gravitacio-

nales a nivel cuántico (interpretación objetiva), cuyo acoplamiento de ondas hace que se produzca una pérdida de las propiedades cuántico-implícitas de un sistema para presentar un comportamiento clásico-explicito. El entrelazamiento cuántico se diluye, pero deja a su paso una estructura fractal emergente correlacionada que se conserva. De esta forma lo clásico-explicito emerge de lo cuántico-implícito a través de un patrón autosimilar. Los fractales podrían proporcionar, por tanto, el vínculo en la transición de lo cuántico a lo clásico.

Las partículas subatómicas que constituyen el mundo físico macroscópico están gobernadas por los principios de causalidad local, porque en ese nivel la ley de causa y efecto está vinculada al transcurrir del tiempo lineal. Pero los principios de no localidad que parecen exhibir las partículas a nivel microscópico se corresponderían con las propiedades acausales del entrelazamiento, que cobran sentido dentro de un marco temporal no lineal, atemporal, en donde el pasado, presente y futuro están unidos en una superposición de estados. Esto viene a decir que el transcurrir temporal entre la causa y el efecto es nulo, permitiendo invertirse la dirección del tiempo, de forma que los efectos son anteriores a las causas. La causalidad local se rige por la ley de la entropía, y la causalidad invertida por una ley simétrica, que sería negantrópica. Como resultado de la negantrópía, la entropía disminuye en un sistema cuántico, tal y como demostraron un equipo de científicos rusos encabezados por el Dr. Gordey Lesovik, quienes consiguieron simular la inversión del tiempo en un ordenador cuántico (Lesovik et al., 2019). La retrocausalidad podría explicar también la instantaneidad con la que se comunican las partículas entrelazadas, según un comunicado de dos investigadores, Matthew Leifer, de la Universidad Chapman en California, y Matthew Pusey, del Instituto de Física Teórica de Ontario (Leifer & Pusey, 2017). De ser así, permitiría dar validez a una nueva interpretación de la física cuántica, en donde los sucesos del futuro influyen en el pasado.

Las correlaciones instantáneas entre partículas se producen de manera no local, esto es, sin necesidad de intercambios de energía entre ellas, un hecho que Einstein denominó “acción fantasmal a distancia” como una forma de mostrar que la física cuántica estaba incompleta, lo que generó el famoso debate entre Einstein y Bohr en torno a las variables ocultas. Pero décadas más tarde, la no localidad de las partículas fue confirmada matemáticamente por el teorema de Bell -en honor del físico irlandés John Stewart Bell- y años después, ratificada empíricamente por el físico francés Alain Aspect et al. (1998, como se citó en Laszlo, 2017). La no localidad considera que las partículas realmente están conectadas entre sí a través de las características subyacentes de un campo de energía fuera del espacio y el tiempo que parece tener características holográficas, de modo que la información de una partícula está presente en la otra, ya que cada pareja contiene la información relativa al par completo.

Este tipo de interconexión no local de partículas dispares hace de la realidad, de todos sus fenómenos y cosas, una especie de sistema cuántico único. Desde esta perspectiva, el universo entero puede considerarse como un holograma de información entrelazada que se expresa bajo una red armónica de relaciones matemáticas y geométricas de números áureos.

Para que todos los sistemas funcionen coordinadamente dentro de un sistema global, tiene que haber coherencia cuántica en todas las escalas, tanto a nivel intrínseco como extrínseco. La coherencia intrínseca es el fenómeno regido por leyes sistémicas a través del cual las distintas partes de un sistema se sincronizan entre sí para actuar como una entidad mayor. Y la coherencia extrínseca significa que ese sistema está sincronizado con los diferentes sistemas del entorno. En el contexto del nivel subatómico, cuando un par de partículas virtuales se extrae mediante un efecto denominado “creación de pares”, esas partículas se consideran entrelazadas en su nivel mediante efectos dinámicos que favorecen la coherencia cuántica. En tal caso, la coherencia cuántica indica la conexión entre las partes de un sistema y el todo, de manera que dos partículas entrelazadas se definen como si fueran una sola, incluso después de haber sido separadas. Por esta razón, se dice que tienen un comportamiento “no local”. A través del entrelazamiento, las partículas son capaces de comunicarse entre sí instantáneamente, es decir, más rápido que la velocidad de la luz (concepto que se conoce bajo el término de “superluminar”), desafiando tanto el concepto de la teoría de la relatividad de que nada puede viajar a una velocidad mayor que la velocidad de la luz, como la noción de causa y efecto, pues el hecho de que la velocidad de la luz sea un límite condiciona que las causas sean anteriores a los efectos. Los bosones (un tipo de partículas elementales portadoras de fuerza, como el fotón) podrían estar implicados en la comunicación instantánea entre partículas, porque pueden existir en un estado coherente de superposición cuando son enfriados a temperaturas cercanas al cero absoluto, eximiéndoles de las leyes clásicas de viajar a la velocidad de la luz. En ese estado de velocidad superluminar, las partículas experimentan fenómenos no deterministas, es decir, que no tienen una causa específica, sino que ocurren espontáneamente. Esto se debe a que a estas velocidades las partículas no están sujetas a las dimensiones espaciotemporales a las que estamos acostumbrados, sino que estarían operando en un espacio-tiempo con más dimensiones, lo que les permite experimentar todas las fases del tiempo: pasado, presente y futuro.

Al principio se pensó que la coherencia cuántica, y su condición de entrelazamiento, se daba solo en las dimensiones microscópicas de las partículas y a temperaturas cercanas al cero absoluto. Sin embargo, teniendo en cuenta que la física cuántica subyace a los componentes materiales de la naturaleza, la coherencia del mundo cuántico también tendría que

producirse en niveles emergentes de la realidad y a temperaturas ordinarias. En este sentido, algunos investigadores (Atmanspacher, Römer & Walach, 2002) han propuesto una hipótesis conocida como teoría cuántica débil, la cual permite predecir la existencia de un entrelazamiento cuántico a nivel macro cuando se cumplen ciertas leyes de complementariedad. Y dado que los sistemas complejos siguen un patrón de autosimilitud cuyas partes se complementan con el todo, deberían cumplir las condiciones para hacer que se coordinen mediante una forma generalizada de entrelazamiento. En la actualidad, las investigaciones llevadas a cabo por algunos físicos han demostrado cómo la coherencia puede darse en moléculas más grandes (Fein et al., 2019), lo que abre el debate sobre las implicaciones de la física cuántica en los procesos biológicos de los seres vivos. De hecho, según un estudio reciente (Higgins et al., 2021), los microorganismos utilizan los procesos cuánticos para que las características vibratorias y electrónicas de las moléculas se integren y formen entidades acopladas que conduzcan eficientemente la energía que necesitan para sobrevivir. Así, protegen los mecanismos fotosintéticos que emplean para alimentarse de la luz solar de los efectos negativos de oxidación. Las investigaciones han demostrado incluso que la coherencia cuántica se da en la mesoescala de la vida, concretamente en el funcionamiento coherente de un organismo consigo mismo y con su entorno (en el ADN, en el agua biológica o cristal líquido, en la epigenética, en la fotosíntesis, en el olfato, en la orientación de las aves...), o en el ámbito de la conciencia (en los microtúbulos cerebrales, en la coherencia psicofisiológica, sociocultural...). La coherencia parece también extenderse a la macroescala del universo, por ejemplo, en la proporción del valor de las constantes y leyes fundamentales, que se muestran tan equilibradas que permiten las condiciones favorables para la formación de estructuras complejas (Laszlo, 2009). Esta idea invoca al concepto de ajuste fino o perfecta sintonía, una simetría que deriva en el llamado “principio antrópico”. El principio antrópico es un principio cosmológico que dice que si las leyes de la física no estuvieran finamente ajustadas, el universo no podría albergar seres inteligentes para descubrir dichas leyes.

De acuerdo con estas suposiciones, la microescala, la mesoescala y la macroescala se relacionan de forma coherente, lo cual significa que son niveles fractales en donde se dan las mismas leyes sistémicas. Las conexiones no locales de todas ellas generan un estado de macrocoherencia cuántica dentro de un campo holográfico universal en forma de toroide, que engloba las distintas dimensiones de la realidad, desde lo infinitamente pequeño a lo infinitamente grande. Algunos de estos fenómenos de macrocoherencia cuántica los encontramos en los condensados de Bose-Einstein, o también llamada “luz líquida”, un estado físico de la materia donde los bosones vibran al unísono hasta entran en coherencia cuántica. En ese es-

tado coherente, los átomos forman una entidad emergente mayor, una cuasipartícula que oscila entre la decadencia y el renacimiento, imitando la dualidad onda/partícula de los sistemas cuánticos, y que es capaz de controlar la entropía y evitar la completa desintegración (Verresen, Moessner & Pollmann, 2019). Las cuasipartículas son vibraciones cuánticas que se encuentran en un nivel mínimo de gasto de energía, denominado estado fundamental. Sugestivamente, la proporción áurea subyacería a este estado fundamental (Merrick, 2009, como se citó en Olsen, 2017).

2.2. *El Paradigma Holográfico*

Cada vez aparecen más pruebas que demuestran que el universo es una estructura espaciotemporal que se fractaliza en niveles dentro de otros niveles. Todos los niveles fractales se unifican mediante un campo cuántico fundamental para formar una entidad total. Dado que integra las partes con el todo, tanto a nivel espacial como temporal, ese campo del universo tiene propiedades holísticas, debido a lo cual mantiene analogías con el concepto de holograma (“holos”, significa totalidad, y “gramma”, mensaje), un concepto que fue desarrollado por el ingeniero eléctrico y físico Denni Gabor basándose en la monadología de Leibniz. La monadología de Leibniz es un tratado de filosofía que trata sobre las mónadas, que son unidades de acción individuales que incorporan la información de todo el universo en una armonía preestablecida. Con base a la monadología de Leibniz, Clough (2000a, 2000b) fundamentó una teoría en donde sugiere que hay dos universos simultáneos que se corresponden con el aspecto dual que posee cada mónada: el no físico o interno (onda cuántica) y el físico o externo (partícula), que equipara con lo que sería el conocimiento *a priori* y el conocimiento *a posteriori* de Kant. Desde el aspecto no físico, el universo está estructurado como un holograma, pues cada mónada refleja el universo entero, pero desde el aspecto físico consiste en mónadas que se anidan hasta formar una estructura fractal, tal cual un multiverso de mónadas. Los aspectos fractales del universo se corresponderían, según él, con las mónadas leibnizianas como entidades separadas que no interactúan entre sí. Y el aspecto holográfico lo compara con el mundo inteligible de Platón y Plotino, que al basarse en la unidad, interconectaría cada mónada con las demás por medio del entrelazamiento cuántico, asegurándose de que operen armoniosamente. Clough completa este aspecto dual del universo con la semiótica de Charles Sanders Peirce, que establece tres categorías de pensamiento, que denominó “primeridad”, “segundidad” y “terceridad”, y que se corresponden con el principio monádico, diádico y triádico. Dentro de este contexto, para Clough la primeridad se relaciona con la

unidad antes del Big Bang, la segundidad con el aspecto dual de las mónadas surgidas tras el Big Bang y la terceridad con la conciencia (Clough, 2016).

Dennis Gabor creó los primeros hologramas utilizando un conjunto de ecuaciones conocidas como las “transformadas de Fourier”, cuyas formulaciones matemáticas le hizo ganar un premio Nobel. Un holograma es un método de fotografía que genera una imagen tridimensional de un objeto a través del registro de un patrón de ondas con interferencias constructivas (aditivas) o destructivas (sustractivas) sobre una placa holográfica bidimensional. Dicho patrón proviene de una sola fuente de luz láser coherente, que se descompone en dos ondas de luz originadas a partir de un espejo semitransparente: la primera es una onda que se dispersa por efecto de la reflexión de un objeto -por ejemplo, una manzana-, y la segunda una onda coherente de referencia (Figura 41). Si a continuación se revela la placa holográfica, aparecen unas zonas claras y otras oscuras, pero cuando una fuente de luz láser ilumina la placa, esta interactúa con el patrón de interferencias derivado de la interacción entre ambas ondas y surge la imagen tridimensional de la manzana. Una de las características más interesantes de la imagen holográfica es que la información se distribuye de forma no local. Ello determina que la imagen completa está presente en cada punto de la placa, de modo que cuando se divide una imagen holografiada en fragmentos, cada uno de ellos sigue mostrando la imagen completa, solamente que con una menor resolución, debido a que hay menos información. O para decirlo de otra manera: cada fragmento expresa el principio de autosemjanza, pues actúa como si fuera el holograma original.

De la invención del holograma surgió la teoría holográfica del universo, un enfoque filosófico y científico que se basa en las propiedades no locales de la holografía. Según esta teoría, nuestro universo podría ser una especie de holograma gigante producido por el patrón coordinado de interferencias constructivas y destructivas, consecuencia de la interacción de las ondas cuánticas del espacio cósmico. El proceso de interferencia es una característica de los fenómenos ondulatorios que consiste en el refuerzo o cancelación de las ondas según estén en fase o no, dando lugar a un patrón con zonas de máxima o mínima intensidad. Todas las cosas manifiestas en el espacio y el tiempo pueden ser vistas como ondas de interferencia que se entrelazan, conformando hologramas cuánticos que interactúan a través de un campo holográfico universal. Como resultado de esto, la información está presente en cada holograma y puede transferirse instantáneamente de uno a otro, tal y como lo enuncia el principio de Mach, un principio científico de interconexión según el cual todo el universo está presente en cada lugar y en cada instante, lo que establece relaciones entre las propiedades locales y globales del cosmos.

2.2.1. El Orden Implicado y el Cerebro Holográfico. El primero en utilizar la analogía del holograma para dar explicación a los descubrimientos de Aspect en relación con el fenómeno de entrelazamiento que se producía en el dominio de la física cuántica fue el físico teórico y filósofo Bohm (2002, 2003), de la Universidad de Londres. Bohm promovió la opinión de que la física cuántica no se ajustaba con precisión a la realidad objetiva sustentada por el dualismo cartesiano, ya que a ese nivel el cuerpo (*res extensa*) y la mente (*res cogitans*) parecían interactuar. Por *res extensa* Descartes entendió el cuerpo como algo que es susceptible de ser contado o medido y que ocupa un lugar en el espacio, en contraste con *res cogitans*, que es la mente, sin extensiones o separaciones en el espacio. Para Bohm, esta falta de concordancia entre mente y cuerpo era debido al pensamiento mecanicista de nuestra cultura, que había llevado a unos esquemas cognitivos que fragmentaban la realidad en categorías duales, lo que nos impedía ver la realidad tal como es en su totalidad. En su lugar, vemos solo una pequeña parte de la realidad y perdemos de vista la interconexión y la unidad que subyacen a todas las cosas. Una idea que está relacionada con la noción de “conciencia fragmentada” descrita por el filósofo indio Krishnamurti, con quien Bohm mantuvo varias conversaciones. Con el propósito de complementar el problema de la conciencia fragmentada, Bohm desarrolló su teoría matemática del orden implicado, según la cual el universo en su totalidad es como un organismo en donde la información de cada parte está contenida en el todo, de suerte que cada parte está entrelazada con todas las demás. Esta perspectiva suponía pasar de un nivel mecánico a otro más holístico, de modo que las categorías duales representaban dos realidades que derivaban de un nivel subyacente de carácter holográfico. De forma independiente, el neurólogo y neurocirujano Karl H. Pribram, fundador del Centro de Investigaciones del Cerebro de la Universidad de Stanford, propuso la misma concepción de Bohm, pero desde el dominio de la neuropsicología. Posteriormente, en colaboración con Bohm, Pribram desarrolló la teoría del cerebro holonómico, un modelo de la cognición humana que describe el cerebro como una red holográfica de almacenamiento de información que está distribuida de manera no lineal, de acuerdo con los principios característicos de la holografía. Ambos fomentaron la concepción idealista de que el universo es una ilusión creada por la mente humana, bajo la consigna de que el cerebro es un holograma que interpreta un universo holográfico.

El fenómeno cuántico de entrelazamiento llevó a Bohm (2002, 2003) a exponer la idea de que el universo físico parecía ser un gigantesco holograma, puesto que en el nivel del vacío cuántico las partículas no se mostraban separadas, sino entrelazadas con todas las de-

más mediante fenómenos superluminares, es decir, más rápidos que la velocidad de la luz. Para Bohm, ese efecto de entrelazamiento del vacío indicaba la existencia de un nuevo nivel, y se refirió a él como un campo subyacente más allá de las dualidades, donde todo parecía relacionarse con todo bajo un patrón de totalidad. Al basarse en un campo holográfico que conectaba las dualidades para formar un todo, consideró que era de índole creativa. Bohm (2002) resume este pensamiento de la siguiente forma:

Mi sugerencia es que si observamos las matemáticas de la teoría cuántica estas describen un movimiento de esta misma naturaleza, un movimiento de ondas que se despliegan y repliegan a través de todo el espacio. Por consiguiente, podríamos decir que todo está replegado en este conjunto, o incluso en cada parte, y que luego se despliega. Esto es lo que yo denomino *orden implicado*, al orden replegado, que luego se despliega en un orden explicado, en el que todo está separado (cursiva en el original). (p.163)

Para ilustrar sus ideas, Bohm nos pide que imaginemos un acuario con un pez que solo puede visualizarse por medio de dos cámaras localizadas en posiciones distintas, una dirigida al frente y otra a un lado del acuario (Figura 42). Cuando miramos los dos monitores de televisión uno puede pensar que el pez no es el mismo, porque cada imagen se ve desde diferentes perspectivas. Pero al tiempo, caemos en la cuenta de que hay una sincronización entre las dos imágenes monitorizadas del pez. En un principio se puede creer que los peces están intercomunicados de alguna forma, cuando en realidad se trata del mismo pez. Esta percepción, nos dice Bohm, es precisamente lo que sucede cuando las partículas se comunican entre sí. Percibimos dos entidades separadas, cuando realmente se trata de proyecciones de un sistema único situado en un nivel más profundo, llamado orden implicado. Por lo tanto, las dos sustancias de la realidad que describió Descartes son en realidad una sustancia única que, como un acuario con un solo pez y dos monitores de televisión, ofrece dos perspectivas simultáneas que se corresponden.

Al cabo del tiempo, Bohm se percató de que la idea del holograma tenía un carácter estático, así que acuñó el término de “holomovimiento” para expresar el movimiento fluyente de los fenómenos cuánticos. Según lo ve Bohm, en el orden implicado es donde tiene lugar el holomovimiento, un orden en donde todo está replegado y luego se despliega. De este incessante vaivén de pliegue y despliegue, emergen los dos niveles de la realidad: el orden implicado y el orden explicado, que mantienen una relación recíproca. A nivel implícito, la naturaleza es una unidad en donde todo está conectado más allá de las dimensiones físicas medibles del espacio y del tiempo. El despliegue o manifestación de ese nivel corresponde al orden

explícito, en donde los objetos materiales aparecen separados, porque existen en localizaciones espaciotemporales bien definidas. Ello significa que las cosas que podemos percibir físicamente son en realidad un despliegue del orden implicado en el orden explicado. La física cuántica describiría ese despliegue como el colapso de la función de onda, la transición de la superposición de ondas a la manifestación de partículas. Más allá del orden implicado y explicado existe un orden superimplicado, un tipo de orden superior que estructura el proceso de despliegue del orden implicado en diversas jerarquías de órdenes explicados. Desde ese orden superimplicado, se produce el holomovimiento que genera la totalidad implicada-explicada. De alguna manera, el orden implicado supone una serie infinita de órdenes que organizan la información de los diferentes niveles fractales de la naturaleza y del universo que surgen espontáneamente de él. Esta jerarquía de órdenes está guiada por el orden superimplicado, un orden que determina la dinámica constante de los dos órdenes de la realidad, así como sus transformaciones, lo cual parece recordar la teoría de Platón en relación con los principios ontológicos procedentes del mundo de las ideas universales o arquetípicas: el principio del uno y el principio de la díada indefinida. En opinión de Olsen (2002), los dos principios componen la estructura prenumérica del orden superimplicado que se originó al principio del universo, de la cual deriva el orden implicado, o el sistema numérico de la proporción áurea, que a su vez está infundido en el orden explicado de los números de Fibonacci y sus conceptos derivados (que son indicadores de la autosemejanza fractal).

David Bohm llegó a la conclusión de que los dos órdenes de la realidad se daban también en el ámbito de la biología y la conciencia. Del mismo modo que las partículas materiales pueden formar un sistema cuántico coherente, así también los procesos cuánticos de las neuronas pueden entrar en un estado de coherencia para formar una experiencia consciente. La conciencia misma es, de hecho, otro aspecto más sutil del holomovimiento presente en los diversos grados de despliegue y repliegue de la materia (la conciencia-materia en movimiento). Por tanto, la conciencia y la materia son aspectos diferentes del mismo algo fundamental, un algo que se origina en el orden implicado. En este holomovimiento se presentan dos líneas diferentes de desarrollo neurológico en que el cerebro procesa la información. Ello explica que la descripción que hace el observador de lo observado dependa de la postura mental que adopte durante la observación. Así, una postura mecanicista dará como resultado una descripción fragmentada de la realidad, pues permite analizar cada aspecto de forma separada y aislada, mientras que de una postura holística resultará una descripción en términos de relaciones y conexiones, algo tan propio del orden implicado. El argumento de que la conciencia determina la realidad percibida le hizo pensar a Bohm que el cerebro podría ser una estructu-

ra holográfica. Esta idea llevó al neurólogo Karl Pribram (1971, como se citó en Laszlo, 2017) a proponer un modelo para la cognición humana. En él, Pribram describe el cerebro como un holograma que procesa la información de igual manera a como lo hacen las transformadas de Fourier en los dominios espaciotemporales y frecuenciales de la realidad. Las transformadas de Fourier convierten las señales temporales o espaciales en frecuenciales, y son usadas por los matemáticos y físicos para describir los sistemas complejos, de ahí que mantengan relaciones estrechas con la geometría fractal (Rivera Henao y López Varona, 2011). Para Pribram, una forma de interpretar las transformadas de Fourier es considerando el pensamiento (o conciencia, mente, espíritu, etc.) como una especie de flujo internalizado (negantrópico) de información, y la materia como una forma de flujo exteriorizado (extruido, palpable, concentrado).

Karl Pribram desarrolló un modelo holográfico en base a la observación de los procesos cerebrales en el almacenamiento de la información de los recuerdos. Con el propósito de averiguar dónde se localizaban los recuerdos, Pribram realizó una serie de experimentos en donde extirpaba distintas partes del cerebro de unos ratones tras ser adiestrados. Después de acumular numerosas pruebas, llegó a la conclusión de que la información de los recuerdos no aparecía localizada en ningún área específica del cerebro, sino que se almacenaba en forma de ondas de interferencia en los espacios interneuronales, o sea, entre las sinapsis de las neuronas. La memoria puede almacenarse de forma implícita en esos espacios como un todo a la vez, del mismo modo que la información de un holograma está plegada en cada región de la placa holográfica y distribuida por toda ella. Luego, se despliega como un recuerdo específico una vez recordada. Esto significa que cualquier parte del cerebro puede acceder a toda la información almacenada en él de manera simultánea en lugar de secuencialmente, al igual que cualquier parte del holograma puede reproducir la imagen completa. Esta distribución holográfica de la memoria, le permitió suponer que la mente es como un holograma que percibe, interpreta y participa de un universo holográfico, lo que vendría a decir, en cierto sentido, que el mundo es como un mar de frecuencias en un nivel implicado, y que la mente humana interpreta esas frecuencias como imágenes tridimensionales. Junto con Bohm, Pribram señaló asimismo que numerosas experiencias místicas de unión trascendental con el universo tenían su origen en la armonización con ese ámbito holográfico, ya que las cualidades de unidad del orden implicado (el sentido unitario, la relación entre la parte y el todo, la interconexión de todas las cosas) parecían análogas a las descripciones que los místicos hacían de sus experiencias transpersonales, que no eran sino una recurrencia de una experiencia primitiva que no conocía la separación entre el sujeto y el objeto. La experiencia de unidad, como pro-

ceso inherente a la propia estructura holográfica del universo, no parecía ser accesible a la experiencia normal, pero en los estados de conciencia alterados se mostraba la existencia de ese sentido unitario. Dicho sentimiento se refería a las experiencias cumbres de las que hablaba Maslow (1994) para caracterizar la sensación de unidad y proporción de la mente humana, como la experiencia estética de la belleza. Maslow se refirió a ellas con el término de “autorrealización”, una capacidad plena que expresa las cualidades de unidad del orden implícito en el ámbito de la conciencia. Estas cualidades unitarias de la psique comprenden la integración de las dicotomías, favoreciendo el desarrollo de las capacidades creativas y auto-organizativas del ser humano.

El paradigma holográfico, formulado gracias a las investigaciones del físico Bohm y los experimentos de neurólogo Pribram, fue popularizado por otros psicólogos y científicos, como el psicólogo transpersonal Grof (2001), y los físicos Peat (2003) y Talbot (2006), quienes llegaron a la conclusión de que el modelo holográfico podía explicar las experiencias místicas de totalidad. Especial mención merece el teórico de la filosofía de sistemas Laszlo (2013), quien incorporó los estudios sobre física cuántica de Bohm y Pribram a su propia teoría del campo de información, que él denomina “campo akásico” en referencia al concepto hindú *akasha* o éter, que se define como una memoria cósmica o registro akáshico. Los campos akásicos de Laszlo son registros de información que están relacionados con la hipótesis de los campos morfogenéticos del biólogo y filósofo británico Rupert Sheldrake. Según esta teoría, la memoria no se encuentra almacenada exclusivamente en el cerebro, sino que también se extiende al campo morfogenético, que es un campo de información no local en donde se almacenan los patrones de auto-organización que emergen tras la ruptura de los hábitos de cada especie, aquellos que dirigen no solo las formas, sino también las funciones. Ello genera una conexión a distancia entre los miembros de una misma especie que comparten un campo similar. Por ejemplo, si una especie aprende un hábito y este se repite hasta alcanzar una masa crítica, entonces el comportamiento aprendido se almacena en el campo morfogenético de la especie. Una vez almacenado, el nuevo hábito puede trasladarse a otros miembros de la misma especie por mediación de un proceso de conexión denominado “resonancia mórfica”. Para Laszlo, el campo akásico es responsable de la coherencia cuántica y la no localidad, fenómenos que establecen una conexión entre todos los dominios que observamos en la naturaleza y en el cosmos. Pero no solo es un medio que conecta todo lo que existe, también es una memoria cósmica que informa a todas las cosas. Su modelo cosmológico concibe el universo como un sistema auto-referencial que evoluciona a partir de la información registrada holográficamente a lo largo de sus ciclos, lo que le permite heredar dicha información desde

un universo extinto a otro reciente. Esta evolución cíclica es cada vez más coherente, y se produce en interacción con dos dimensiones: una dimensión oculta, el campo akásico, y otra dimensión observable, manifiesta, que se corresponden respectivamente con el orden implícito y explícito de Bohm. En su opinión, los campos akásicos actúan como un campo de conciencia no local que se da asimismo en el dominio cognitivo del ser humano. Esto quiere decir que nuestro cerebro/mente no operaría solo dentro del nivel de procesamiento de información que se muestra de forma localizada a través de los cinco sentidos, aquel que se corresponde con la imagen de nuestra realidad física, sino también a nivel cuántico, gracias a la emisión de las ondas cuánticas producidas en los microtúbulos de las neuronas (modelo Penrose-Hameroff). Por tanto tendríamos a nuestra disposición dos formas de experimentar el mundo. Laszlo nos da razón de ello en su libro *El Paradigma Akáshico*:

La información transmitida por los sentidos da lugar a la visión, los sonidos, texturas y olores que dominan nuestra conciencia cotidiana, y la información basada en la resonancia cuántica transmite efectos sutiles como presentimientos, imágenes, corazonadas e intuiciones, que no siempre alcanzan nuestra dimensión consciente. (Lazlo, 2013, p.94)

Algunos conceptos de la psicología transpersonal influyeron en los pensamientos de Laszlo, de modo que pudo integrar en su teoría los estudios sobre los estados de conciencia. A su juicio, aprehender la información del campo akásico requiere entrar en niveles de conciencia alterados, aquellos que se producen en el rango de baja frecuencia de las ondas cerebrales, que están en relación con los fenómenos de conciencia no local vinculados al estado fundamental del vacío, y que pueden fomentarse a través de técnicas espirituales, como la meditación, la concentración, la contemplación de la naturaleza y las experiencias estéticas. En esos estados alterados, los dos hemisferios cerebrales se sincronizan para entrelazarse con los sistemas cuánticos de otras personas, de la naturaleza y, en última instancia, del universo. Son estados armónicos por naturaleza, contrarios a los niveles de conciencia ordinarios, en donde los hemisferios funcionan separadamente, por lo cual el sistema cuántico pierde coherencia y disminuyen las probabilidades de que pueda existir entrelazamiento. Es en este punto que el espacio y el tiempo lineales se despliegan como emergencia del universo manifiesto.

2.2.2. El Principio Holográfico. El principio holográfico es una afirmación que se deriva de la teoría holográfica, que fue desarrollada originariamente por el físico David Bohm para explicar la visión holística de que cada parte del universo contenía la información de todas las demás partes. De esta manera, la información necesaria para describir el universo

entero se encontraba implícita en las relaciones dinámicas entre sus partes, lo que correspondía a la idea de un orden implicado. La teoría holográfica de Bohm se enfoca en la naturaleza fundamental de la realidad, pero últimamente ha cobrado vigencia dentro del ámbito de la teoría de cuerdas, como un intento de describir matemáticamente los sistemas cuánticos gravitatorios y de unificar la física cuántica con la relatividad general en una Teoría del Todo. Para la ciencia actual, el principio holográfico no significa necesariamente que la información del universo entero esté presente en cada pequeña región de él, como postula la teoría de Bohm, sino que el universo tridimensional en donde vivimos es el despliegue de una realidad matemática que existe en una superficie bidimensional más allá del espacio y del tiempo, de manera análoga a la información codificada de un objeto tridimensional en una placa holográfica bidimensional. El principio holográfico fue propuesto por primera vez por el físico Juan Maldacena a finales de 1997, y, aunque tiene ya casi treinta años, los científicos Benini y Milan (2020), de la Escuela Internacional de Estudios Avanzados y del Instituto Nacional de Física Nuclear de Italia, la han vuelto a respaldar recientemente al plantear que los agujeros negros operan como hologramas.

Los físicos teóricos Hawking y Penrose (2018) demostraron que las ecuaciones del campo gravitatorio de Einstein implican la existencia de regiones muy masivas del universo que generan una atracción gravitacional tan intensa que todo es atraído en espiral hacia su interior, provocando una singularidad en la geometría espaciotemporal: un núcleo de máxima densidad y mínimo volumen donde el espacio y el tiempo se han curvado infinitamente, y en cuya condición la teoría de la relatividad y las leyes de la física se rompen y dejan de ser predictivas. Esas regiones donde la gravedad es tan intensa son los agujeros negros (Figura 43), objetos que se forman a partir del colapso de una estrella de grandes dimensiones que se convirtió en supernova (agujeros negros con masas estelares), o aquellos que se encuentran en el centro de ciertas galaxias (agujeros negros supermasivos). Hawking (2018) calculó que todos los agujeros negros del universo perdían su masa emitiendo una radiación constante de partículas virtuales, que es lo que se denomina “radiación de Hawking”, hasta encogerse y desaparecer completamente con el tiempo. Para la relatividad general, la información sobre cada partícula que acaba dentro del agujero negro es destruida una vez que este desaparece, sin importar lo que suceda. Pero para la física cuántica, esa información no puede ser destruida, porque sus leyes establecen que la información del universo debe preservarse para no violar la regla mecánico-cuántica estándar de evolución unitaria (coherencia). Esta contraposición en la posibilidad de que un agujero negro tenga o no información, que tenga “pelos” o sea

“calvo” en la jerga científica, planteó el problema de la paradoja de la pérdida de información en los agujeros negros. En este contexto, un estudio publicado recientemente por los astrofísicos Calmet y Kuipers (2021), de la Universidad de Sussex, apunta a que la información podría no ser destruida del todo, ya que un agujero negro no solamente puede emitir radiación, como sugirió Hawking, sino también podría ejercer una pequeña presión negativa sobre el espacio exterior que, según ellos, procedería de la gravedad cuántica de su interior. Esto significa que los agujeros negros serían la clave para resolver cómo se relacionan la relatividad general y la física cuántica.

El principio holográfico es una conjetura en respuesta a las investigaciones de Stephen Hawking sobre la paradoja de la pérdida de información en los agujeros negros, uno de los problemas principales a la hora de encontrar una teoría de gravedad cuántica. La primera versión del principio holográfico del universo fue formulada por el físico teórico Hooft (2001) como descripción de la teoría de cuerdas en relación con la gravedad cuántica, la cual fue redefinida por el físico teórico Susskind (1995), de la Universidad de Stanford, como aplicación a la cosmología, que es una rama de la astronomía que se dedica al estudio del origen y la evolución del universo. Ambos físicos aplicaron el principio holográfico a la paradoja de la información, diciendo que la información de un objeto que cae al interior de un agujero negro no desaparece para siempre, sino que se conserva como bits entrelazados en la frontera en torno a él. Esta frontera se conoce como el horizonte de sucesos, una superficie bidimensional con forma esférica que sería capaz de reproducir una imagen tridimensional de sí misma, al igual que los hologramas. Los subsiguientes refinamientos vinieron de la mano del físico teórico Juan Martín Maldacena (Maldacena, Hawking & Strominger, 2001), del Instituto de Estudio Avanzados de Princeton, quien propuso el principio holográfico del universo como una correspondencia matemática o dualidad entre dos teorías (conocida como correspondencia AdS/CFT), una que se daba en el interior de un horizonte, en donde se ubicaba nuestro mundo tridimensional, y otra que se producía en el mismo horizonte, en una superficie bidimensional (holográfica) más allá de nuestro mundo. De acuerdo con Maldacena, la fuerza de la gravedad no sería una fuerza fundamental, sino una propiedad que emerge en nuestra realidad tridimensional como consecuencia de las interacciones entre partículas y campos presentes en un horizonte bidimensional, de tal forma que el espacio-tiempo es una estructura fractal surgida a partir de ellas. Más adelante, el trabajo de Maldacena fue retomado por el físico Van Raamsdonk (2010), de la Universidad de British Columbia en Vancouver, quien sugirió que el entrelazamiento cuántico era el principio fundamental que subyacía en la geometría curva del espacio-tiempo, pues cuando se rompía el entrelazamiento entre dos

partículas en el horizonte, el espacio-tiempo interior al horizonte parecía dividirse también en dos partes. Este procedimiento le llevó a pensar que el entrelazamiento cuántico es el componente esencial que entreteje el espacio-tiempo en un todo. Ello supone que la curvatura espaciotemporal (la gravedad) podría haber emergido a partir del entrelazamiento cuántico, una idea que coincide con los resultados teóricos del físico Sonner (2013), del Massachusetts Institute of Technology (MIT) de Boston en los EE.UU., así como de los físicos Ooguriy, Lin, Marcolli y Stoica. (2014). Eso ayudaría a comprender mejor la relación entre la gravedad y la física cuántica, para lograr alcanzar una Teoría del Todo.

El principio holográfico de Hooft y Susskind expone que la gravedad y la tercera dimensión de nuestro universo son el despliegue de la información codificada sobre una superficie bidimensional que lo delimita, al igual que en una placa holográfica en 2D está registrada la imagen en 3D. Este principio no se concretó hasta que Maldacena propusiera la teoría que se conoce como “dualidad gravedad/teoría cuántica de campos”, que hasta ahora solo puede aplicarse en un espacio-tiempo con curvatura negativa conocido como espacio anti-De Sitter. El espacio De Sitter es una solución de las ecuaciones de Einstein que incorpora una fuerza repulsiva o constante cosmológica, cuya curvatura es positiva. Pero si la fuerza repulsiva se convierte en una fuerza atractiva, se obtiene un espacio anti-De Sitter con una frontera localizada en el infinito. Partiendo de ese espacio hipotético, la teoría de la dualidad de Maldacena propone la existencia de dos sistemas diferentes en el universo: uno conocido como bulto (bulk), que tiene tres dimensiones (4D si se incluye el tiempo) y una fuerza gravitacional tan intensa que nada, ni siquiera la luz, puede escapar de su atracción; y otro sistema conocido como frontera (boundary), el cual delimita a una distancia infinita cualquier punto del primer universo, y que se concibe como una superficie en dos dimensiones sin gravedad (3D con el tiempo incluido) con un sistema de partículas cuánticas que codifica la información del bulto de manera holográfica (Figura 44). Cada sistema tiene una teoría con distintas leyes que requieren una forma diferente de percibir y comprender el mundo, pero en una realidad más profunda una teoría está incorporada en la otra, en tanto que existen similitudes entre ambas que describen la misma física, de ahí que las dos sean equivalentes entre sí, lo cual quiere decir que actúan de forma conjunta y unitaria. Este hecho se debe a que son teorías invariantes a los cambios de escala, lo que significa que la física de los sistemas que describe ambas no cambia aunque sean más grandes o más pequeños.

Muchos pares de partícula-antipartícula virtuales que surgen del vacío cuántico terminan por aniquilarse mutuamente, salvo en presencia de un campo gravitatorio muy fuerte, como el que se origina en el límite del horizonte de sucesos que rodea a un agujero negro. En

este caso, los pares virtuales de partícula-antipartícula pueden dirigirse hacia fuera o dentro de la influencia gravitacional del agujero (Figura 45), transformándose en partículas reales con energía positiva y negativa. Esta posibilidad hace que el horizonte de sucesos del agujero negro coincida con el área de inflexión entre las partículas que caen dentro y las que escapan hacia el exterior. Las partículas de energía negativa que caen hacen que la energía del agujero negro disminuya y vaya perdiendo masa en forma de radiación de Hawking, y al perder masa la fuerza gravitacional del horizonte de sucesos se va haciendo cada vez más débil, hasta que el agujero negro se contrae o incluso desaparece. El principio holográfico dictamina que las partículas entrelazadas de fuera y de dentro de un agujero negro son análogas respecto a la información que contienen, aunque la codifican de manera diferente: las partículas de fuera almacenan toda la información en el exterior del agujero, la superficie bidimensional del horizonte de sucesos, y las de dentro en el interior, la estructura física tridimensional. La interacción entre partículas de adentro y afuera hace que estén conectadas como una sola partícula gracias al fenómeno no local de entrelazamiento cuántico, permitiendo que exista una relación de autosemejanza (fractalidad) entre el interior y el exterior del agujero negro. La gravedad, fenómeno que surge de las propiedades fundamentales del tejido del espacio-tiempo, sería una fuerza que emergería de esta interrelación. Ello parece suponer que la fuerza gravitatoria es el resultado del entrelazamiento que existe en un espacio de dos dimensiones que solo se percibe parcialmente en la proyección tridimensional. De ahí que los objetos cuánticos que aparecen como ondas en el espacio bidimensional se observan como partículas en el espacio tridimensional. Esta conexión holográfica es la que debería resolver para muchos científicos la paradoja de la información.

El entrelazamiento cuántico fue predicho originalmente por Einstein, Podolsky y Rosen para describir las conexiones instantáneas que se producían entre partículas subatómicas muy distantes, por eso los científicos también suelen referirse a él como experimento Einstein-Podolsky-Rosen (EPR). Asimismo, las posibles soluciones de las ecuaciones de la relatividad aplicadas a los agujeros negros sugeridas por el físico austriaco Ludwig Flamm (como se citó en Swarup, 2008), predecían la existencia de los agujeros de gusano o puentes de Einstein-Rosen (ER), un hipotético embudo que conecta dos agujeros negros situados en diferentes regiones espaciotemporales del mismo universo o de otros distintos, lo que permitiría, en teoría, viajes en el espacio y en el tiempo. Recientemente, existen trabajos en física, como los realizados por Maldacena y Susskind (2013), que demuestran que el conjunto de los microestados que forman dos agujeros negros unidos mediante un agujero de gusano está entrelazado cuánticamente. En este caso, el entrelazamiento cuántico produciría una conexión in-

terior entre los horizontes de ambos agujeros negros. Esto quiere decir que el puente de Einstein-Rosen implica una correspondencia analógica con el experimento Einstein-Podolsky-Rosen, que se simboliza en la expresión $ER=EPR$. Ello confirma que hay una relación entre el macrocosmos y el microcosmos.

La analogía $ER=EPR$ tiene el potencial de unificar la relatividad general con la física cuántica, puesto que es una descripción dual que permite extrapolar, o analogar, las conexiones cuánticas a distancia de las partículas a la geometría espaciotemporal del cosmos. Fue planteada por Maldacena y Susskind como una forma de resolver la paradoja de la pérdida de información en los agujeros negros. Un agujero de gusano que conecta dos agujeros negros y un par de partículas entrelazadas, explica el físico Juan Maldacena, son sinónimos, porque un agujero de gusano (descrito en el lenguaje de la gravedad) parece ser consecuencia de la propiedad del entrelazamiento (descrito en el lenguaje de la física cuántica). Sus diferencias radican solo en una diferencia de escala, lo que revela un patrón de autosimilitud propio de los fractales. Según él, si el entrelazamiento cuántico es una conexión geométrica entre dos partículas distantes, los agujeros de gusano deberían ser definidos geoméricamente y no topológicamente. En otras palabras, un agujero de gusano sería información cuántica entrelazada, no una estructura espacial.

Siguiendo los planteamientos de Maldacena, el físico teórico Kristan Jensen (como se citó en Stricherz, 2013), de la Universidad de Stony Brook en Nueva York, también considera que el entrelazamiento cuántico se manifiesta en nuestro universo en la forma de agujero de gusano. Si esta relación es correcta, significaría que las partículas que forman la radiación de Hawking están entrelazadas con el centro del agujero negro a través de agujeros de gusano en forma de pulpo. Esto quiere decir que el exterior y el interior del agujero no son sistemas opuestos, sino dos formas complementarias de describir el mismo fenómeno, ya que uno es como un reflejo simétrico, pero invertido, del otro (Figura 46). Este descubrimiento rescataría, según John Preskill (como se citó en Carletti, 2017), del Instituto Tecnológico de California, la llamada complementariedad del agujero negro, que se describe como un proceso análogo a la forma en que entendemos la complementariedad onda/partícula, en cuyo núcleo se encuentra el entrelazamiento. De hecho, según un nuevo estudio, los agujeros negros tienen propiedades cuánticas, es decir, pueden ser al mismo tiempo grandes y pequeños, pesados y ligeros, como el gato de Schrödinger (Foo et al., 2022). Esa analogía plantea la hipótesis de que todo el universo podría estar altamente entrelazado y en comunicación instantánea consigo mismo mediante una red holográfica de agujeros de gusano, al igual que dos partículas se consideran entrelazadas a nivel cuántico, sin importar que estén muy distanciadas. Según

Hooft, la quinta dimensión se hallaría en esta red espaciotemporal entrelazada, un dominio no local que estaría conectado a un horizonte de sucesos holográfico.

De acuerdo con Maldacena, la información codificada en un sistema de dos dimensiones es análoga a la información de un sistema de tres dimensiones. Los científicos creen que la información de nuestro mundo podría estar codificada en un horizonte cósmico de dos dimensiones, que sería en realidad el horizonte de sucesos alrededor de una estrella que colapsó en un universo con mayores dimensiones. La estrella colapsada, al convertirse en un agujero negro, expulsó la materia-energía al otro lado de la singularidad, hasta dar lugar a nuestro universo tridimensional, de donde surgiría la gravedad como fenómeno emergente. El universo partió de una singularidad espaciotemporal, la cual desencadenó la expansión del cosmos hace casi 14.000 millones de años debido al Big Bang. La materia-energía de dicha singularidad se desplegó en una serie de órdenes espaciotemporales en torno a la información cuántica del horizonte de sucesos de ese agujero negro, a la manera de una proyección holográfica de otro universo. Esta proyección se produjo en las primeras fases del despliegue de nuestro universo gracias al fenómeno no local de entrelazamiento o coherencia cuántica (la inflación cósmica). Conforme el universo se fue desplegando, fueron definiéndose también las dimensiones del espacio y del tiempo. A causa de ello, ciertas partículas se excluyeron unas de otras por el proceso de decoherencia de sus ondas de probabilidad al interactuar con el entorno, derivando en la fragmentación jerárquica de tipo fractal que observamos hoy en el universo, que corresponde a sus propiedades emergentes. El origen del universo es, por tanto, el resultado de un proceso holográfico de infinitas posibilidades superpuestas que se colapsaron en la manifestación definida de nuestro universo dentro del espacio y el tiempo. Algunos físicos creen que, posiblemente, ese estado de superposición colapsó al interactuar con otros campos gravitatorios fuera del universo visible.

Debido al entrelazamiento cuántico, la información del universo debe estar almacenada en la frontera del agujero negro en forma de bits cuánticos o cúbits, como en un ordenador que usa unidades de información. El horizonte de sucesos se concibe como una superficie externa de dos dimensiones formada por pequeños paquetes de información cuántica o unidades fundamentales de Planck, al estilo de los píxeles de una pantalla de ordenador. Esa superficie no solo generaría los fragmentos de energía y materia que contienen nuestro universo, sino también la estructura misma del espacio y del tiempo, la cual sería una propiedad emergente (en la terminología de la teoría de la complejidad) surgida de la dinámica de una secuencia de bits de información almacenados en la escala de Planck. Incluso generaría, en opinión de Roger Penrose, un conocido físico británico y experto en matemáticas de la Universi-

dad de Oxford, pequeñas unidades de conciencia o protoconciencia, de donde surgirían los valores platónicos de bondad, verdad y belleza, lo que lleva a suponer que los valores universales que aparecen en nuestras mentes son reflejos de un orden cósmico. Estos bits cuánticos conectarían la información pese a la distancia, de tal forma que la información del sistema bidimensional (la frontera) coincide completamente con la del sistema tridimensional (el bulto), es decir, se establece una perfecta correspondencia o analogía entre la superficie externa del agujero negro y su contenido interno. Este estado perfecto de simetría tiene su origen en los patrones autosemejantes que encontramos en el campo gravitacional de un agujero negro. Dichos patrones tienen atributos fractales, ya que son capaces de repetirse a sí mismos y acoplarse hasta llegar a escalas mayores. El profesor del Instituto de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias, Marco Olivares, trabajó en una investigación que dio cuenta de la presencia de la razón áurea en los campos gravitacionales de los agujeros negros (Olivares, Cruz & Villanueva, 2017). Ello ofrece la posibilidad futura de estudiar la gravitación con los patrones fractales de la naturaleza.

Las investigaciones simuladas por ordenador muestran que el horizonte de sucesos de un agujero negro se comporta como un fluido turbulento que puede formar patrones fractales en su superficie (Adams, Chesler & Lui, 2014). Ello demuestra que la gravedad y la geometría fractal están íntimamente ligadas. Las relaciones establecidas por estas simulaciones llevó a la cosmóloga fractal y científica informática Gardi (2013) a establecer una analogía entre los agujeros negros y el conjunto de Mandelbrot, dentro de un marco que denominó IFS (sistema de funciones iteradas). Para Gardi, los agujeros negros son estructuras fractales con propiedades de autosemejanza que pueden aparecer en muchas escalas, desde la escala cósmica a la escala cuántica. Esas estructuras escalables son producto de un sistema de retroalimentación recursiva, en donde las funciones de onda del sistema se van sumando a nuevas funciones de onda de orden superior, hasta generar propiedades emergentes con características fractales en todas las escalas. Las iteraciones producidas son análogas a los ciclos, y durante sus procesos emergerían también el tiempo, las leyes de la física, incluidas la fuerza nuclear fuerte, la fuerza débil, el electromagnetismo y la gravedad, y toda la materia. Como los agujeros negros aparecen en muchas escalas, nada impide pensar a Gardi que un átomo se comporte como un agujero negro minúsculo. En el marco IFS, el núcleo del átomo se correspondería con la región del espacio denominada agujero negro, en cuyo centro hay una singularidad similar al colapso gravitacional del agujero negro. La capa de electrones son los distintos niveles de energía que se corresponderían con la región que existe justo fuera del agujero negro, que se denomina esfera de fotones, que Gardi relaciona con la región de un agujero-

ro blanco. Y la región que separa el núcleo de la capa de electrones del átomo se correspondería con el horizonte de sucesos, que sería el límite que separa la región del agujero negro de la región del agujero blanco, las fuerzas opuestas de contracción y de expansión. Aquí se generaría una curva fractal infinitamente compleja, cuyo patrón estaría asociado a una estructura geométrica parecida al conjunto de Mandelbrot. En él, se encontrarían todos los niveles autosimilares de agujeros negros y blancos que se repiten a lo largo de muchas escalas. En este modelo, la región del agujero negro está asociada a la fuerza fuerte del núcleo atómico, la región del agujero blanco con el electromagnetismo de la capa de electrones, y la región que separa el agujero negro del agujero blanco se asocia con la fuerza débil del átomo. Y como las fuerzas fundamentales que emergen del sistema iterativo de funciones de ondas también son escalables, Gardi cree que la fuerza fuerte del átomo se relaciona con la materia oscura a escala cósmica, el electromagnetismo con la energía oscura, y la fuerza débil con la gravedad, ya que la fuerza débil es responsable de la unión de los núcleos (fusión) y de su desgarramiento (fisión), al igual que la fuerte gravedad puede unir las cosas y destrozarlas. Por tanto, en el marco IFS, la gravedad sería una propiedad emergente de los agujeros negros, y no al revés.

Otra línea de investigación que combina la geometría fractal y los agujeros negros es la teoría del conjunto invariante de Palmer (2009). Cuando una estrella colapsa bajo su propia gravedad, se forma una singularidad que absorbe hacia su interior la gran mayoría de los átomos, dando como resultado una pérdida de información. Por consiguiente, el número de estados necesarios para describir al sistema disminuye, hasta que llega un punto en el que no se pueden perder más estados. En términos matemáticos, ese subconjunto más pequeño de estados es conocido como "conjunto invariante", que es en sí mismo un fractal que exhibe comportamientos tanto impredecibles como deterministas. Con esta idea en mente, Palmer sugiere que el universo es un sistema caótico que evoluciona sobre un conjunto invariante fractal. De todos los estados de probabilidad del universo, algunos pertenecen al subconjunto más pequeño de estados, pero otros no. Los distintos estados posibles que entran dentro del subconjunto, configuran estructuras fractales que se corresponden con los estados de la realidad física. Sin embargo, todos los demás estados que caen fuera son considerados "irreales", pues no pueden existir físicamente. Esos estados de irrealidad se corresponderían con aquellos estados del universo donde las medidas son contrarias a los hechos. En opinión de Palmer, el postulado propuesto podría ayudar a resolver con facilidad las contradicciones que se produjeron en la física cuántica a raíz de los debates de Bohr-Einstein: la superposición, la no localidad, la dualidad onda/partícula, el problema de la medida, la emergencia del mundo

clásico, etc. Con ello, sería posible reunir las dos interpretaciones opuestas de la física cuántica: la que respalda la idea de Einstein de que la física cuántica esconde unos parámetros desconocidos o variables ocultas de naturaleza determinista que implican certidumbre (la estructura fractal del conjunto invariante); y la interpretación de la Escuela de Copenhague, que afirma que un sistema no existe hasta que el observador realiza una medición, un proceso en donde está implicada la incertidumbre y que descarta la idea de unas variables ocultas. Palmer sugiere además que la geometría fractal de los estados físicamente reales es una manifestación de la gravedad, una idea que concuerda con la visión einsteniana de la fuerza gravitatoria como manifestación de la geometría espaciotemporal. Y bajo esta perspectiva aborda el enigma de la gravedad en la física cuántica, postulando que una teoría de gravedad cuántica exacta debería tener presente la relación de la mecánica cuántica con la geometría fractal. Dentro de este marco de referencia, Hartnoll, Horowitz, Kruthoff y Santos (2020), del Instituto de Física Teórica de la Universidad de Stanford, Cambridge y California, creen que los agujeros negros teóricos, es decir, cargados eléctricamente y rodeados por un espacio anti-De Sitter, también llamados superconductores, podrían esconder en su interior un mini universo fractal en expansión que se va repitiendo infinitamente, desde grandes a pequeñas escalas, hasta terminar en una singularidad. Así, si nos adentráramos en uno de esos agujeros hipotético, lo que encontraríamos sería un agujero de gusano que nos traslada a un universo fractal tras atravesar un agujero blanco. Ese universo se repetiría y se haría cada vez más pequeño conforme vamos descendiendo hacia la singularidad.

Cada vez que dos sistemas cuánticos cualquiera están entrelazados, están conectados por un pequeño agujero de gusano, un vórtice de energía generado por la onda de torsión que crea el espín o movimiento de rotación de las partículas (Akimov & Shipov, 1997). Los entrelazamientos de los agujeros de gusano son una forma de imaginar las fluctuaciones del vacío en la textura espumosa del espacio-tiempo. En ese nivel, la información de las partículas está entrelazada por un agujero de gusano extremadamente pequeño (Figura 47). A través de microagujeros de gusano, dos partículas se comunican instantáneamente, es decir, a velocidades superiores a las de la luz, lo que equivale a traspasar el límite de la barrera espaciotemporal. Este factor permite generar un salto cuántico con un efecto de entrelazamiento, capaz de favorecer la creación de vínculos sincrónicos altamente coherentes entre una dimensión y otra, motivo por el que se dan múltiples interacciones organizacionales. Gracias a los fenómenos sincrónicos de la resonancia cuántica de fase (entrelazamiento o coherencia), la información se va amplificando o superponiendo a lo largo del despliegue de los niveles energéticos del sistema, desde las partes al conjunto completo. Esa amplificación o superpo-

sición se produce a través de los bucles de retroalimentación positiva del vacío cuántico, que forman redes de relaciones capaces de transmitir y almacenar la información por medio de sus vórtices, creando una coherencia creciente cuando interfieren entre sí, hasta abarcar un todo mayor, como ocurre con los hologramas (Laszlo, 2004). Estos bucles de información holográfica son necesarios para construir estructuras autosemejantes que se repiten en todas las escalas. Como cada bucle de retroalimentación es un modelo recursivo, muchos bucles forman un fractal cuyas partes se sincronizan a través del campo holográfico. Precisamente, la autosemejanza de los fractales está en relación con el entrelazamiento que exhiben las partículas subatómicas. Vistas así las cosas, la distribución fractal del universo puede interpretarse como el desplegamiento de los efectos cuánticos del fenómeno de entrelazamiento presente en la estructura geodésica de un agujero negro. Ello sugiere que las estructuras fractales forman parte del campo de información que lo rodea. Las retroalimentaciones entre sus niveles permiten integrar las partes contrapuestas dentro de una unidad mayor, dando paso a propiedades emergentes cada vez más complejas que evolucionan de manera auto-organizada. Y el hecho de que los sistemas complejos se vean afectados por el caos y el orden es una muestra de la fractalidad del agujero negro que les dio origen.

3. Hacia una Teoría Unificadora

En Física, el universo entero está sometido al equilibrio de las cuatro fuerzas fundamentales del cosmos: dos de corto alcance, que actúan en una escala microscópica, la fuerza nuclear fuerte y débil, y que por tanto resultan difíciles de detectar; y dos de largo alcance, que se vuelven detectables a nivel macroscópico, el electromagnetismo y la gravedad. Estas fuerzas de corto y largo alcance guardan además una relación de fractalidad, ya que mantienen correspondencias de similitud (Gardi, 2013). Las fuerzas nucleares fuertes y débiles rigen las interacciones de las partículas subatómicas. La fuerza nuclear fuerte no solo mantiene unidos a los quarks para formar hadrones (protones y neutrones), sino también liga a protones y neutrones para formar núcleos atómicos, de manera que contrarresta la fuerza de repulsión entre los protones positivos en el núcleo. La fuerza débil está asociada, en gran parte, a la desintegración nuclear de protones y neutrones, que son responsables, entre otras cosas, del fenómeno de radioactividad beta. Gracias a esta fuerza un protón se puede transformar en un neutrón y viceversa, lo que hace surgir nuevas partículas, como los electrones y los neutrinos. Conocidas como partículas fantasma, los neutrinos son partículas sin carga eléctrica producidas naturalmente por la fusión de hidrógeno a helio en el interior de las estrellas, por las explosiones de supernovas o por los agujeros negros, y podrían haber influido en la forma de la

estructura del universo a gran escala (Yoshikawa et al., 2020). La fuerza electromagnética, con su acción de atracción y repulsión, permite que los electrones giren en torno a los protones y neutrones, al igual que une a los átomos para formar moléculas. Por último, la fuerza gravitacional es la responsable de que los cuerpos caigan hacia el suelo, que los planetas orbiten alrededor de las estrellas o que estas se atraigan para formar estructuras galácticas, aunque de igual forma podríamos distinguir una acción contraria de repulsión si tenemos en consideración la gravedad repulsiva. La estructura jerárquica de la complejidad debe su organización a estas cuatro fuerzas fundamentales.

Recientemente, se ha publicado un estudio que indica la existencia de una quinta fuerza aún desconocida. La fuerza de la materia oscura es una atracción gravitatoria que mantiene las galaxias y estrellas unidas. Parece ser que esta fuerza está asociada a un tipo de partícula llamada “fotón oscuro” (Bolton et al., 2022), una partícula bosónica con masa que se cree proviene del bosón de Higgs (el bosón de Higgs pudiera desintegrarse en un fotón oscuro y en un fotón normal), y que en algunos casos interactuaría con el fotón normal para cambiar su estado de energía a un estado carente de luz. Los fotones oscuros serían los mediadores de esta quinta fuerza, cuya existencia haría posible la interacción entre la materia oscura y la materia ordinaria (Banerjee et al., 2019; Krasznahorkay et al., 2019). Se sabe con seguridad que la materia oscura y la ordinaria interactúan a través de dos tipos de fuerza: la fuerza de la gravedad y la fuerza nuclear débil. Pero es posible incluso que este tipo de fuerza aún desconocida funcione como un puente de unión que enlace la energía y la materia oscura con la materia ordinaria, la parte invisible y visible de nuestro universo (ver Anexo A, Diagrama 2).

La física cuántica proporciona la mejor descripción de las fuerzas nucleares débil y fuerte, que operan dentro del núcleo atómico, y la fuerza electromagnética, que mantiene unida la estructura de la materia microscópica. Pero la relatividad general solo es válida para describir la fuerza gravitacional, que permite que la materia macroscópica se una y gire alrededor de los planetas y las estrellas. Las cuatro fuerzas fundamentales son interacciones transmitidas por las partículas, pero no se transmiten de forma directa, sino a través del intercambio de bosones, unas partículas distintas denominadas colectivamente “bosones de gauge”. Todos los bosones están reunidos dentro de una entidad intermediaria llamada campo unificado, que crea coherencia entre los distintos campos y enlaza sus propiedades entre sí (Laszlo, 2009). Mediante el campo unificado, las cuatro fuerzas fundamentales, como así también sus partículas asociadas, son diferentes manifestaciones de un único campo primordial. Se supone que el bosón de Higgs, mediante un campo de energía que permea el espacio-tiempo a nivel subatómico (llamado campo de Higgs), establece un puente entre el mundo

cuántico y clásico al dotar de menos o más masa a las partículas subatómicas que interactúan con él en menor o mayor medida. Dado que puede otorgar diferentes masas a las partículas subatómicas, se piensa que el bosón de Higgs es primordial a la hora de comprender la asimetría materia-antimateria y el origen de la materia oscura (Servant & Tulin, 2013).

Según las investigaciones de un equipo de físicos de la Universidad de California en Los Ángeles liderado por Kusenko, Pearce y Yang (2015), el estado de energía del campo de Higgs era mayor tras el origen del universo (el denominado estado de falso vacío). En los primeros momentos de la expansión, reinaban unas condiciones de altas energías dominadas por la simetría. Pero conforme el universo se expandía y se enfriaba, su estado de energía fue disminuyendo (estado de verdadero vacío), y en el transcurso de esa transición se fueron produciendo rupturas espontáneas de simetría debido a la influencia del campo de Higgs, de cuya existencia depende la gravedad. Ello propició el predominio de las partículas sobre las antipartículas en ciertas regiones. Desde la perspectiva de la complejidad, las continuas rupturas de simetría originaron los primeros componentes básicos de la materia y, por ende, la naturaleza fraccionaria del universo manifiesto, haciendo de él un orden jerárquico de niveles fractales (ver Anexo A, Diagrama 3). El físico argentino Maldacena (2015) ilustra estos conceptos de simetría y ruptura de simetría con una analogía basada en el cuento de la Bella y la Bestia. La Bella representa el concepto de simetría, la llamada simetría gauge, como la forma en la que se expresa la simplicidad de las fuerzas de la naturaleza; y la Bestia representa el campo de Higgs, que hace que todo sea más complicado. Pero, según él, necesitamos de ambos para entender la naturaleza, porque somos los hijos de este matrimonio.

Los niveles o escalas de organización del universo fractal corresponden al nivel del macrocosmos, que es relativista, y al nivel del microcosmos, que es cuántico, donde los fenómenos y cosas se mueven cercanos a la velocidad de la luz. Ambos niveles están inmersos en nuestro mundo cotidiano, que se ajusta perfectamente a las leyes de la física clásica de Newton, dentro de las cuales los movimientos son relativamente lentos comparados con la velocidad de la luz, y que comprende cualquier teoría que no sea probabilística, incluida la relatividad general. Aunque la física actual trata de unificar los niveles del macrocosmos y del microcosmos, las contradicciones teóricas entre la gravedad y el electromagnetismo hacen difícil llegar a una teoría de campos unificada por parte de los físicos. La razón de estas incongruencias radica en que la teoría de la relatividad general se centra en la fuerza de la gravedad y en fenómenos a gran escala, como la dinámica de los planetas y las galaxias, mientras que la teoría cuántica de campos describe solo las tres fuerzas (fuerza nuclear débil, fuerte y electromagnetismo) que gobiernan el universo a pequeña escala, pues contempla el movimiento y

la transformación de energía y materia a nivel atómico y subatómico. La primera supone que el espacio y el tiempo son continuos, y la segunda que son discontinuos, pues la emisión de energía disponible para una partícula implica valores discretos. Una dice que el comportamiento de los objetos se puede predecir con exactitud, mientras que la otra afirma que no se puede saber con exactitud, solo con probabilidades. Pero a pesar de sus diferencias irreconciliables, los físicos pueden elegir sin problemas entre una u otra a la hora de describir la realidad. No obstante sus diferencias, a veces ambos niveles aparecen juntos, como es en el caso de los agujeros negros y el Big Crunch, donde la gravedad extrema actúa a las escalas cuánticas de la singularidad, o en el Big Bang. Como cerca de dicha singularidad se unen lo micro-macro, el estudio de los agujeros negros se muestra crucial a la hora de descubrir cómo se pueden conciliar las descripciones de la física cuántica y la relatividad en una Teoría del Todo, uno de los principales desafíos de la física contemporánea.

Conforme ha avanzado la ciencia, los físicos han ido unificando fenómenos aparentemente opuestos en un todo lógico y coherente de leyes, sobre todo guiándose por principios de belleza, simetría y armonía. Por ejemplo, con el científico inglés Isaac Newton se logró la primera unificación de las contradicciones existentes entre los fenómenos de la mecánica terrestre y la celeste bajo un solo conjunto de leyes físicas. Otro ejemplo sería la forma en que James Clerk Maxwell unificó en una sola fuerza, la fuerza electromagnética, la electricidad y el magnetismo. La fuerza electromagnética y la nuclear débil fueron igualmente unificadas como fuerza electrodébil gracias a los trabajos de Glashow, Weinberg y Salam, y puede que la fuerza electrodébil y la fuerza nuclear fuerte pertenezcan a la misma unificación. Así ocurrió también con Einstein cuando intentó unificar la gravedad y el electromagnetismo. Pero, aunque las tres fuerzas de la física cuántica (el electromagnetismo, la fuerza nuclear débil y fuerte) pueden combinarse bajo una Teoría Unificada, estas no se han podido integrar totalmente con la gravedad del macronivel que describe la relatividad general, debido a que los hipotéticos bosones que la forman, los gravitones, se resisten a expresarse en el nivel microscópico, lo que quiere decir que no se han podido cuantificar a nivel cuántico. Esta dificultad en encontrar una teoría que pueda unificar la física cuántica con la gravedad llevó al físico y matemático británico Freeman Dyson (como se citó en Sampedro, 2019) a manifestar que tal vez no exista una Teoría Unificada, sino que ambas teorías sean incompatibles pero igualmente válidas, como en el caso del principio de complementariedad de Bohr. En cierto sentido, la física cuántica y la relatividad general se complementan y se oponen mutuamente, creando una dualidad que se explica mediante la teoría de la gravedad cuántica.

A finales de los años 60 del siglo XX, muchos físicos comenzaron a desarrollar una serie de modelos teóricos que permitieran unir en una sola teoría la naturaleza discreta de la física cuántica con la naturaleza continua de la relatividad general. Uno de ellos es la teoría de la gravedad cuántica, un programa de investigación muy activo en la física actual que pretende explicar el enfoque de la gravedad clásica usando los presupuestos cuánticos de la física, esto es, intenta cuantizar la fuerza gravitacional suponiendo que existen partículas bosónicas llamadas gravitones, del mismo modo que la fuerza electromagnética se cuantiza en fotones. Dentro de la teoría de gravedad cuántica, entran en juego varias teorías alternativas, entre las cuales destacan dos que parecen funcionar bastante bien, pero que aún no han podido ser confirmadas experimentalmente en laboratorios y siguen siendo objeto de estudio: la teoría de cuerdas y la gravedad cuántica de bucles. Ambos enfoques se muestran contrarios, ya que la teoría de cuerdas se preocupa más por las interacciones de los objetos dentro del espacio-tiempo, mientras que la gravedad cuántica de bucles por las propiedades cuantizadas o discretas del espacio-tiempo. Las dos teorías parecen funcionar razonablemente bien, pero no se han llegado a integrar. No obstante, algunos físicos, como Jorge Pullin (como se citó en Hossenfelder, 2018), físico de la Universidad Estatal de Louisiana, piensan que ambas pueden llegar a complementarse con el tiempo, pues parecen ser dos aspectos de una misma teoría. Por ahora, no se han podido unificar, aunque existen indicios que podrían hacerlo con el tiempo, sobre todo después de que Juan Maldacena fuera capaz de combinar una teoría gravitacional con una teoría cuántica de campos en la frontera límite del espacio-tiempo, que se describe como una esfera imaginaria que rodea a nuestro universo. Precisamente, para entender la relación entre la física cuántica y la relatividad general, es fundamental hacer corresponder dos fenómenos no locales que pertenecen al mismo fenómeno, pero que se producen a diferentes escalas: el entrelazamiento cuántico y los agujeros de gusano.

3.1. Teoría de Cuerdas

El intento más serio para unificar la física cuántica con la relatividad general es la teoría de cuerdas, que fue desarrollada en los años 70 del siglo XX por Gabriele Veneziano. La teoría de cuerdas es una teoría de la gravedad cuántica que predice que las partículas materiales del universo, en apariencia puntuales, son en realidad una expresión de diminutas cuerdas de energía que vibran en resonancia a frecuencias específicas, como las cuerdas de un instrumento musical, una idea que nos recuerda a la filosofía pitagórica en relación con las cuerdas musicales y la música de las esferas. Estas cuerdas vibrantes están al nivel de la escala de Planck, es decir, a un nivel más bajo del quark y el electrón. Las cuerdas pueden adoptar bá-

sicamente dos clases de configuraciones: las cuerdas abiertas o las cuerdas cerradas, en forma de bucle. Las cuerdas abiertas tienen enlazados sus dos extremos al tejido espaciotemporal, por consiguiente, no pueden escapar de nuestro universo. Sin embargo, las cuerdas cerradas pueden salir del tejido de este universo y transitar por otros universos paralelos. Todas ellas pueden separarse o unirse, dando lugar a las diferentes frecuencias vibratorias que definen la naturaleza de los tipos de partículas y campos que armonizan la realidad. Además, la teoría de cuerdas interpreta que las partículas y los campos serían los dos aspectos de un mismo fenómeno. Las partículas son los extremos de las cuerdas y los campos la cuerda que une esos extremos. En cuanto a las partículas, las ligeras serían cuerdas que vibran a un ritmo desacelerado y las pesadas vibrarían muy deprisa.

Una de las características más interesantes de la teoría de cuerdas es que predice que las cuerdas de energía ocupan las cuatro dimensiones espaciotemporales (alto, ancho, profundidad y tiempo), aquellas que podemos ver mediante nuestros sentidos, pero no están confinadas solo a estas cuatro, sino que también se extienden por otras dimensiones adicionales que podrían estar enrolladas sobre sí mismas a muy pequeña escala (del orden a la escala de Planck) en el sentido de Kaluza-Klein, o podrían estar en una escala mayor, por eso no las podemos percibir. Los físicos describen esas dimensiones extras como dimensiones fractales en donde interactuarían las distintas cuerdas (Smolyaninov, 2002). Como dentro de ellas el espacio-tiempo deja de ser lineal y se convierte en una estructura no lineal que se repite a sí misma, ello explicaría la existencia de universos paralelos, los cuales conformarían un todo llamado “multiverso”. Pero de todas las predicciones de la teoría de cuerdas la más sorprendente es aquella que dice que nuestro universo es como un holograma, en donde la realidad tridimensional es equivalente a la información codificada en una realidad bidimensional situada en la superficie que lo rodea. Esto sugiere que la realidad que percibimos es solo una proyección de esa información.

Asimismo, la teoría de cuerdas predice la presencia de supersimetría, un duplicado simétrico de partículas y campos que se produce, hipotéticamente, a lo largo de toda la jerarquía de niveles fractales del universo, pudiendo existir en las dimensiones que no podemos detectar. La supersimetría aspira a conectar dos tipos de partículas opuestas elementales: los fermiones (las partículas), que tienen momento angular o espín fraccionario, y los bosones (los campos), con espín entero, de forma que por cada fermión debe existir un bosón y viceversa. Igualmente, establece que los fermiones y los bosones tienen asociados un compañero supersimétrico con propiedades similares pero diferentes, de manera que un fermión puede transformarse en un bosón y a la inversa. Por ejemplo, un electrón, que es un fermión, debería

tener asociado un compañero supersimétrico, al que se conoce como selectrón, que es un bosón; y el compañero supersimétrico de un fotón (un bosón), sería un fotino (un fermión). De la misma forma, el gravitón tendría un compañero supersimétrico llamado gravitino, que, según la teoría de la supergravedad, una teoría que combina la relatividad general y la supersimetría, podría ser otro de los candidatos para la misteriosa materia oscura, un tipo de materia invisible que juega un papel importante en la distribución desigual de las nubes de gas que llevaron a la formación y evolución de estructuras en el universo, tales como estrellas, galaxias y cúmulos de galaxias (Figura 48).

Para la teoría de cuerdas, la gravedad es un tipo de partícula bosónica hipotética (el gravitón), provocada por una especial vibración de las cuerdas. Tanto los fermiones como los bosones de gauge estarían formados por cuerdas abiertas, pero los gravitones serían cuerdas cerradas, es decir, bucles que interactúan con las abiertas. Dos o más cuerdas abiertas pueden unirse espontáneamente por sus extremos para formar una cuerda cerrada, y esta puede dividirse en dos o más cuerdas abiertas. Las cuerdas cerradas son capaces de formar gravitones, que son las partículas que producen los campos gravitatorios, tanto a escala microscópica como macroscópica. Estas uniones de los extremos de las cuerdas permiten que los fotones puedan transformarse en gravitones y a la inversa, lo que haría posible que la gravedad se unificara con las demás fuerzas, una situación especial que podría darse en las colisiones de los agujeros negros, como subrayan las investigaciones de Sawyer (2020). En cuanto a la materia oscura, la teoría de cuerdas la relaciona con la naturaleza del gravitón, aunque, según afirma el físico teórico Kaku (Stewart-Czerkas & Brooks, 2021), esta estaría formada por cuerdas que vibran a mayores frecuencias, concretamente una octava más alta si se tiene en cuenta las matemáticas de la música de Pitágoras.

3.2. Teoría de la Gravedad Cuántica de Bucles

En 1986, el físico indio Abhay Ashtekar formuló una nueva alternativa para unificar la física cuántica con la relatividad general: la gravedad cuántica de bucles, también denominada gravedad cuántica de recurrencias. En la teoría de la relatividad general de Einstein, el espacio y el tiempo están íntimamente entrelazados en un continuo espaciotemporal. Esto significa que no existen discontinuidades, y la interacción constante entre la materia y la energía forma una curvatura en la geometría espacio-tiempo. Cuando hablamos de la fuerza de la gravedad nos referimos a esta curvatura. Debido a que el tejido espaciotemporal puede curvarse infinitamente, la relatividad general de Einstein también predice la presencia de singularidades. Sin embargo, la gravedad cuántica de bucles no interpreta el espacio y el tiempo

como un continuo a pequeña escala, sino como constituido por una especie de átomos discontinuos, los bucles que dan nombre a la teoría, que cuando se amplifican a grandes escalas parecen continuos. Según establece la teoría, los bucles de espacio-tiempo están cuantizados en volúmenes de píxeles (polígonos a escala de Planck), con una capacidad finita de almacenar materia y energía en un espacio muy reducido. Dicha unidad mínima de almacenaje no se puede curvar más allá de su límite, con lo que se permite evitar las singularidades espaciotemporales, por ejemplo, dentro de los agujeros negros o en el Big Bang.

El conjunto de todos los átomos espaciotemporales forma una red de bucles, denominada “red de espín”, una estructura que evoluciona con el tiempo en una especie de espuma cuántica. La red de espín está configurada por líneas de entrada y salida que concurren en diferentes nodos, lo que permite que todo esté entrelazado entre sí. La materia residiría precisamente en los nodos de esa red de espín, cuyas conexiones definirían el propio tejido espaciotemporal del universo. La atracción gravitacional se explicaría por la curvatura de estas pequeñas conexiones. No obstante, la gravedad cuántica de bucles sugiere que cuando las cantidades de energía almacenadas rebasan el límite de la curvatura del espacio-tiempo, la gravedad pasa de ser atractiva a repulsiva. Este hecho repulsivo entraña la posibilidad de un Big Bounce (Gran Rebote), como parte de un gran ciclo cósmico donde un viejo universo da lugar a uno nuevo. En este sentido, nuestro universo sería el resultado de la autosimilitud de otro universo, que a su vez sería el resultado de otro anterior, y así sucesivamente, como en un fractal.

4. Modelos Cosmológicos

El surgimiento de la teoría de la relatividad y los esfuerzos por lograr una teoría que unifique todas las fuerzas conocidas del universo han permitido a los astrofísicos construir multitud de modelos cosmológicos que intentan explicar el origen, la evolución y el destino del universo. Estos modelos cosmológicos aún están abiertos a especulaciones, ya que dependen de nuevos descubrimientos científicos que puedan validar sus propuestas por completo o refutarlas, debido a lo cual se encuentran en el límite entre la física y la metafísica. Por lo general, todos ellos manejan conceptos antagónicos que tienen que ver con la finitud o infinitud del universo. En el modelo de Big Bang el universo es finito, por el simple hecho de que tiene un comienzo y un final, mientras que en el modelo cíclico es infinito, ya que el universo se repite a través de ciclos de expansión y contracción. A continuación se hace un breve repaso por algunos de estos modelos cosmológicos. Este repaso, lógicamente, es selectivo y no toca todos los aspectos de la cosmología.

4.1. *Cosmología Estándar*

El modelo de cosmología estándar (es decir, aceptada por la comunidad científica) se funda en la teoría de la relatividad de Albert Einstein, que parece basarse en la interacción del observador con el tejido espaciotemporal. Con la teoría de la relatividad especial, que fue presentada en 1905, Einstein revolucionó la física newtoniana al sustituir la idea del espacio y del tiempo como entidades separadas, así como también absolutas, por un modelo matemático que unifica el espacio-tiempo en un continuo relativo que impregna todo el universo. Dentro de ese modelo, las dimensiones espaciotemporales se vuelven relativas a los observadores cuando la velocidad es cercana a la de la luz, de modo que el movimiento a través del espacio influye forzosamente en el tiempo (a velocidades cercanas a la luz, el espacio se contrae y el tiempo se dilata para hacer que la velocidad de la luz se mantenga constante). Como resultado de estas simetrías, Einstein derribó la división clásica entre la materia y la energía al proponer una equivalencia a través de su famosa ecuación $e=mc^2$, de tal forma que en condiciones especiales la materia podía transformarse en energía y la energía en masa, de una manera similar a los aspectos de onda y partícula de los cuantos, como señaló el físico Niels Bohr. De hecho, la materia a nivel subatómico no es más que una forma de energía colapsada, lo que revela que la materia y la energía son manifestaciones distintas de una única sustancia universal. Pero a bien seguro, la aportación más importante de Einstein fue la teoría de la relatividad general (1915), que describe la fuerza de la gravedad como un efecto de la curvatura del espacio-tiempo causada por la presencia de la materia y la energía (Figura 49), y que dicta cómo se mueven los cuerpos masivos. Ello le permitiría predecir, por ejemplo, que la luz se curva en las proximidades de esos cuerpos masivos. Con estas dos teorías de la relatividad, Einstein fue capaz de unificar el espacio y el tiempo, la materia y la energía, la gravedad y la geometría espaciotemporal.

La teoría de la relatividad general también permite construir un modelo cosmológico del universo que tiene en cuenta la teoría del Big Bang y la existencia de la energía oscura. En su modelo de cosmología, Einstein deduce, a través de sus ecuaciones matemáticas de campo, que existen cuerpos muy masivos que pueden deformar el tejido del espacio-tiempo del universo con su comportamiento gravitacional. La solución de Karl Schwarzschild a sus ecuaciones predijeron que ese fenómeno genera una singularidad espaciotemporal que colapsa hacia una densidad infinita. Esa singularidad da origen a los denominados agujeros negros. Dado que la relatividad general es invariante a los cambios de carga, paridad y tiempo (simetría CPT), en las ecuaciones de Einstein existe también una solución simétrica para estos

cuerpos masivos, que son los agujeros blancos, por los cuales la materia absorbida por un agujero negro es expulsada hacia otras regiones de la geometría del espacio-tiempo. Como las observaciones de su época afirmaban que el universo era estático y no dinámico, Einstein decidió modificar sus ecuaciones introduciendo el valor de una constante cosmológica, una misteriosa sustancia con propiedades repulsivas de una intensidad igual a la fuerza atractiva de la gravedad que hacía que se equilibraran sus efectos. Así pudo construir el modelo de un universo estático, sin expansión ni contracción.

En el universo, las fuentes luminosas que se acercan muestran un espectro más azulado (ancho de banda más corto), mientras que las que se alejan un espectro más rojizo (ancho de banda más largo). Cuando el astrónomo norteamericano Edwin Hubble descubrió la expansión uniforme del universo por el desplazamiento al rojo de las galaxias, Einstein tuvo que rechazar la constante cosmológica, llegando a declarar que fue el mayor error de su vida. En cambio, las recientes observaciones sugieren que la presión del vacío puede intervenir de forma positiva o negativa en la gravedad. Cuando la presión es positiva da como resultado la gravedad atractiva que conocemos, pero en otras circunstancias la presión puede ser negativa, dando lugar a una gravedad repulsiva que estaría representada matemáticamente como la constante cosmológica de Einstein. Según Einstein, la energía del vacío tiene una gravedad repulsiva que empuja el espacio vacío, generando así una dinámica que se ajusta bastante bien a la expansión del universo. Esta gravedad repulsiva se correspondería con lo que hoy se llama energía oscura, que se describe como una especie de fuerza antigravitacional creada por un falso vacío de alta energía, diversamente llamado campo de inflación o energía del vacío, un campo cuántico similar al campo de Higgs que deforma el tejido del espacio-tiempo en sentido contrario a la gravedad, y que hace que la expansión del universo se acelere (el espacio De Sitter es una solución exacta de las ecuaciones de Einstein que describe el universo en expansión). Algunos científicos creen que esa especie de antigravedad es la fuerza gravitacional de la masa negativa de la antimateria.

4.2. Cosmología de los Múltiples Universos

El modelo cosmológico de los múltiples universos deriva de la teoría de cuerdas y de la teoría de la inflación cósmica, que sugiere que tras el Big Bang el universo experimentó una fase de expansión extremadamente rápida (Figura 50). La teoría de cuerdas, en el intento de conciliar la física cuántica y la relatividad general en una sola teoría, ha creado diferentes versiones de sí misma, un total de cinco teorías principales. Para resolver esto, todas ellas se han incluido dentro una red más general de teorías denominada teoría M, que es considerada

por muchos físicos la teoría definitiva del todo. Pero la teoría M no ofrece una única solución, sino miles de millones, todas ellas lógicamente consistentes a la hora de describir el funcionamiento de un universo, por lo cual abre la posibilidad de que exista una infinidad de universos paralelos en una estructura llamada “multiverso” (Figura 51). La teoría del multiverso sugiere que esos universos paralelos se habrían creado tras la inflación cósmica, y existirían en las dimensiones adicionales de la teoría M, más allá de nuestra interpretación de las tres dimensiones. Los campos holográficos son, de hecho, parte del multiverso, pudiéndose hablar de un multiverso fractal y holográfico.

La teoría del multiverso es un modelo cosmológico que fue propuesto a finales de los años cincuenta del siglo pasado por el físico estadounidense Hugh Everett (como se citó en Byrne, 2008). Su interpretación de los múltiples universos se convirtió en una alternativa que intentó dar sentido a las peculiaridades del principio de complementariedad de Bohr. De acuerdo con el principio de complementariedad, la naturaleza dual del mundo subatómico solo es comprensible en términos de conceptos complementarios. Este principio supuso una contribución importante a la hora de explicar los extraños sucesos del principio de incertidumbre de Heisenberg. El principio de complementariedad, así como el principio de incertidumbre, es uno de los elementos fundamentales de la interpretación de Copenhague. La física cuántica señala que las propiedades de una partícula, su velocidad y posición, están en un estado probabilístico de superposición hasta que se produce el colapso de la función de onda. La interpretación de Copenhague llegó a la conclusión de que el colapso de la onda de probabilidad en un solo estado resultaba de la medición de la partícula por parte de un sujeto que observaba, lo que apuntaba a una interpretación subjetiva, ya que el colapso dependía únicamente del observador.

La interpretación de Copenhague llevada al extremo supone que una cosa, cualquiera que sea su tamaño, puede estar en una superposición de estados hasta que un observador la mide. Una vez medida, la función de onda cuántica colapsa o se reduce instantáneamente a un estado. Edwin Schrödinger no estaba totalmente convencido de esta interpretación, por lo que concibió un experimento mental para objetar sobre sus consecuencias. En su famoso experimento, un gato está encerrado en una caja hermética con un dispositivo letal que es accionado mediante un átomo radioactivo, el cual está en una superposición de “no desintegrado” y “desintegrado”. La vida o muerte del gato depende del estado de ese átomo radiactivo, pero mientras la caja permanezca cerrada, no se puede saber con certeza si el gato está vivo o muerto (Figura 52). Según la interpretación de Copenhague, hasta que la caja no se abre, el gato permanecerá en un estado de superposición, es decir, estará vivo y muerto al mismo

tiempo. Solo cuando la caja se abre y el experimento es observado, el estado del gato adoptará una posibilidad de todas aquellas que están codificadas en la función de onda, lo cual hace que se pierda para siempre la otra posibilidad.

La interpretación de los múltiples universos es un intento de interpretación objetiva al problema del colapso de la función de onda que se introdujo para aportar una alternativa a la interpretación de Copenhague y a la paradoja del gato de Schrödinger. A juzgar por ella, el estado de superposición del gato no se concreta en un solo estado cuando es observado, sino que se bifurca en dos ramas análogas con resultados opuestos, esto es, se divide en dos universos independientes entre sí, en uno de los cuales el gato vive, y en el otro, muere, por lo que se dan todas las posibilidades cuánticas. Esta idea elimina la aleatoriedad de la teoría cuántica. Hoy en día, la interpretación de los múltiples universos no es necesaria para dar solución a este experimento mental, porque la mayoría de los físicos piensan que las partículas dejan de estar en un estado de superposición a través de un proceso conocido como decoherencia cuántica. El fenómeno de decoherencia implica la ruptura de simetría del entrelazamiento como consecuencia de las interacciones espontáneas entre el sistema cuántico y su entorno, capaces de seleccionar los estados más estables al mundo clásico. La ruptura elimina las ramas que aparecen en la teoría del multiverso. De modo que no observaríamos nunca un gato en una superposición de estados, porque su entorno lo haría colapsar hacia un estado clásico, o vivo o muerto.

Los postulados de Everett exponen que las elecciones influyen en el colapso de la función de onda. En el momento en que se le impone al observador la oportunidad de elegir entre uno de los dos estados surge un punto de bifurcación que se divide en dos universos similares, y así una y otra vez, lo cual desemboca en una estructura autosimilar que se ramifica ilimitadamente. Esa ramificación fractal es el colapso de todos los universos posibles del multiverso. Por tanto, podrían existir infinitas versiones de nuestro universo que tendrían lugar simultáneamente, cada una de ellas caracterizada por un conjunto de leyes y constantes fundamentales. Esta noción permite reinterpretar el problema del ajuste fino sin necesidad de apelar al principio antrópico. En este sentido, Everett piensa que el universo está finamente ajustado por las bifurcaciones que desencadenan las elecciones. En el momento de su nacimiento, nuestro universo se enfrenta a muchas de ellas. En cada una de esas elecciones, se divide en multitud de universos con diferentes leyes y constantes fundamentales, y así sucesivamente, hasta que una pequeña parte de esos universos dan con los valores que se revelan favorables para la evolución de la vida y la conciencia.

En la versión subjetiva de Everett, las bifurcaciones del universo ocurren en relación con la conciencia de un individuo, porque cada vez que existe una medición por parte del observador, nuestro universo se divide en tantas copias como alternativas posibles. Las infinitas variaciones del universo también crean réplicas de uno mismo, debido a la infinidad de elecciones contrarias adoptadas a lo largo de la vida. Esto es, la conciencia de un individuo se desdobra en una multitud de yoes que habitan simultáneamente otros mundos que proliferan sin cesar. Como las muchas ramas en que se dividen los diferentes universos están completamente aisladas una vez que se han separado unas de otras, estas variaciones del individuo nunca interactúan entre sí. Ello implica que no exista la individualidad. La interpretación de múltiples mentes de Zeh (2004) se puede considerar como una extensión de la interpretación de los múltiples universos de Everett para dar una solución al problema de la individualidad. Esta interpretación se apoya en la idea de que los universos no están incomunicados entre sí, sino que forman bifurcaciones o ramificaciones que hacen que estén dinámicamente interrelacionados. Según Zeh, estas ramificaciones en las que se dividen los universos no serían físicamente reales, como propuso Everett, sino que pertenecen al mundo subjetivo, es decir, son interpretaciones alternativas que ocurren con relación a los diferentes estados de conocimiento del sujeto que observa la realidad física. Como piensa que los universos están interconectados entre sí, los diferentes yoes que contienen son interpretaciones parciales de una realidad total. El Bayesianismo cuántico asimismo interpreta el colapso de la función de onda de un modo subjetivo. En este caso, el estado de un sistema cuántico no sería una descripción de la realidad física externa, sino que lo asignaría un agente particular como expresión de un juicio basado en sus experiencias subjetivas o creencias. Por consiguiente, el resultado de una medición difiere de un agente a otro.

Todavía no está claro lo que produce el colapso de la superposición de estados. Algunas interpretaciones, como la interpretación de Copenhague, creen que la causa del colapso de la onda de probabilidad puede ser el acto de observación y medición, o bien el instrumento con el que se realiza ese acto. Sin embargo, otras interpretaciones asumen que la conciencia no es la que colapsa la onda de probabilidad, sino al revés. El matemático Roger Penrose (Penrose & Hameroff, 2011) es el fundador de esta interpretación, denominada por él “Reducción Objetiva”, que es un intento por explicar el colapso de la función de onda cuántica de forma automática, es decir, sin la necesidad de un observador. Penrose extrapoló la teoría de la relatividad de Einstein, según la cual la presencia de materia y de energía produce la curvatura del espacio y del tiempo, al nivel más básico de la escala de Planck. A juzgar por el modelo Diósi-Penrose, la función de onda se autocolapsa espontáneamente cuando alcanza un

umbral crítico relacionado con la curvatura gravitacional a nivel cuántico o gravedad cuántica. Dicho umbral se produce por la superposición de diferentes curvaturas espaciotemporales que van en direcciones opuestas, una que se extiende hacia abajo, al nivel de la escala de Planck, y otra que lo hace hacia arriba, al nivel cósmico. Entre ambos se produce una inestabilidad que reduce la función de onda a un estado en particular, separando el tejido espaciotemporal de la realidad. Cuanto mayor sea un objeto, mayor será la gravedad cuántica que une sus átomos, por tanto, menor será el tiempo que el objeto permanezca en una superposición de estados. Como consecuencia de ello, los efectos cuánticos se desvanecen rápidamente en los objetos más grandes que un átomo.

En la interpretación de Copenhague se dice que la conciencia causa el colapso de la función de onda, sin embargo, en la interpretación de Penrose la conciencia es el resultado del colapso de la función de onda, o al menos un tipo especial de colapso asociado a la gravedad cuántica. Es un colapso que produce pequeños fragmentos discontinuos de conciencia, tal como un cambio de orbital de un electrón libera un cuanto de energía o fotón. Y al igual que los fotones, la cantidad de conciencia viene determinada por una gama de frecuencias vibracionales diferentes. Esos fragmentos de conciencia ocurren dentro de un campo protoconsciente que deriva de la geometría espacio-tiempo fundamental a escala de Planck. De este modo, Penrose incorpora el nivel básico de la conciencia al tejido espaciotemporal del universo. Con relación al problema del ajuste fino, Penrose sugiere otra alternativa que evita la necesidad de los universos múltiples. A su entender, los valores de las constantes y leyes físicas que definen nuestro universo pueden codificarse en la geometría espaciotemporal a nivel de la escala de Planck. En esa mínima porción de espacio-tiempo cuántico también se conservarían los precursores de la conciencia y los valores platónicos (la belleza, la bondad y la verdad). En cada ciclo cosmológico esa geometría podría transmitirse de un universo a otro. Pero esto no significa que un nuevo universo pueda generar universos con leyes y constantes diferentes.

La idea de que en la geometría espaciotemporal a nivel de Planck se preservan los precursores de la conciencia y los valores platónicos está vinculada con la tesis de Roger Penrose (como se citó en Badía Serra, 2013). Siguiendo el modelo interaccionista del filósofo austriaco Karl Popper, Penrose postula que la realidad es una unidad formada por tres dimensiones que interaccionan entre sí mediante un bucle recursivo: la dimensión matemática, la dimensión física y la dimensión psíquica. El filósofo griego Platón defendió la existencia de un mundo inteligible de ideas por encima del mundo sensible de las cosas. Esta dualidad ontológica la reflejó en el Mito de la Caverna, una metáfora que representa un mundo de som-

bras como proyección de otro mundo real. Para Platón, las proporciones aritméticas y geométricas son entes ideales del mundo inteligible que explican la existencia de los entes físicos del mundo sensible. Estos ideales del mundo inteligible son copias imperfectas del mundo sensible, y descubrirlos implica un camino ascendente que va del mundo sensible al inteligible, de lo concreto a lo abstracto. En ese camino de ascenso, el método dialéctico y el amor sirven como guías hacia el descubrimiento de las ideas inteligibles, que se presentan además jerarquizadas. En el nivel inferior de la jerarquía se colocan las ideas de las cosas físicas, el nivel intermedio lo ocupan las ideas matemáticas y en el nivel superior se sitúa la idea de bien, que está necesariamente ligada a la idea de belleza y de verdad como manifestación de la proporcionalidad de las partes dentro de la totalidad. Retomando las ideas de Platón, Penrose establece la existencia de una dimensión matemática, que llama mundo matemático platónico o mundo de las ideas matemáticas, y pone entre algunos ejemplos los fractales del conjunto de Mandelbrot. Cada mundo engloba en su totalidad al que le sigue, y cada uno tiene una pequeña parte de su predecesor. Así, de una pequeña parte del mundo de las ideas matemáticas emerge el mundo físico que conocemos y podemos percibir a través de nuestros sentidos externos. De él emerge una ínfima porción del mundo mental del hombre, que es el mundo de la conciencia, que es capaz de aprehender las ideas matemáticas a través de la intuición matemática. La teoría de Penrose sugiere que estos tres mundos están interrelacionados y que la conciencia surge de la interacción entre el mundo matemático y físico.

Otra solución al problema del ajuste fino es la propuesta por el físico teórico Smolin (1999), de la Universidad de Siracusa. De acuerdo con su teoría, el universo es un sistema auto-organizado cuya evolución sigue un proceso similar a las leyes de la selección natural de Darwin en relación con los seres vivos. Según sugiere, todo el cosmos es un complejo sistema en el que nacen y mueren universos continuamente. El colapso de los agujeros negros sería el mecanismo de reproducción que genera nuevos universos al otro lado de la singularidad. Esos universos recién nacidos procederían de otros universos padres, lo cual lleva implícito la noción de un multiverso. Compartirían además características hereditarias similares al universo padre, pero con ligeras variaciones en las leyes y constantes fundamentales, ya que durante el proceso evolutivo se habría producido una selección de múltiples universos por el entorno, hasta conseguir universos adaptados a las distintas condiciones, tal y como funciona el ADN en la naturaleza. Los universos que mejor conseguirían adaptarse serían aquellos que tienen sus constantes y leyes finamente sintonizadas para la formación de estrellas y de agujeros negros, que permitirían engendrar nuevos universos con otros tantos agujeros negros, en

un proceso continuo de autorreproducción. La imagen que resulta de este escenario es la de un multiverso fractal interconectado por agujeros negros.

4.3. Cosmología Inflacionaria

La interpretación de Everett sobre el multiverso influyó en los modelos basados en la cosmología inflacionaria, que entró en escena a mediados de los ochenta del siglo pasado con Alan Guth, Andrei Linde, Alexandre Vilenkin, Andreas Albrecht y Paul Steinhardt, para dar respuesta a la uniformidad y planitud que parecía presentar el universo. La inflación cósmica fue propuesta por el físico y cosmólogo estadounidense Guth (Encyclopaedia Britannica Inc., 2020) como una alternativa a la singularidad del Big Bang de la cosmología estándar. Predice que en los primeros instantes después de la singularidad, el universo experimentó una expansión superluminal causada por una poderosa fuerza de gravedad repulsiva, en la que se pasó de escalas cuánticas a escalas cósmicas en un tiempo ínfimo. Este proceso de inflación cósmica fue provocado por las características de un falso vacío primigenio (el estado de alta energía de un campo similar al campo de Higgs) que evolucionó hacia un verdadero vacío (el estado de baja energía), dando lugar al nacimiento de nuestro universo. El físico ruso-estadounidense Linde (1982) reinterpretó la teoría inflacionaria de Guth y desarrolló la teoría de la inflación eterna, según la cual no se produjo una sola inflación, sino varias, lo que revela que es muy probable que existan otros universos. Cada universo habría originado una multitud de otros universos, que a su vez habrían creado otros, y así recursivamente, generándose un universo fractal en su escala más grande. El cosmólogo Alexandre Vilenkin (como se citó en Sánchez y Jiménez, 2009) entiende ese universo fractal no como un conjunto de universos que existen separados unos de otros, sino como universos anidados unos dentro de otros, en una jerarquía de universos dentro de universos, hasta llegar al falso vacío primigenio, a la manera de las muñecas rusas o matrioskas, donde se reiteran los aspectos de lo múltiple y lo uno.

La teoría de la inflación eterna de Linde revela que el universo a gran escala es como un gran fractal que brota de un número infinito de universos, los cuales se expanden dentro de un fondo inflacionario en constante proceso de retroalimentación. Este proceso realimentado produce universos burbuja y falso vacío, y sus fluctuaciones continúan produciendo nuevos universos burbujas y falso vacío, y así de forma sucesiva, en un proceso oscilante en que pasan de una fase a otra. El falso vacío es el vacío primordial que, gracias a su antigravedad o fuerza repulsiva, dará lugar al comienzo de la expansión exponencial de la inflación, y con ello a la producción de una infinidad de universos burbuja o dominios inflacionarios. El

modelo de Linde predice además que el estado que implica la inflación no fue igual en todos los puntos de la región del cosmos donde se produjo. En algunas regiones, el estado de falso vacío comenzó a decaer suavemente hacia su valor mínimo. Por tanto, esas áreas experimentaron transiciones de fase hacia un estado de verdadero vacío. En el transcurso de la transición del falso vacío al verdadero, se produjeron rupturas de simetría del entrelazamiento que crearon conglomerados fractales de estrellas y galaxias, semejantes a burbujas flotando en un falso vacío. Sin embargo, en otras regiones el estado de falso vacío no detuvo la expansión inflacionaria, debido a que las fluctuaciones cuánticas conservaron dicha inflación. Esto hace pensar que dentro de cada universo burbuja de vacío verdadero, el efecto de la inflación no es eterno, porque el estado de repulsión del falso vacío se detiene. Pero fuera sería un proceso que continúa sin detenerse en todas partes a la vez, dando lugar a sucesivos universos. Por lo tanto, todo lo que engloba un universo burbuja evoluciona como una entidad finita dentro de un cosmos infinito en continua expansión. El conjunto de los muchos universos burbuja existentes forma el multiverso inflacionario. Este multiverso se fundamenta en un metauniverso invisible de un potencial infinito, un mar de fondo energético que origina universos independientes de naturaleza fractal, y que se comportan como universos cerrados (con un Big Bang seguido de un Big Crunch) o abiertos (con un Big Bang seguido de una expansión eterna o Big Rip), hasta que acaban por ser reabsorbidos una vez transcurrido su tiempo (Figura 53).

Dado que las fluctuaciones cuánticas del vacío permiten que se den infinitas posibilidades, los múltiples universos pueden tener leyes y constantes físicas diferentes al nuestro, uno de los cuales podría responder a los valores del principio antrópico. Nuestro universo sería un fragmento del metauniverso que fue “seleccionado” por la armonía que presupone ϕ (Haight, 2016). Algunos investigadores han sugerido incluso que podría ser el único universo en la teoría del multiverso cuyo tejido espaciotemporal se basa en el valor de una constante matemática representada por la proporción áurea (Boeyens & Thackeray, 2014), una constante que comienza en el nivel de la gravedad cuántica y que va ascendiendo con base en una geometría fractal. Ello explicaría por qué esta relación matemática se encuentra presente tanto en la naturaleza como en el universo Y puede que nuestro universo tenga un ajuste finamente equilibrado porque sus relaciones áureas combinan todas sus leyes y constantes en una unidad, como consecuencia de una Teoría del Todo (Haight, 2016). Pero podría haber universos con valores muy distintos, debido a que estos pueden experimentar diversos tipos de rupturas de simetría que desembocan en soluciones completamente diferentes.

A la hora de explicar el origen del universo, el físico teórico Stephen Hawking sufrió un cambio de perspectiva, pasando del universo oscilante a los multiversos. En colaboración

con Thomas Hertog, de la Universidad KU Leuven (Bélgica), Hawking desarrolló una versión mejorada del multiverso que se fundamenta en la teoría de cuerdas. Las investigaciones de ambos proponen que el universo forma parte de un conjunto de universos, pero no infinitos y diferentes al nuestro, como postula la teoría de la inflación eterna, sino finitos y con características muy similares (Hawking & Hertog, 2018). Por tanto, la estructura fractal infinita de la inflación eterna quedaría delimitada a una organización más simple. Asimismo, Hawking y Hertog revelaron en su teoría que el universo se formó desde sus inicios como un vasto y complejo holograma. Su hipótesis es que al principio del tiempo la inflación se puede reducir matemáticamente a un estado atemporal definido en una superficie espacial de dos dimensiones, haciendo del universo un holograma de inflación eterna. De esa atemporalidad habría emergido el tiempo tal y como lo conocemos. Para los dos científicos, tanto el tiempo como las leyes de la física fueron evolucionando conforme el universo se fue expandiendo, de modo similar a como se produjo la evolución biológica. Siendo así, la biología y la física se conciben como dos niveles de un gran proceso evolutivo.

4.4. Cosmología de Branas

Los multiversos describen diferentes espacios posibles, desde universos burbujas o dominios inflacionarios, hasta regiones del espacio en diferentes planos o branas. La cosmología de branas se desarrolló como una forma de explicar ciertas inconsistencias en la teoría del Big Bang mediante la incorporación de otras dimensiones, y para ello recupera la antigua creencia filosófica del universo cíclico. Partiendo de la teoría M, la cosmología de branas invoca la existencia de dimensiones adicionales. A las diez dimensiones de la teoría de supercuerdas, la teoría M agregó una dimensión más, sumando un total de once dimensiones, siete de las cuales estarían por debajo del nivel subatómico, y que en realidad serían dimensiones fractales (He et al., s.f.). Esta nueva dimensión es la que permite que las cuerdas de energía se extiendan en varias dimensiones para crear unas entidades más grandes llamadas “branas”, nombre derivado de membranas. Todo lo que existe en nuestro universo de tres dimensiones espaciales estaría confinado en una de esas membranas dentro de un espacio de dimensiones superiores conocido como bulk, que sería un falso vacío, de cuyas fluctuaciones surgen branas como burbujas que crecen (inflación) y desaparecen de forma constante, al igual que a nivel cuántico se crean pares de partículas virtuales que constantemente salen y entran del vacío. Sin embargo, las dimensiones que no se manifestaron tras el proceso inflacionario estarían enrolladas sobre sí mismas en un espacio de Calabi-Yau (Figura 54). En el modelo de branas, existen tantas branas como geometrías de Calabi-Yau posibles. Cada brana corres-

ponde a un universo-membrana distinto con diferentes constantes y leyes físicas, y el conjunto de todas ellas forma un multiverso de infinitas branas moviéndose e interactuando a través del espacio de bulk. Además, la cosmología de branas postula que las tres fuerzas fundamentales, las fuerzas nucleares débil y fuerte y el electromagnetismo, estarían formadas por cuerdas abiertas que no pueden abandonar nuestro universo-membrana, porque sus dos extremos estarían anclados a su tejido espaciotemporal. No obstante, los gravitones de la gravedad vibrarían en cuerdas cerradas en forma de bucles o círculos que, al no estar anclados por sus extremos al tejido de nuestro universo-membrana, pueden atravesarlo y escapar hacia otros universos-membranas, causando su debilitamiento. Ello explicaría por qué la fuerza de la gravedad parece ser muy débil con respecto a las demás fuerzas conocidas.

Aplicando la teoría de cuerdas, el cosmólogo Paul Steinhardt (como se citó en Dennett et al., 2007), de la Universidad de Princeton en Nueva Jersey, uno de los primeros que trabajó en la inflación cósmica, ha ideado un modelo ecpirótico según el cual la evolución del universo es cíclica, lo que significa que experimenta fases de expansión (Big Bang) y contracción (Big Crunch) de forma indefinida, tanto hacia delante como hacia atrás en el tiempo. Steinhardt cree que nuestro universo tridimensional sería un universo-membrana que estaría flotando como una burbuja en un espacio de bulk de mayores dimensiones, en donde se mueven otros universos-membranas paralelos a él con constantes y leyes físicas propias. Debido a sus movimientos ondulatorios, dos universos-membranas tridimensionales pueden colisionar entre sí y rebotar. Para Steinhardt, la colisión de nuestro universo-membrana con otro universo-membrana paralelo es lo que pudo proporcionar la energía para producir la expansión del Big Bang y crear el espacio-tiempo (Figura 55). Esta colisión de dos branas evita la singularidad y hace dudar sobre la idea de que el universo comenzó tras un Big Bang y una inflación cósmica, siendo más probable que surgiera como un gran rebote. Según Steinhardt, el campo gravitatorio de los agujeros negros de un universo-membrana podría atraer a otro universo membrana. Entonces, ambos universos membranas se unirían en el punto en el que el agujero negro se ha formado, permaneciendo separados en el resto. Por ello, los agujeros negros nos permitirían viajar a esos otros universos.

4.5. Cosmología Cíclica

La simetría es una de las propiedades más fundamentales de las leyes físicas que gobiernan el cosmos. Por razones de simetría, un agujero negro tiene su opuesto, que es lo que se llama un anti-agujero negro o agujero blanco. En cierto sentido, la singularidad del interior de un agujero negro es como la singularidad de un agujero blanco, pero con el tiempo inver-

tido, de modo que mientras que la entropía de agujero negro se incrementa a partir del colapso gravitatorio de la materia-energía absorbida, un agujero blanco expulsa esa materia-energía, como si irradiara una fuerza repulsiva de muy baja entropía (Figura 56). Esto significa que un agujero blanco viola la segunda ley de la termodinámica, que determina que el orden se puede convertir en desorden con el tiempo, pero nunca al revés. Einstein ya predijo en sus ecuaciones del campo gravitatorio la existencia de estos agujeros blancos. La materia-energía absorbida por un agujero negro parecía ser expulsada hacia otra parte del espacio-tiempo, generando así una dinámica que se ajustaba bastante bien a la expansión del proceso inflacionario del cosmos. Por esta razón, algunas hipótesis han sugerido que el Big Bang que dio lugar a nuestro universo podría ser el resultado final de la singularidad de un agujero blanco que proviene de un agujero negro de otro universo; y que el Big Crunch se comportaría como si fuera la singularidad de un agujero negro, cuya materia-energía absorbida podría generar otro universo fuera del nuestro (Figura 57). Esta idea toma mucha fuerza con la cosmología cíclica u oscilante del cosmos, inicialmente defendida por el científico Stephen Hawking, según la cual el universo conlleva sucesivos ciclos comprendidos entre un Big Bang (expansión) y un Big Crunch (contracción). Generalmente, la cosmología cíclica asume que el Big Bang y el Big Crunch comienzan y terminan en una singularidad espaciotemporal única, aunque se muestran como dos polos gravitacionales opuestos, con uno de ellos representando el polo negativo o repulsivo y el otro el polo positivo o atractivo. En el supuesto de que la geometría del universo fuera toroidal, el polo repulsivo haría que la materia-energía surgiera de la singularidad y el polo atractivo haría que confluyera hacia la singularidad.

Las ecuaciones de la relatividad general de Einstein deducen que los agujeros negros y los agujeros blancos podrían estar conectados por agujeros de gusano (Figura 58). Cuando un agujero negro gira, se genera un agujero de gusano que lo conecta con un agujero blanco, de modo que si algo cayera dentro de un agujero negro, sería expulsado por su correspondiente agujero blanco hacia otro lugar de nuestro universo u otros universos. Un agujero blanco y un agujero negro pueden darse bien de manera independiente, o bien formando un único sistema en equilibrio térmico con su entorno, como demostró Hawking en la década de 1970. En este caso, los agujeros negros y los blancos serían lo mismo. Otros científicos sugieren incluso que un agujero negro puede transformarse en uno blanco, lo que supone obviar los agujeros de gusano. El físico teórico Rovelli (2019), uno de los fundadores de la gravedad cuántica de bucles, cree que cuando un agujero negro se evapora, no puede comprimir más la estructura del espacio-tiempo, ya que los bucles del tejido espaciotemporal de la gravedad cuántica lo impiden, por lo que se detendría el colapso y la singularidad. Entonces el agujero negro mo-

ribundo comenzaría a ejercer una presión repulsiva hacia fuera, una especie de efecto rebote, llamado “rebote cuántico”, convirtiendo el agujero negro en un agujero blanco que expulsa toda la materia-energía de su interior. Algunos físicos teóricos, como los astrónomos Parampreet Singh, del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad del Estado de Louisiana, Abhay Ashtekar y Javier Olmedo, de la Universidad Estatal de Pennsylvania, sugieren incluso que la materia-energía que cae en un agujero negro y rebota es expulsada al cabo del tiempo hacia una nueva región del espacio-tiempo que tiene la geometría de un agujero blanco (Singh, Ashtekar & Olmedo, 2018). De este modo, todo lo absorbido por los agujeros negros en el pasado es recuperado en el futuro a través de los agujeros blancos, lo cual significa que el futuro de todo agujero negro sería un agujero blanco. En 2018, Singh et al. extrapolaron los cálculos de una estrella colapsada a casos similares pero a mayor escala, como el universo entero. Basándose en la gravedad cuántica de bucles, han hallado que el universo puede rebotar, y ese rebote sería, de hecho, el origen del Big Bang (Big Bounce). De ser así, el tiempo podría haber existido antes de la gran expansión, implicando que nuestro universo pudo haber provenido de un universo anterior que colapsó por la fuerza de la gravedad.

La gravedad cuántica de bucles dictamina que la estructura espaciotemporal contiene cantidades discretas de espacio-tiempo, por lo que se evitan las singularidades espaciotemporales. Cuando se aplica la eliminación de las singularidades al modelo cosmológico, da lugar a la teoría del Gran Rebote, que deriva de la cosmología cíclica u oscilante. La cosmología cíclica predice que el universo sería el resultado de un Gran Rebote (Big Bounce) comprendido entre los ciclos de expansión y contracción, fenómeno que le otorga una forma similar a la de una espuma oscilante que cambia continuamente. De acuerdo con este modelo científico, nuestro universo emergió del colapso gravitatorio de un universo anterior que rebotó y pasó a la fase de expansión de la energía oscura. Ese universo no colapsó hasta el punto de convertirse en una singularidad, en cuyo caso no habría existido un Big Bang, sino que cuando sobrepasó la cantidad máxima de compresión gravitacional, las propiedades del espacio-tiempo cambiaron y la fuerza de gravedad se volvió repulsiva, en una suerte de gran rebote cuántico. Así pues, lo que la cosmología estándar llama singularidad es en realidad el comienzo de una fase de expansión creativa a la que sigue una fase de contracción destructiva. Desde este punto de vista, no se puede hablar de un Big Bang seguido de un Big Crunch, sino de un Big Bounce. Ello quiere decir que nuestro universo se originó a partir de un Gran Rebote, es decir, es el producto de una sucesión cíclica de expansiones y contracciones en constante retroalimentación. Estos ciclos sucesivos producirían una evolución continua, ya que la

información de la geometría espaciotemporal de cada universo se conservaría de forma auto-similar a través de sus ciclos.

Pero pudiera suceder también que tras cada rebote la geometría del espacio-tiempo se comportara de manera simétrica o especular respecto al universo anterior, una especie de universos espejos en donde el tiempo fluye en direcciones opuestas, aumentando y disminuyendo su entropía. Esta es la teoría que han desarrollado los investigadores Boyle, Finn y Turok (2018), del Instituto Perimetral de Física Teórica en Canadá. Según este equipo de cosmólogos, el Big Bounce dio origen a un universo espejo cuya flecha temporal se mueve en sentido contrario al nuestro, es decir, desde el futuro hacia el pasado. Esto es así porque el universo en su conjunto obedece a la simetría conocida como CPT, que es un principio fundamental de las leyes de la física que requiere que cualquier sistema permanezca invariante a la carga, la paridad y el tiempo. Dicha simetría implica que en el universo espejo la materia sea antimateria y que las propiedades espaciotemporales estén invertidas en relación con el nuestro, de manera análoga a los pares de partículas virtuales del vacío cuántico que giran en sentido opuesto (Figura 59). Asimismo, la teoría de los universos espejos ofrece una explicación a la misteriosa materia oscura. En física, las partículas elementales tienen diferentes propiedades de simetría, pudiendo ser zurdas (levógiras) o diestras (dextrógiras). Para Turok, la materia oscura estaría constituida por neutrinos, en particular los llamados neutrinos diestros, partículas que se podrían haber formado en abundancia tras el Big Bang. Turok, además, entiende que el universo es muy simple y económico, pues usa unos principios que se repiten una y otra vez, tanto a pequeña como a gran escala, lo que refleja la forma en la que se expresa su belleza. La complejidad está concretamente en medio de ambas escalas, que el autor denomina “desordenada mitad” de la escala.

La dinámica de los agujeros negros y blancos ha llevado a los físicos a concebir teorías cosmológicas dispares. Algunos modelos cosmológicos han tratado de conciliar ambos agujeros al sugerir que los agujeros negros y blancos están conectados a través de un agujero de gusano, de manera que toda la información que ha sido absorbida por un agujero negro puede ser expulsada hacia otra parte del universo, o hacia otros universos paralelos, por un agujero blanco. El físico polaco Poplawski (2019, 2021), de la Universidad de Indiana en los EE.UU., ha elaborado una teoría que sugiere que dentro de los agujeros de gusano podrían existir universos que se crearon en el interior de un agujero negro de otro universo mucho mayor. Según plantea, cuando la materia-energía que atraviesa el horizonte de sucesos de un agujero negro cae en espiral hacia su centro, esta alcanza un estado en el que no puede seguir comprimiéndose más debido a la gran dinámica de torsión que se acumula en el interior. Esta

torsión es desencadenada por la interacción de los espines de las partículas cuánticas, que son los que provocan que el espacio, y también el tiempo, se curven hacia el infinito, a tal punto que ambos se imbrican y se hacen uno. Entonces la atracción gravitatoria del interior del agujero negro choca contra las leyes cuánticas y se manifiesta en forma de fuerza repulsiva opuesta, y eso hace que el centro del agujero negro pueda saltar de pronto con un gran rebote cuántico, que es lo que se denomina Big Bounce. Poplawski sostiene asimismo que el Gran Rebote da como resultado el nacimiento de un agujero blanco, por donde saldría expandida la materia y la energía del agujero negro hacia un nuevo universo paralelo. Por tanto, la singularidad supone en realidad un salto hacia una nueva región del espacio-tiempo, en forma de agujero blanco. Como Paplawski defiende que un agujero negro está conectado con un agujero blanco a través de un agujero de gusano cósmico, señala que nuestro universo pudo haberse formado en el interior de un agujero negro que existía en otro universo, por lo que supuestamente debe haber un agujero de gusano entre ambos universos que aún los conecta. Siendo así, nuestro universo estarían dentro de un agujero de gusano situado entre un agujero negro y un agujero blanco. Y ya que nuestro universo nació dentro de un agujero negro, este ha heredado su eje de rotación como “una dirección preferida”. Ello podría explicar por qué la mayoría de las galaxias espirales giran en sentido horario en un hemisferio del universo, mientras que en el otro hemisferio siguen un sentido antihorario. El resultado de este proceso es una cosmología cíclica en donde cada ciclo es de mayor tamaño que el anterior.

El modelo cíclico del cosmos ha sido defendido también por el físico británico Roger Penrose (como se citó en Monserrat, 2011), quien elaboró una teoría cosmológica situada en el marco de la relatividad general, pero basada en la geometría conforme y la gravedad cuántica de bucles, denominada Cosmología Cíclica Conforme. A través de su teoría, Penrose concibe un único universo en donde se producen sucesivos ciclos de expansiones y contracciones, o eones, sin principio ni fin, eliminando así la necesidad de las singularidades del Big Bang y del Big Crunch. Desde su perspectiva, nuestro universo es un eón que estuvo precedido por una sucesión de eones o múltiples universos, que en su conjunto serían una infinitud de multiversos que engendran eones dentro de un tiempo finito (Figura 60). En el transcurso de un eón, se establece una asimetría en la entropía: comienza con un estado inicial de baja entropía, y acaba con un estado final de alta entropía. La entropía es una medida que describe la tendencia de un sistema al desorden. Si decimos que un sistema tiene la entropía baja, significa que está muy ordenado (mayor coherencia). Por el contrario, si su entropía es alta, significa que está desordenado (menor coherencia). Para Penrose, el estado inicial del Big Bang era una singularidad de baja entropía que fue degradándose poco a poco por el aumento de la

entropía, hasta llegar al estado final del colapso gravitacional, el equivalente a las singularidades de los agujeros negros, que engullen toda la materia, energía e información de su alrededor para remover la entropía del universo. La objeción de Penrose es que el modelo actual no es capaz de explicar la causa de ese estado de entropía tan bajo. Una posible solución podría ser que nuestro universo formara parte de una cadena infinita de universos con fases sometidas a alternancias de expansión y contracción, en donde el fin de cada universo conllevaría un retorno a un estado de baja entropía, como si el ciclo del orden cósmico se completara de nuevo. Penrose piensa además que entre el comienzo y el final de cada eón habría lo que él llama un “estado intermedio singular”, o singularidad, que equivale al estado inicial (Big Bang) y final (Big Crunch) del universo, al pasado y al futuro, y el discurrir entre ellos sería el presente cósmico. En ese estado intermedio singular situado entre uno y otro eón, se conservaría la información de la geometría espacial o geometría conforme de cada universo precedente, así como el fondo energético que suministra la energía para generar nuevos eones, lo que justificaría la mayor coherencia que existe en el estado inicial. Ese fondo energético podría relacionarse con el concepto físico de vacío cuántico o con el orden implicado de Bohm, que Penrose, An, Meissner y Nurowski (2020) han creído identificar recientemente en la radiación del fondo cósmico. La geometría conforme significa que es de escala invariante, es decir, que la forma es la misma a pesar de la escala de observación. Este tipo de geometría la podemos visualizar en las figuras del artista Maurits Cornelis Escher, que representan estructuraciones jerárquicas de tipo fractal. Pero, aunque las singularidades conserven estas propiedades, el universo no estaría sujeto a las leyes físicas y constantes del eón precedente. Ello significa que el nuevo eón puede crear un universo con los valores de sus variables similares pero diferentes, pudiendo hallar por azar los valores del principio antrópico.

4.6. Cosmología Fractal

La cosmología fractal se presenta como un conjunto de teorías que establecen que la distribución de las galaxias en el universo no se produce de forma aleatoria, sino siguiendo una estructura fractal, es decir, un patrón repetitivo que se mantiene en diferentes niveles. A comienzos del siglo XX, el astrónomo sueco Carl Charlier (como se citó en Martínez, Ballesteros y Paredes, 2017) fue el primero en proponer que la estructura del universo se distribuía bajo una agrupación jerárquica (no-uniforme), y, más recientemente, De Vaucouleurs (1970), de la Universidad de Texas en Austin, encontró evidencias que apoyaban esta teoría, ya que observó que las galaxias se agrupaban en supercúmulos, y así sucesivamente. La noción de que la materia del cosmos se agrupaba bajo principios de jerarquía alentó los intentos del

físico inglés Edmud Edward Fournier d'Albe (como se citó en Oldershaw, 2010) a modelarlos en término de fractales. Sin embargo, el debate entre los cosmólogos sobre la naturaleza fractal del universo no empezó seriamente hasta que Mandelbrot (1975) especulara sobre la distribución fractal de las galaxias. Esa idea llevó a un tipo de cosmología que usa la geometría fractal para describir la distribución de la materia en el universo, tanto para la estructura del espacio-tiempo a gran escala (cosmología observacional) como a pequeña escala de Planck (cosmología teórica), y también en escalas intermedias. Ya que la materia se organiza formando conjuntos que se agrupan en muchas escalas jerárquicas, el espacio-tiempo parece tener una estructura autosimilar con las mismas leyes operando en cualquier nivel. Esta estructura espaciotemporal invariante a los cambios de escala es la clave para la transferencia de energía e información dentro de los sistemas complejos.

La autosimilitud está estrechamente relacionada con la geometría fractal. La idea de que todas las estructuras en el cosmos comparten un patrón autosimilar fue primeramente manifestada por Oldershaw (2010) bajo un modelo cosmológico de autosimilitud. Este modelo se basa, según él, en dos principios básicos: el principio jerárquico, que afirma que la naturaleza es una jerarquía de sistemas que abarca un conjunto de niveles agrupados en distintas escalas discretas, por ejemplo, la escala atómica, estelar y galáctica; y el principio de similitud, que propone que las diferentes escalas son análogas entre sí, lo que les hace compartir un patrón autosimilar. Ello parece deberse a la propia geometría del espacio-tiempo, cuyo carácter fractal forma parte de la morfología de la mayor parte de los entes de la naturaleza orgánica e inorgánica de nuestro mundo.

La hipótesis de que el espacio-tiempo es fractal se originó por primera vez con el matemático canadiense Garnet Ord (1983, como se citó en Ho, 2014) siguiendo el modelo integral de las trayectorias de las partículas subatómicas del físico norteamericano Richard Feynman (premio Nobel 1965). Feynman propuso un método denominado “suma de historias posibles”, en el cual se consideraba que las partículas, en su viaje oscilante entre dos puntos cualesquiera, podían recorrer todas las trayectorias posibles del espacio-tiempo. Estas trayectorias se anulaban en una historia única cuando se trataban con objetos macroscópicos. Las posibles historias tenían lugar en un tiempo “imaginario” en donde la flecha apuntaba hacia atrás y hacia delante, al contrario que la flecha termodinámica del tiempo “real”. Lo interesante del asunto es que Feynman se dio cuenta de que esas trayectorias eran irregulares y no diferenciables, lo que demostraba que tenían una dimensión fractal. De modo independiente, el astrofísico francés Nottale (2010) perfeccionó aún más esta hipótesis al afirmar que la fractalidad de esas trayectorias cuánticas era una manifestación de la fractalidad del espacio-

tiempo, de forma análoga a la idea einsteniana de que la gravedad es consecuencia de un espacio-tiempo curvo. Esto le llevó a elaborar un nuevo principio de relatividad espaciotemporal que denominó “relatividad de escala”. La teoría de la relatividad de escala ofrece una alternativa a la singularidad del Big Bang, pues sostiene que la fractalidad del espacio-tiempo a escala de Planck origina por sí misma unas leyes dinámicas que son auto-organizadoras por naturaleza, lo que las capacita para producir una estructura fractal del espacio-tiempo a gran escala. Al agregar una invariante de escala que preserva una longitud de referencia (escala de Planck), Nottale generaliza el principio de relatividad de Einstein, debido a lo cual la física cuántica se convierte en una extensión del principio de relatividad general. Esta presencia de la física cuántica y la relatividad general aplicada en todas las escalas ayudaría a explicar por qué las galaxias se congregan siguiendo patrones jerárquicos muy estructurados, y permitiría unificar las escalas más pequeñas (la teoría cuántica) a las más grandes (la relatividad general). También contribuiría a desentrañar el misterio de la materia oscura como fenómeno de la fractalidad de la materia a gran escala, y de la energía oscura como energía potencial que se manifiesta por la geometría fractal del universo (Scale Relativity, 2015).

La cosmología actual supone que el espacio-tiempo en las escalas más grandes del universo es continuo y diferenciable, y por ende es uniforme. Esta uniformidad ha permitido a los cosmólogos modelar el universo con bastante simplicidad empleando ecuaciones matemáticas basadas en el método diferencial. El método diferencial consiste en descomponer una cosa en sus partes más elementales para luego integrarlas con la suma de sus propiedades, o bien a través de la geometría euclidiana. Sin embargo, cuando las partes se vuelven más complejas o sus propiedades son diferentes a las iniciales, las matemáticas diferenciables no sirven. Entonces se recurre a las matemáticas no diferenciables o discontinuas, que están asociadas a las matemáticas de la complejidad, cuya aplicación se encuentra en la teoría del caos y en la geometría fractal. Según el principio de relatividad de escala de Nottale, el espacio-tiempo es continuo pero no diferenciable, porque el espacio-tiempo en sí mismo es fractal, debido a lo cual se opone a la uniformidad espaciotemporal. Esto hace que modelar un universo fractal usando la teoría de la relatividad general de Einstein resulte muy complicado.

En consonancia con estas investigaciones, existen otras dirigidas por el científico de ingeniería y físico teórico egipcio Mohamed El Naschie, uno de los que más ha profundizado en una teoría coherente del espacio-tiempo fractal. Los científicos El Naschie, Ho y Vitiello (2015) elaboraron un documento en donde se considera que el tejido espacio-temporal a pequeña escala es un conjunto fractal de Cantor (el más simple de los fractales que muestra una estructura continua y discreta a la vez) según una dimensión de Hausdorff (dimensión fractal)

relacionada con phi (El Naschie, 1994; Ho, 2014b), como respuesta al teorema de los matemáticos estadounidenses Maudlin y William (como se citó en Olsen et al., 2020). Al hacerlo, conectaron la recursividad de la razón áurea y los fractales con los fenómenos de coherencia cuántica a nivel microscópico y macroscópico, puesto que el vacío se modela como un conjunto de Cantor que se despliega en todos los niveles jerárquicos de la realidad (teoría E-infinito). Para llevar a cabo dichos documentos, se apoyaron en autores como el filósofo matemático inglés Alfred North Whitehead, quien veía el universo como un superorganismo compuesto por organismos en todas las escalas, desde partículas elementales hasta galaxias; el físico estadounidense David Bohm, quien sugirió que cada parte tenía el potencial infinito del universo entero plegado en ella, y que la posibilidad implícita de esa parte se podía desplegar a través de todos los niveles; y del físico-matemático Roger Penrose, quien propuso que la estructura fractal de los microtúbulos de las neuronas estaba involucrada en la emergencia de la conciencia a nivel cuántico, lo que permitía que funcionaran como biocomputadoras cuánticas.

La tesis que defiende El Naschie es que el modelo estándar de física de partículas, cuando se observa desde la perspectiva de la teoría E-infinito, parece ser una sinfonía cósmica con estados de resonancia armónica. Y las matemáticas que mejor se ajustan a esos procesos sincrónicos del universo son las no diferenciables, como plantean Ord y Nottale, pero a diferencia de ellos, El Naschie propone un espacio-tiempo fractal discontinuo y no diferenciable. La presencia de ese espacio-tiempo fractal se encuentra en el comportamiento emergente del espacio-tiempo biológico gracias a los ciclos de los sistemas dinámicos, como los ciclos planetarios, solares y galácticos. Estos ciclos se pueden tratar matemáticamente como osciladores armónicos, y en su organización está involucrada la proporción áurea, que como demuestra uno de los autores, es isomorfo a los estados cuánticos coherentes, lo que permite que los osciladores no interfieran entre sí y acaben colapsando. En opinión de El Naschie, la proporción áurea es la mejor candidata para estabilizar la “vibración anidada”, ya que al establecer resonancias o correlaciones maximiza la cohesión global y la autonomía local, permitiendo la transferencia simultánea de información entre el todo y la parte, algo muy propio de la coherencia cuántica. Este fenómeno resonante crea una jerarquía fractal coherente que está implicada en la organización espaciotemporal de todo el universo, incluso en los seres vivos. De hecho, las actividades biológicas vienen predominantemente marcadas por ciclos o ritmos (en términos de física cuántica, el organismo es una superposición coherente de actividades en todos los niveles fractales de espacio-tiempo), que están conectados a los ciclos del universo por relaciones áureas, lo que demuestra que el universo entero es un organismo vivo. El

espacio-tiempo fractal coherente también se produce en la conciencia, reflejado en la coherencia cuántica o sincronización de nuestros ritmos cerebrales. Ello acredita las cuestiones relacionadas con el orden implicado de Bohm, la resonancia mórfica de Sheldrake y los fenómenos extrasensoriales. Con todo ello, El Naschie pone de manifiesto la conexión entre la ciencia, el arte y la conciencia por medio de la proporción áurea.

A través de su teoría E-infinito, que emplea conjuntos fractales de Cantor guiados por la estética de la proporción áurea, El Naschie pudo deducir la constante de la estructura fina de la naturaleza, así como la masa de muchas partículas subatómicas, como quarks, electrones, protones y neutrones, lo cual supone un planteamiento interesante con relación al bosón de Higgs. Asimismo, la teoría E-infinito le permitió resolver las complejas paradojas de la física cuántica, como la dualidad onda/partícula, que puede servir para revelar los misterios cosmológicos de la energía y la materia oscura. A su juicio, la energía proporcionada por la ecuación $E=mc^2$ consta de dos partes: la primera parte es la energía positiva de la partícula cuántica, y la segunda es el valor absoluto de la energía negativa de la onda cuántica, ambas modeladas por el conjunto de Cantor. Al usar conjuntos fractales de Cantor, la partícula y la onda se relacionan a través de la proporción áurea, de modo que dividiendo una partícula por phi, esta se transforma en una onda, y multiplicando una onda por phi, esta se transforma en una partícula. De hecho, el proceso de multiplicar y dividir imita la interacción de los pares de números adyacentes de la secuencia de Fibonacci en la naturaleza. El Naschie cree que en la escala cósmica la onda cuántica sería la llamada energía oscura. Por esta razón, la energía oscura no puede detectarse de forma normal, porque la medición colapsa la onda cuántica (El Naschie, 2013). En cuanto al problema de la medición, la posición de El Naschie es que la observación o medición colapsa la función de onda precuántica en su correspondiente partícula precuántica bajo una proporción áurea. Por tanto, la proporción áurea sería la clave al misterio de la conciencia y la realidad, el observador y lo observado, en el experimento de doble rendija. Como si esto no fuera suficiente, El Naschie propone un cambio radical de paradigma basado en el reconocimiento de una física en donde el universo funciona como una supercomputadora áurea. Y si realmente el universo actúa como tal, la sucesión de Fibonacci y la proporción áurea serían adecuadas a la hora de desarrollar ordenadores cuánticos (El Naschie, 2019; Olsen et al., 2020). De hecho, un equipo de físicos liberado por Dumitrescu (2022) ha descubierto que para mejorar y mantener la coherencia en un ordenador cuántico puede aplicarse a los cúbits una simetría con dos dimensiones temporales mediante pulsaciones rítmicas de láser basadas en la sucesión de Fibonacci. Este tipo de simetría temporal fue creada por una nueva y extraña fase de la materia que proporcionó una manera de

proteger a los cúbits contra la decoherencia cuántica y de almacenar la información por más tiempo. Para ello, los investigadores se basaron en los mosaicos aperiódicos de Penrose, pero en el tiempo y no en el espacio.

Casi todos los físicos del modelo estándar coinciden en que la distribución de la materia a pequeña escala es fractal, pero esa distribución parece terminar a grandes escalas, y el universo se vuelve uniforme e isótropo, tal y como afirma el principio cosmológico. Sin embargo, un pequeño grupo de físicos italianos, que incluye al físico Luciano Pietronero, de la Universidad de Roma y del Instituto de Sistemas Complejos, y a Francesco Sylos Labini (Pietronero & Sylos Labini, 2001), del Centro de Enrico Fermi en Roma, y físicos rusos, como Vasilyev y Baryshev (2009), de la Universidad de San Petersburgo, argumentan que los datos obtenidos del Sloan Digital Sky Survey (SDSS) apuntan a la idea de que la estructura del universo (o del espacio-tiempo) a gran escala sigue siendo fractal, ya que las galaxias se distribuyen irregularmente a lo largo de extensos filamentos rodeados de grandes vacíos interconectados, y este patrón parece repetirse en todas las escalas, como han demostrado las simulaciones cosmológicas (Gaite, 2019). Algunos investigadores creen que esa fractalidad del universo es causada por las interacciones gravitacionales, pero otros han buscado su origen en las fluctuaciones a nivel de la gravedad cuántica, que hizo que el universo pasara a ser heterogéneo, socavando el principio cosmológico estándar que lo define como uniforme. Podemos entender la gravedad cuántica como un campo gravitatorio muy débil propio de la energía del vacío que curva el espacio-tiempo a escala microscópica, que luego se amplificó durante el período de inflación hasta hacerse macroscópica. De algún modo, los patrones fractales del cosmos surgen como respuesta a la heterogeneidad de las fluctuaciones de densidad primordial, lo que sugiere que la estructura de la materia en el universo temprano ya era fractal (Pino et al., 1995).

La teoría cosmológica del neutrovacío del cosmólogo peruano Vita (2016) es un nuevo modelo del universo fractal basado en las propiedades holográficas del vacío cuántico. Grosso modo, este modelo viene a decir que en el vacío cuántico hay diferentes subniveles de energía. Las partículas y antipartículas virtuales que surgen de esos niveles energéticos del vacío producen un efecto de polarización cuántica sobre las cargas de las partículas reales, un proceso que continúa de forma fractal, conservándose el principio de simetría CPT. La energía total del vacío, así como también el espacio y el tiempo, sería por tanto nula. Esta acción polarizadora afectaría no solo a las partículas reales, sino también a los campos, como la fuerza de la gravedad, cuyo proceso contrario de polarización haría que quedase atrapada en los sucesivos niveles fractales del vacío, lo cual permitiría integrarla a las demás fuerzas fun-

damentales. La idea de polarización de las partículas y campos inducida bajo los efectos de las partículas y antipartículas virtuales de los diferentes niveles cuánticos, lleva a Vita a concluir que podrían existir universos de materia y antimateria que interactúan a través de vacío cuántico y el principio de incertidumbre. Y al ser nula la energía total del vacío, ambos universos conservarían una simetría complementaria. Por consiguiente, el universo en su totalidad sería un vacío neutralizado que Vita denomina “neutrovacío”, un vacío cuyo potencial neutralizaría los universos de materia y antimateria. Desde el punto de vista filosófico, este neutrovacío sería de carácter nouménico, trascendental, y se manifestaría como dualidad fenoménica en infinitos universos de materia y antimateria de naturaleza fractal que se replicarían en diversos niveles, conformando un multiverso. Todos estos universos serían manifestaciones opuestas de una misma realidad, dos manifestaciones entrelazadas a través de los diferentes niveles del vacío cuántico que se retroalimentan entre sí. Siendo así, el modelo propuesto por Vita coincide con la idea de universos espejos.

4.7. Cosmología Holográfica

Existe un modelo cosmológico alternativo nacido a partir de la geometría fractal, que estudia la naturaleza recursiva del universo bajo la proporción áurea; y del principio holográfico, que nos dice que la información del todo está en la parte y viceversa. Este modelo holográfico, que se conoce como la métrica Hamein-Rauscher, fue creado por el científico suizo Nassim Hamein (Hamein & Rauscher, 2005; Kaufmann, 2014), y mejorado con la colaboración de la física Elizabeth Rauscher, especialista en el estudio de los agujeros negros. Con la intención de aportar soluciones a las ecuaciones de campo de Einstein, Hamein incorporó por primera vez en la física las propiedades dinámicas de torsión y el efecto Coriolis del espacio-tiempo. El efecto Coriolis predice que siempre que se observen los movimientos giratorios de cualquier objeto, como puede ser la rotación de un agujero negro, los vórtices seguirán la norma descrita para las corrientes oceánicas y atmosféricas de la Tierra, de modo que el efecto Coriolis hace que exista una direccionalidad en el universo. Einstein trabajó durante toda su vida con el fin de desarrollar una teoría del campo unificado, pero fue incapaz de unificar las fuerzas electromagnéticas y la gravitatoria. La teoría holográfica pretende ser una teoría unificada de campos que intenta explicar el comportamiento de lo pequeño y lo grande, aunque solamente a través del electromagnetismo y la gravedad, sin necesidad de recurrir a las fuerzas nucleares débiles y fuertes.

Para la cosmología estándar, un agujero negro es teorizado como un objeto con gravitación infinita que absorbe información, y un agujero blanco como uno de radiación infinita

que la emite, pero Hamein propone que ambos objetos forman parte de un mismo fenómeno, de modo que los objetos que pensamos que son agujeros negros podrían ser en realidad agujeros blanco/negros concéntricos que emiten y absorben la información en una continua retroalimentación. En el universo, estos agujeros blanco/negros serían lo que percibimos como átomos, estrellas o planetas. En opinión de Hamein, el factor determinante para ver un agujero blanco o negro depende de si el agujero se observa desde fuera o dentro de la superficie que lo envuelve. Desde fuera es un objeto luminoso que irradia energía electromagnética, como el Sol, pero desde dentro se ve un objeto oscuro, como el universo, porque la luz es absorbida hacia la singularidad. Esta idea ha llevado a Hamein a pensar que nuestro universo está en el interior de un agujero negro que es parte de un universo más grande, una idea que nos remite al reciente estudio de un equipo japonés del Instituto de Física del Universo Kavli (Kusenko et al., 2020). Según dicho estudio, los primeros agujeros negros que se crearon durante la inflación cósmica podrían albergar una multitud de universos paralelos en su interior, tanto pequeños como grandes. Desde fuera esos universos se perciben como agujeros negros primordiales, pero vistos desde dentro son universos en expansión. Por tanto, existe la posibilidad de que nuestro universo pueda estar dentro de un agujero negro de otro universo.

A juzgar por la métrica Hamein-Rauscher, la topología espaciotemporal del horizonte de sucesos de un agujero negro se describe como un campo alrededor de la singularidad que tiene forma de doble toroide. La separación de este doble toroide se produce en el ecuador, que es donde se concentra la materia que se escapa del agujero negro. El patrón de flujo del doble toroide crea bucles retroalimentarios que hace que el espacio-tiempo se expanda y se contraiga recursivamente, para producir los constantes intercambios de energía e información. Hamein asume que este ciclo continuo de expansión y contracción de la geometría espaciotemporal origina tanto las fuerzas electromagnéticas como las gravitacionales. La radiación electromagnética se produce cuando las fuerzas centrífugas obligan al toroide a expandirse, y la gravitación se genera cuando las fuerzas centrípetas lo contrae hacia el centro de la singularidad del sistema. La expansión desintegra las partículas en ondas, creando a su vez la fuerza electromagnética; mientras que la contracción colapsa las ondas y las convierte en partículas, creando la fuerza de la gravedad. Desde la dinámica del doble toroide, las dos fuerzas parecen estar separadas, pero con el tiempo, la energía electromagnética irradiada hacia fuera vuelve a curvarse infinitamente hacia dentro para producir gravedad, generando una singularidad en donde ambas fuerzas se unifican en una sola. Así entonces, el nivel del vacío es para Hamein una singularidad que conecta con el resto del universo a través del campo unificado.

Para la teoría holofractográfica, nuestro universo está en el interior de un agujero negro con una singularidad y un horizonte de sucesos con un campo en forma de doble toroide. La dinámica toroidal de ese agujero negro sería el generador de la información holográfica que llamamos “conciencia”, y que formaría parte de un campo de conciencia mayor. Dado que la topología del espacio-tiempo puede entenderse como un fractal autosemejante, cualquier estructura concéntrica de nuestro universo (partículas subatómicas, átomos, células, planetas, estrellas, galaxias, etc.) se puede describir como un agujero negro con una singularidad en su centro y un horizonte toroidal de distinta magnitud a su alrededor, en donde existe una dinámica giratoria de retroalimentación bipolar. De ese modo, cada agujero negro situado en los distintos niveles fractales conserva la información holográfica del toroide que rodea al agujero negro primigenio, y así sucesivamente. Al describir el núcleo de un átomo como un agujero negro minúsculo, los protones y neutrones no se atraen debido a una interacción fuerte, sino a la fuerza de la gravedad, y las vibraciones cuánticas del vacío que rodean al núcleo permiten que la información de todos los átomos del universo esté presente en él. Debido a esa información holográfica del campo universal los sistemas pueden auto-organizarse. Este modelo nos recuerda a las unidades de acción que Leibniz denominó “mónadas”, formas esenciales que contienen la información del todo y que son coordinadas por la armonía preestablecida que existe desde el principio del universo.

Para verificar empíricamente todas estas ideas, Haramein y Rauscher reunieron los órdenes de magnitud de los objetos contenidos en el universo, desde la longitud de Planck hasta el universo entero, y realizaron un gráfico que sugiere que todos esos objetos son agujeros negros de diferentes tamaños (lo que Haramein denomina la ley de la escala), puesto que sus relaciones entre la masa y el radio obedecen a la condición de Schwarzschild para un agujero negro. Además, ese gráfico muestra que el número phi es la geometría que rige las distancias entre los distintos niveles, lo que indica un patrón fractal y una posible relación holográfica entre escalas. Sorprendentemente, la escala de los microtúbulos de las células nerviosas que generan la conciencia parece estar localizada en el centro exacto de la gama completa de la escala, ocupando una posición intermedia entre las dualidades de lo muy pequeño y lo muy grande. Esto quiere decir que la realidad que conocemos es el punto de inflexión de los niveles fractales microscópicos y macroscópicos del agujero negro de nuestro universo. Tal posición sitúa al ser humano como medida y centro de todas las cosas, una visión antropocéntrica que ya fue anunciada por el pensamiento filosófico de la unidad cosmológica micro-macro de los antiguos griegos, y que giró en torno a la proporción áurea.

El pensamiento de Nassim Hamein pretende crear un puente de unión entre el micro y el macrocosmos, y se completa con el trabajo del investigador norteamericano Dan Winter (como se citó en Kaufmann, 2012) en torno a la “física de implosión”. Según Winter, el vacío crea vórtices en el tejido espaciotemporal de nuestro universo. Cuando dos de esos vórtices unen sus embudos producen una forma de flujo toroidal que permite que los fluidos se dirijan en espiral hacia el interior y hacia el exterior. Esta estructura en forma de toroide es una implosión de ondas electromagnéticas que siguen un patrón recursivo o fractal en su recorrido en espiral hacia el centro o singularidad, en una creciente cascada de ondas más pequeñas que superan la velocidad de la luz y que se puede comparar con un fluido al caer por un desagüe. La proporción áurea encontrada en los sólidos platónicos guiaría la recursividad de esas ondas electromagnéticas hacia el centro, y de ella surgiría la gravedad. Por tanto, las estructuras fractales de la energía electromagnética del universo conforman una enorme red holográfica que interconecta todos los puntos locales del universo por medio de relaciones áureas. Winter va incluso más allá al afirmar que las ondas del vacío no solo crean gravedad, sino también conciencia, debido a que se vuelven auto-referenciales en el proceso organizativo en torno al toroide, lo que significa que el universo puede ser consciente, una idea que tiene concomitancias con los planteamientos del profesor Meijer (s.f.). Esto hace de cada punto local una conciencia individual que forma parte de la conciencia global del cosmos. A fin de sintonizar con esa conciencia universal, las proporciones áureas de la conciencia individual deben acoplarse entre sí a través de una cascada de ondas electromagnéticas. Para ello, es necesario que el corazón y la mente establezcan un estado de coherencia (Figura 61).

5. La Energía Oscura y la Materia Oscura

La energía y la materia oscura son dos conceptos que se utilizan en la cosmología para describir fenómenos que se originan en el universo a escalas astronómicas. Estos fenómenos no pueden ser observados directamente a través de la luz, dado que no absorben ni reflejan ninguna radiación electromagnética, aunque su presencia puede inferirse por los efectos gravitacionales que producen. Se supone que la energía oscura es una forma de energía que proporciona una fuerza con propiedades opuestas a la fuerza gravitacional, es decir, actúa como una fuerza gravitacional repulsiva, siendo responsable del proceso acelerado de expansión del tejido espaciotemporal. La constante cosmológica que añadió Einstein a las ecuaciones de la relatividad es la que mejor describe esta fuerza repulsiva. Por lo que se refiere a la materia oscura, parece ser una especie de materia invisible que envuelve todas las galaxias, formando grandes halos esféricos con estructura fractal que suministran una cantidad extra de

fuerza gravitacional, lo suficiente para impedir que las estrellas y los gases galácticos se disgreguen por la fuerza centrífuga. Teniendo en cuenta que las galaxias contienen una cantidad específica de materia ordinaria, que los expertos llaman “materia bariónica”, la gravitación de Newton predice que la materia que está más cerca del núcleo galáctico debe moverse a mayor velocidad de rotación que la que está más lejos. No obstante, las observaciones indican que la velocidad orbital de las regiones externas es casi la misma que las internas. Ese hecho solamente puede explicarse asumiendo la existencia de la materia oscura. A diferencia de la energía oscura, que se asocia a un campo que se esparce por todo el vacío cósmico, la materia oscura se agrupa con la materia ordinaria, de modo que la gravedad de la materia oscura la ha ido atrayendo. Esta atracción ha hecho que se vayan formando estructuras galácticas cada vez más complejas en el universo, tanto a pequeña como a gran escala, debido a su fuerza gravitacional. La formación en estructuras sobre las que se desarrolla la materia ordinaria depende de que la materia oscura sea caliente o fría, según la masa de sus partículas sean ligeras o pesadas, es decir, según se mueven rápida o lentamente. Si tiene la masa del orden a un protón, entonces la materia se moverá de forma lenta. Pero en el caso de ser partículas más ligeras, se moverá a velocidades cercanas a la luz. Esta velocidad a las que se mueven las partículas ha llevado a los cosmólogos a plantear la existencia de dos modelos en la forma en la que se construyó el universo. El modelo cálido permite la formación de estructuras de arriba-abajo, es decir, las galaxias aparecieron por la fragmentación de estructuras mayores. El modelo frío sigue una dirección contraria, de abajo-arriba, primero aparecieron las estructuras mayores, como los supercúmulos y cúmulos de galaxias, y después las menores, como las galaxias. La energía oscura, con su efecto repulsivo, ha estado contraponiéndose a la atracción gravitacional de la materia para expandir a largo plazo esas estructuras, evitando el colapso (Figura 62). Los cálculos sugieren que el universo está estructurado fractalmente debido a la oposición de las fuerzas gravitacionales y la expansión cósmica a lo largo del tiempo, en cuyo caso la materia y la energía oscura deberían distribuirse de forma fractal.

La radiación del fondo cósmico de microondas (Figura 63) es una radiación electromagnética de baja intensidad que se cree es una instantánea del universo primigenio, aproximadamente cuando tenía 380.000 años. Ese instante nos muestra el desarrollo de la oposición entre la energía y la materia oscura en la estructura del universo. Observando la temperatura de la radiación del fondo cósmico, los científicos han logrado trazar un mapa que muestra que la estructura del universo a gran escala es comparable a una especie de telaraña tridimensional (Figura 64). Esta red cósmica está formada por grandes vacíos, regiones del espacio con baja densidad de materia, rodeados de murallas cósmicas, regiones del espacio con alta den-

sidad de materia. Se cree que estas murallas se formaron debido a que la gravedad de la materia oscura de un grupo de galaxias atrajo a otras galaxias hasta crear estructuras gigantes y densas formadas por miles de galaxias. Las murallas cósmicas se dividen a su vez en dos estructuras más pequeñas: los filamentos, que son los largos y delgados brazos ramificados de las murallas; y los nodos, que son regiones densas de galaxias y cúmulos de galaxias coincidentes con los puntos donde confluyen varios filamentos. Dado que la gravedad es aún más fuerte en los nodos que en los filamentos, allí se produce un gran número de colisiones y fusiones de galaxias.

La materia ordinaria o bariónica está formada de bariones, que son partículas subatómicas con carga eléctrica. Esta materia incluye a las partículas que forman los átomos, así como a partículas más grandes, como las partículas de polvo y gas, que están compuestas principalmente de hidrógeno y helio. Las medidas de la estructura cósmica a gran escala efectuadas por las misiones espaciales indican que, en su mayor parte, el universo se compone de energía oscura, un 68% del total, y el resto es materia oscura (no bariónica), un 27% del total, y materia bariónica, un 5% del total, aquella que forma los átomos de las estrellas, los planetas y el medio interestelar, que están ligados a la gravedad (Figura 65). Se cree que la materia bariónica se sitúa principalmente en los nodos densos de las murallas cósmicas, y la mitad de esa materia bariónica, compuesta en su mayoría por partículas de polvo y gas, podría formar parte, junto con una gran cantidad la materia oscura, de los alargados filamentos. El resto, la energía oscura, es inherente al vacío cósmico e interactúa con la gravedad, oponiéndose a ella. Si no existiese esta oposición, el universo acabaría colapsando, puesto que solamente actuaría la fuerza de la gravedad acrecentada por la materia oscura.

La energía oscura es una forma misteriosa de energía que se opone a la gravedad, proporcionando una presión negativa que expande el tejido espaciotemporal. Como no se sabe a ciencia cierta de qué está hecha, los científicos han teorizado con libertad sobre varios modelos físicos que intentan explicarla. Algunos de ellos equiparan la energía oscura con la constante cosmológica que introdujo Einstein en sus ecuaciones, que puede ser definida como una energía presente en el vacío cuyo valor permanece invariable, lo cual resulta en una expansión constante y uniforme del espacio que no cambia con el tiempo. Siendo así, el universo debería de seguir expandiéndose para siempre. Otros científicos, sin embargo, comparan la energía oscura con un campo de baja energía denominado “éter” o “quintaesencia”, una sustancia de los cuerpos celestes que se supone impregnaba el espacio vacío del universo (Miyami & Komatsu, 2020). De ser la citada quintaesencia, la expansión producida por la energía oscura se debilitaría poco a poco hasta invertirse y transformarse en una fuerza atractiva

capaz de contraer el espacio-tiempo, tal y como indica un estudio publicado por los científicos Andrei, Ijjas y Steinhardt (2022). De acuerdo con este modelo, el universo describiría entonces un patrón cíclico de expansión y contracción.

El campo de Higgs es un campo de fuerzas que confiere masa a las partículas subatómicas. Se piensa que proporciona claves importantes para entender la naturaleza de la materia oscura (Servant & Tulin, 2013), pero también se relaciona con el problema de la energía oscura, debido a que este campo debe su existencia a las partículas virtuales producidas por las fluctuaciones cuántico-electromagnéticas del vacío que conforma el espacio (Xuan Thuan, 2018), cuyo efecto acumulado sería el supuesto origen de la aceleración cósmica que produce el alejamiento de las galaxias. Estas fluctuaciones cuánticas serían responsables de inducir una energía del vacío con dos estados diferentes: uno de baja energía, llamado verdadero vacío, y otro de alta energía, o falso vacío, un estado de la suma total de las energías de todas las partículas posibles. Se cree que las fluctuaciones cuánticas del falso vacío fueron capaces de ejercer la fuerza gravitacional repulsiva que expandió a un ritmo acelerado el universo en los primeros instantes de su existencia (inflación cósmica).

Según otros modelos propuestos, como los desarrollos por Greene y Levin (2007), de la Columbia University de New York, la energía oscura podría estar escondida en las dimensiones extras de la física cuántica. Esta hipótesis plantea que las fluctuaciones cuánticas del espacio vacío están contenidas en las dimensiones adicionales, que son perpendiculares a nuestro mundo tridimensional, pero pueden extender su influencia en nuestras dimensiones, dando como resultado una fuerza gravitacional con presión negativa y una aceleración no lineal que causa la expansión acelerada del universo. En la misma línea de razonamiento, se han originado modelos de energía oscura en el marco del principio holográfico y la cosmología fractal que tienen en cuenta la interacción de la energía y la materia oscura (Sadri, Khurshudyan & Chattopadhyay, 2018). Este modelo de energía oscura holográfica sugiere que la energía oscura se podría interpretar como la proyección de la información codificada en la frontera del universo, lo que permitiría que se expandiera a un ritmo constante. Se cree que ese tipo de energía oscura holográfica podría estar relacionado con la estructura fractal del cosmos. Aunque se necesitan más investigaciones, todo parece indicar que existe un vínculo estrecho entre las propiedades cuánticas del campo holográfico de información y la energía oscura. Desde este punto de vista, la energía oscura podría relacionarse con los procesos de auto-organización cuántica que subyace a la negantropía. Incluso el concepto de noosfera estaría relacionado con ella (Bogomolov, 2020).

Algunos físicos piensan que los condensados de Bose-Einstein esconderían la clave para desentrañar el misterio de la energía oscura (Aveline et al., 2020). El condensado de Bose-Einstein es considerado un estado físico de la materia, junto con el estado líquido, sólido, gaseoso y plasma, que se encuentra entre el mundo microscópico (gobernado por la física cuántica) y el macroscópico (gobernado por la física clásica). Se forma cuando los átomos de ciertos elementos se enfrían hasta llegar a temperaturas cercanas al cero absoluto (-273 grados centígrados). A una temperatura tan baja, las partículas pasan de un estado excitado a un estado fundamental de mínima energía. En ese punto, los átomos pierden su individualidad y entran en una fase conjugada de resonancia, es decir, se sincronizan hasta formar una sola función de onda de Schrödinger coherente, de manera que sus efectos cuánticos se manifiestan a gran escala. Los átomos se comportan entonces como una entidad única superfluida, una especie de cuasipartícula de masa negativa que fluye sin resistencia y que avanza en dirección contraria cuando recibe un impulso. El físico Forbes (Khomehchi et al., 2017) considera que este tipo de masa negativa podría relacionarse con la energía oscura, los agujeros negros y las estrellas de neutrones. Dentro de este marco teórico, se ha propuesto una teoría que dice que el espacio vacío está compuesto por una sustancia superfluida o condensado de Bose-Einstein, muy parecida al helio cerca del cero absoluto (Mäkinen et al., 2019). Como algunas propuestas sugieren que las propiedades del tejido espaciotemporal emergerían como una excitación del condensado del vacío a escala de Planck (Liberati & Maccione, 2014), se ha propuesto que el espacio-tiempo podría ser una sustancia superfluida (Moskowitz, 2014).

Según afirman los físicos norteamericanos Pawel Mazur y George Chapline (como se citó en Romero, 2020), si el universo gira, entonces la sustancia superfluida del espacio-tiempo se dispersaría en vórtices para originar las estructuras galácticas. Mazur sostiene además que nuestro universo pudo haber nacido en una estrella colapsada, en donde se generó una presión negativa al combinarse la materia de la estrella con la sustancia superfluida. Según el modelo Mazur-Mottola, este tipo de estrella colapsada recibe el nombre de “gravastar” o estrella gravitacional de vacío, que se describe como una bola de materia densa que se comporta como un condensado de Bose-Einstein. Una gravastar es parecida a un agujero negro vista desde el exterior, pero a diferencia de este, contiene energía oscura en vez de una singularidad central en su interior. Las partículas virtuales del vacío cuántico intervendrían en la formación del gravastar, ya que sus cargas gravitacionales pueden polarizarse para provocar una presión negativa, que se manifiesta como energía oscura. Como consecuencia, se impide el colapso gravitacional y la formación de una singularidad. Una gravastar sería un ejemplo de lo que se denomina un Objeto Genérico de Energía Oscura (GEODE por sus si-

glas en inglés). Los GEODEs fueron postulados por primera vez en 1966 por el físico Erast Gliner. Gliner demostró que de las ecuaciones de Einstein era posible producir objetos con un comportamiento similar al de los agujeros negros, pero que en realidad eran grandes bolas de energía del vacío. De acuerdo con la propuesta de Gliner, las estrellas gigantes, en lugar de colapsar gravitacionalmente en singularidades convencionales de agujeros negros, colapsan en objetos de energía oscura no singulares, los GEODEs, que solo parecen ser agujeros negros desde el exterior. Según sugiere una nueva investigación llevada a cabo por los investigadores Croker, Runburg y Farrah (2020), de la Universidad de Hawái, en Manoa, la energía oscura podría provenir del interior de GEODEs de Gliner esparcidos entre los grandes vacíos galácticos. Cuando las capas externas que rodean al núcleo de energía oscura de los GEODEs giran a velocidades cercanas a la luz, la mayoría de ellos comienzan a repelerse mutuamente. La repulsión mutua hace que se distancien de las galaxias hacia los espacios vacíos entre los cúmulos galácticos. Siendo los GEODEs una fuente natural de la energía oscura, parecen ser los responsables de la expansión acelerada del universo, pues están constantemente repeliéndose entre sí, algo que no hacen los agujeros negros. Esto significaría que la energía oscura puede tener ubicaciones específicas en el universo en lugar de estar dispersa por todo él.

Otra hipótesis que busca abordar al problema de la energía oscura es la del físico teórico Villata (2009). Según él, el universo se expande debido a la potente repulsión gravitatoria existente entre la materia (partículas) y la antimateria (antipartículas) que derivan de las fluctuaciones cuánticas del vacío, lo que elimina la necesidad de incurrir en la energía oscura. Como explica Villata, en nuestro universo, la materia y la antimateria son simétricas entre sí, pero sus valores numéricos están invertidos, es decir, la carga, la paridad y el tiempo (CPT) son de signo contrario. Esta simetría fundamental implica que la antimateria exista en una dimensión espaciotemporal invertida. Debido a ello, el comportamiento gravitacional de la materia y la antimateria es contrario, esto es, la materia tiene una carga gravitacional positiva, mientras que la antimateria tiene una carga gravitatoria negativa. Como resultado de su simetría CPT en nuestro mundo físico, los pares de materia y antimateria se atraen mutuamente hasta aniquilarse, pero hipotéticamente también pueden repelerse, tal y como predice la actual formulación de la relatividad general. En este supuesto caso, la repulsión gravitatoria sería tan potente que podría aclarar por qué el universo se está expandiendo de forma acelerada. Indica además que si materia y antimateria se repelen entre sí, entonces puede que se encuentren aisladas en diferentes regiones del universo, un argumento que podría resolver el problema de la antimateria faltante del universo. Esta es una de las razones por las que Villata cree que la antimateria que se creó junto a la materia en los orígenes del universo debe estar

escondida en los grandes vacíos cósmicos que bordean los filamentos, en donde hay muy baja densidad de materia y energía. Esto impediría que se aniquilase con la materia de su alrededor. Más todavía, sugiere que los vacíos cósmicos albergan grandes cantidades de antimateria, la cual podría incluso agruparse en galaxias con estrellas y planetas de antimateria. Recientemente, dos investigadores de la Universidad Complutense de Madrid, Beltrán Jiménez y Maroto (2011), han publicado un estudio que podría avalar las ideas de Villata, pues sostienen que la energía oscura tendría relación con los campos magnéticos cosmológicos que permean los vacíos cósmicos. En otro estudio liderado por Yusofi, se sugiere incluso que el crecimiento de esos grandes vacíos cósmicos podría ser la causa de la energía oscura y, por tanto, de la expansión acelerada del universo (Yusofi et al., 2022).

Al igual que la energía oscura, la materia oscura sigue siendo un misterio, por lo que los científicos se han sentido libres para imaginar cualquier tipo de escenario. Algunos astrofísicos, como Kashlinsky (2016) y Jedamzik (2020), creen que su origen está relacionado con la población de agujeros negros primordiales creados durante el nacimiento del universo por las singularidades de la geometría espaciotemporal. Ello ha llevado a la idea de que los agujeros negros primordiales podrían constituir el origen de la materia oscura, como sugirió Stephen Hawking. Un nuevo estudio liderado por el físico teórico Juan Garcia-Bellido, dice que estos primeros agujeros negros del universo se formaron poco después del Big Bang debido a las fluctuaciones cuánticas de densidad vinculadas al bosón de Higgs (Garcia-Bellido, Ezquiaga & Ruiz Morales, 2018). Las áreas donde esas fluctuaciones concentraron la materia gaseosa podrían haberse colapsado juntas para desarrollar agujeros negros de mayor masa. Muchos de estos agujeros conforman sistemas binarios que producen potentes ondas gravitacionales cuando giran en espiral uno alrededor del otro y, finalmente, colisionan entre sí (Figura 66). De ahí que se haya sugerido que la materia oscura podría ser la resultante de la gravedad residual generada por la abundancia de agujeros negros que hay en el centro y alrededor de la mayoría de las galaxias espirales, así como con las ondas gravitacionales que producen cuando colisionan, cuya versión cuantizada sería el gravitón. Más aún, los astrofísicos Dokuchaev y Yury Eroshenko (2014), del Instituto para la Investigación Nuclear de la Academia de Ciencias Rusas en Moscú, proponen que las partículas de la materia oscura están compuestas de mini agujeros negros del tamaño de un átomo, que surgieron a partir de las fluctuaciones cuánticas de densidad del universo temprano. Dado que la materia oscura no absorbe ni refleja radiación electromagnética, aunque sí interactúa con la materia ordinaria por medio de la gravedad, se asemeja a las propiedades de un agujero negro. Debido a estas similitudes, ambos astrofísicos proponen que los agujeros negros microscópicos son los can-

didatos perfectos para la materia oscura. Sin embargo, otros científicos, como Rovelli y Vidotto (2018), de la Universidad de País Vasco, sugieren que esos mini agujeros negros podrían haberse evaporado hace tiempo para transformarse en agujeros blancos microscópicos, los cuales podrían conformar la materia oscura.

Otra teoría que propone una explicación alternativa para el origen de la materia oscura es la del físico Hajdukovic (2011) de la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) en Suiza. La teoría de Hajdukovic se basa en lo que denomina “la polarización gravitacional de vacío cuántico”. Según su idea, las cargas gravitacionales de las partículas y antipartículas de las fluctuaciones del vacío cuántico son de signo opuesto, semejantes a sus cargas eléctricas contrarias. Las partículas componen la materia, así como las antipartículas la antimateria. La materia tiene una carga gravitacional positiva y la antimateria una negativa. En consecuencia, la materia y la antimateria son gravitacionalmente repulsivas. Como ambas tienen cargas diferentes para la gravedad, se generan dipolos gravitacionales, los cuales se polarizan cuando se acercan a los campos gravitatorios de la materia bariónica, produciendo un campo gravitatorio amplificado que actúa a gran escala y que puede atribuirse a la materia oscura.

Existe otro modelo de materia oscura derivado del principio holográfico y que ha sido estudiado recientemente por el físico teórico Verlinde (2017). Según el principio holográfico, toda la información del universo está contenida en la superficie de una esfera en torno a él, lo cual significa que la gravedad clásica emerge de esa información. Pero Verlinde cree que la información no está codificada alrededor de una esfera cósmica, sino más bien en la estructura misma del espacio-tiempo. Como indica el autor, la gravedad clásica no sería una fuerza universal, sino un fenómeno que emergería de los cambios en bits fundamentales de información almacenados en la propia estructura del espacio-tiempo como consecuencia de la alta entropía del universo. Esto quiere decir que la gravedad es simplemente una manifestación de la segunda ley de la termodinámica, una idea que entra dentro de la formulación de Jacobson de termodinámica gravitacional, y que estaría en consonancia con la distribución de la materia oscura a lo largo de las galaxias (Almeida, Trujillo & Plastino, 2020). El resultado de la información adicional en la estructura del espacio-tiempo sería una fuerza que coincide con la atribuida a la materia oscura. Esa información también puede describir la energía oscura. En este sentido, Verlinde indica que la energía oscura emerge del entrelazamiento cuántico de larga distancia. Más aún, la materia oscura sería para él el resultado de la interacción de la energía oscura con la materia bariónica.

Algunos cosmólogos de branas han especulado que las partículas mediadoras asociadas a la fuerza de la gravedad, los gravitones, pueden atravesar las dimensiones de nuestro universo-membrana para escapar hacia otras dimensiones. Esto explicaría por qué la fuerza de la gravedad es más débil que las otras fuerzas fundamentales. Recientemente, unos físicos teóricos de España y Alemania, entre ellos Javier Castellano y Matthias Neubert (Carmona, Castellano & Neubert, 2020), han descubierto que la materia oscura podría ser el resultado de grandes masas de fermiones que pueden propagarse a través de un espacio deformado de cinco dimensiones mediante portales espaciotemporales. Este espacio sería una membrana o brana situada a medio camino entre el universo visible y la materia oscura. Desde allí, las partículas desempeñarían el papel de materia oscura fermiónica. Los científicos han descubierto además que la quinta dimensión parece albergar un campo escalar similar al campo de Higgs, así como una partícula mediadora asociada con el fermión, aunque mucho más pesada que el bosón de Higgs. Ambas partículas escalares se mezclarían entre sí al compartir propiedades cuánticas similares, lo que significa que sus funciones de onda estarían entrelazadas. Esta idea resolvería el problema de la jerarquía del bosón de Higgs, que plantea que debería ser pesado en vez de ligero.

A lo largo del tiempo, la energía y la materia oscura se han considerado como dos fenómenos separados, sin embargo, un grupo de científicos del Centro de Investigación Electrónica de la Universidad de Oxford, sugiere que el universo está compuesto no solo de materia de masa positiva (materia bariónica), aquella que conforma todo lo que podemos percibir, como las galaxias, las estrellas, los planetas y las nubes de polvo y gas, sino también de una materia exótica de masa negativa que no podemos ver, que se atribuye a la energía y la materia oscura. Para el astrofísico Farnes (2018), primer autor del estudio, la existencia de esta masa negativa muestra que las cualidades negativas y positivas del cosmos se equilibran, lo cual supondría una solución estética que expresaría la simetría del universo en todos los niveles físicos. Farnes cree que tanto unas cualidades como otras se pueden unificar en una sustancia única, una especie de fluido cuya naturaleza es resultado de una fuerza antigravitatoria que se caracteriza por repeler la masa positiva de su alrededor. En su teoría desarrolla la idea de que las partículas de masa negativa son creadas de forma continua por un “tensor de creación”, de manera que se regeneran conforme se expande el universo. Estas masas negativas en continua creación parecen ser idénticas a la energía oscura, que, según hemos estudiado, es una energía negativa del vacío cuántico que induce una gravedad negativa, y que podría crearse en las dimensiones adicionales de regiones específicas, como son los vacíos cósmicos. A juzgar por Farnes, la atracción gravitacional de la masa positiva de las galaxias atrae la

masa negativa que se va extendiendo en todas direcciones y, a medida que esta masa negativa se acerca a ellas, ejerce una fuerza repulsiva tan fuerte que permite que giren a gran velocidad sin disgregarse.

Los ciclos de expansión y contracción del cosmos dependerían de la energía oscura y la materia oscura, que se podrían explicar atendiendo a los efectos de polarización en el vacío a gran escala, debido a la densidad relativa del campo de torsión. En esta línea de pensamiento alternativo se encuentran las observaciones del astrofísico ruso Nicolai Kozyrev (1958, como se citó en Swanson, 2008). A su juicio, todos los objetos físicos irradian y absorben información a través del vacío mediante ondas de torsión, una forma de radiación superluminal que resulta de la interacción de los espines de las partículas elementales, como los electrones y los protones (se cree que algunos efectos no locales, como el entrelazamiento, estarían relacionados con estas ondas de torsión). Cuando se produce un proceso irreversible en un sistema, la entropía aumenta en algún punto. En opinión de Kozyrev, ese aumento de entropía altera la densidad del tiempo local, cuya información es emitida por ondas de torsión que son absorbidas en otro punto. Es en este punto de absorción donde se produce un cambio de entropía en la dirección contraria, dando como resultado un equilibrio de la entropía total del sistema. Por su acción sobre la materia, la torsión de las ondas hacia la derecha genera una fuerza repulsiva, muy similar a la energía oscura, en tanto que la torsión hacia la izquierda, es la fuente de una fuerza atractiva, como la materia oscura.

Recientes investigaciones estiman que la energía oscura puede transformarse de manera gradual en materia oscura, y alterar la velocidad a la que se expande el universo. La transformación de energía oscura en materia oscura se traduce en una especie de universo cíclico, sucesivamente dominado por una u otra sobre la base de las leyes fundamentales de la conservación de la energía, que indica que la energía de un sistema aislado no se crea ni se destruye, sino que se transforma en otra forma de energía. El destino final de cada universo se rige por las cantidades que contiene de ambas fuerzas. Este hecho permite que puedan tener propiedades dispares, lo que se traduce en evoluciones diferentes que los hace comportarse como universos cerrados o abiertos (Figura 67). Si el valor de la densidad crítica de la materia oscura es mayor que el de la energía oscura, la geometría del universo tiene curvatura positiva, asemejándose a una esfera (geometría elíptica o espacio-tiempo de De Sitter). Entonces el universo puede expandirse y después contraerse en una singularidad de dimensiones cuánticas por el efecto de la atracción gravitatoria, comportándose como un universo cerrado (con un Big Bang seguido de un Big Crunch). Si el valor de la densidad crítica de la energía oscura es mayor que el de la materia oscura, la curvatura del universo es negativa, similar a

una silla de montar (geometría hiperbólica o espacio-tiempo anti-De Sitter). El universo sería entonces abierto (con un Big Bang seguido de una expansión eterna o Big Rip), ya que la gravedad es demasiado débil para detener la expansión. Ambas geometrías curvas (curvatura positiva y negativa) están en el dominio de la geometría no-euclidiana. Por último, si el valor de la densidad crítica de la energía y la materia oscura se iguala, el universo posee una curvatura nula, de modo que es semejante a un plano (espacio-tiempo de Minkowski). Hablaríamos entonces de un universo plano o euclidiano (Figura 68).

La forma exacta del universo es un tema de debate en la cosmología, pero los datos experimentales en relación con la aceleración del universo, la medida de la radiación de fondo de microondas y la inflación, apuntan a que la geometría del universo a escala local parece ser plana, lo que viene a decir que dos rayos de luz que avanzan en la misma dirección son siempre paralelos y nunca llegan a cruzarse en el espacio. No obstante, existe la posibilidad de que parezca plana porque la curvatura del espacio-tiempo es mucho más grande en comparación al pequeño tamaño del universo localmente observable, apuntando a un universo cerrado (Di Valentino, Melchiorri & Silk, 2020). Utilizando la información de la radiación de fondo de microondas, los cosmólogos han planteado otras geometrías alternativas para el universo global. Uno de ellos es el modelo del dodecaedro planteado por el cosmólogo francés Luminet (2005), del Observatorio de París. Antes de plantear este modelo, Luminet analizó una variedad de modelos diferentes, entre ellos el del universo plano, con curvatura positiva, con curvatura negativa y toroidal. El estudio reveló que el universo, en caso de ser finito, tendría forma de dodecaedro, un poliedro regular de doce caras pentagonales claramente relacionadas con la proporción de la sección áurea (Figura 69). Lo curioso del tema es que Platón ya afirmó en el *Timeo* que el dodecaedro era el símbolo que mejor representaba la forma de nuestro universo. Sin embargo, otro equipo de cosmólogos liderado por Steiner (2016) desarrolló un modelo del universo en forma de toroide gigante, que ha sido parcialmente corroborado por las medidas del telescopio espacial Planck de la radiación de fondo de microondas, y que recientemente ha sido constatado por un equipo de científicos de la Universidad Cornell, de Nueva York (Akrami et al., 2022). Con relación a las geometrías locales, esta geometría global en forma toroidal incluiría las dos soluciones topológicas posibles en la evolución del universo en un solo tipo de geometría. De ser así, el toroide representaría una combinación de curvatura positiva y negativa, en cuyo centro se conectarían el momento de Big Bang y del Big Crunch, el agujero blanco y negro que expande y contrae el tejido espaciotemporal del universo. Cuando el toroide se despliega, la información sale del agujero blanco y, cuando se

pliega, es absorbida por un agujero negro al otro lado. Entonces la información pasa a través de una singularidad y comienza nuevamente su ciclo (Figura 70).

6. La Analogía como Unificación

La física cuántica y la relatividad general son dos teorías fundamentales de la física que describen a la perfección la realidad. No obstante, cada teoría tiene sus características y se rigen por leyes propias, con métodos de investigación diferentes, incluso antagónicas. La física cuántica funciona muy bien para describir el mundo microscópico, donde la masa de las cosas es muy pequeña; y la teoría de la relatividad para describir el otro lado del espectro, el mundo macroscópico, donde la masa es mucho mayor. El objeto de estudio toma una u otra realidad según el tipo de visión que se le aplica, pero esta oposición puede también complementarse, ya que los problemas que presentan ambas teorías los podemos resolver usando el argumento analógico, un tipo de razonamiento que se basa en la semejanza entre dos cosas para inferir algo sobre una de ellas. En física, este tipo de argumento se utiliza a menudo para inferir cómo puede comportarse un sistema en una situación desconocida a partir de su comportamiento en una situación similar que ya se conoce.

En la naturaleza, hay ciertos patrones duales que se repiten de forma consistente en diferentes escalas. Y el hecho de que esos patrones duales semejantes parezcan repetirse en todos los niveles de organización, ya constituye un argumento analógico. Dicho argumento parece relacionarse con fenómenos como la complementariedad onda/partícula, y opera conforme a un equilibrio armónico que establece vinculaciones recursivas entre las partes y el todo, como en un fractal, lo cual nos permite resolver los problemas complejos de manera muy sencilla. Precisamente, Einstein abordó la idea de una armonía universal desde una perspectiva científica en su obra, reflejada en las leyes fundamentales de la física. Durante sus últimos treinta años, trabajó con la esperanza de encontrar una teoría unificada de campos, ya que creía en la existencia de esa armonía universal, por la cual pudo resolver la unificación del espacio y el tiempo. Esa misma armonía universal le hizo advertir de forma intuitiva las relaciones existentes entre la espiritualidad y la ciencia, cuando afirmaba que “la ciencia sin religión era ciega y la religión sin ciencia era coja”, llegando incluso a manifestar que la ciencia es una forma de religión (Benítez, 1999).

Según Einstein, las leyes fundamentales de la física muestran una gran sencillez y belleza en su formulación matemática. El objetivo de la ciencia contemporánea es encontrar un esquema simple y bello que sea susceptible de ser escrita y que dé una descripción abreviada del mundo basada en leyes unificadoras. Una Teoría Unificada que estructure el conocimien-

to científico en un gran sistema coherente que podamos entender. Sin embargo, el problema de encontrar una teoría unificada del todo radica en que la ciencia se mueve todavía en la visión disgregada de la realidad, porque solo se limita a las cosas físicas. Para alcanzar una imagen más integrada, es necesario tener en cuenta las descripciones holísticas y transdisciplinarias, que incluyen el mundo viviente, la mente, la creatividad, la cultura, los valores y la espiritualidad. Vistas así las cosas, el modelo holográfico de la realidad puede constituir otro intento de conciliar lo pequeño con lo grande. La clave consiste en tener en cuenta su dinámica a lo largo de los niveles jerárquicos de la estructura fractal del universo. Como el generador en lo físico de la estructura fractal es la proporción áurea del nivel cuántico, esta puede considerarse crucial en la gestación de una Teoría Unificada, porque permite inferir la razón entre dos extremos a lo largo de todos los niveles de la realidad. Es más, tal vez la proporción áurea sea la relación analógica que mejor se adapte al tercero incluido que relegó la ciencia formal. Y el hecho de que todo parezca vincularse armónicamente mediante relaciones analógicas hace que la proporción áurea constituya el entrelazamiento que permite integrar las dos teorías del universo. Esta idea novedosa responde a las expectativas del químico Jan Boeyens, de la Universidad de Pretoria, y el paleontólogo Francis Thackeray, de la Universidad de Witwatersrand en Johannesburgo, quienes señalan que el tejido del espacio-tiempo está sujeto a la proporción áurea (o analogía), al igual que las formas biológicas e inertes de nuestro planeta, y es tan ubicua que se puede usar para integrar la teoría cuántica y la relatividad general en una Teoría del Todo (Boeyens & Thackeray, 2014). Asimismo, gracias a la analogía recurrente, se puede construir una historia elegante que describa el origen y la evolución cósmica de manera sencilla y bella. Ello requiere generalizar dualidades y simetrías recursivas a todos los niveles de descripción física. Un repaso selectivo por la historia del universo nos pone de manifiesto esta condición estética de simetría recursiva:

En el inicio del universo podemos encontrar una expansión de naturaleza inflacionaria de la energía primordial disponible en los campos cuánticos del vacío. Las teorías de la unificación postulan que antes del período inflacionario, cuando el universo era una singularidad muy densa y caliente, todas las fuerzas universales formaban una única superfuerza, y la materia no existía como entidad separada. Solamente había un vacío lleno de un campo de energía primordial y extremadamente simétrico (en física, simétrico significa ordenado) denominado falso vacío. Asimismo, los diferentes planos dimensionales coexistían en un mismo estado perfecto de simetría. Se cree que ese estado perfecto de simetría era un espacio superfluido o un condensado de Bosen-Einstein. Esto se puede deber al hecho de que el vacío cuántico del período de la unificación estuvo caracterizado por un estado cuántico superpues-

to, al igual que los cúbits en un ordenador cuántico o como el símbolo phi, que es un estado de superposición entre cero y uno (Haight, 2016). En ese momento de singularidad, llegó el gran estiramiento de la inflación, durante el cual la temperatura del universo fue bajando gradualmente. Y a medida que se enfriaba, el campo energético del falso vacío experimentó una transición de fase al minimizar su densidad de energía, estabilizándose como un verdadero vacío. La transición de fase fue responsable del breve período de expansión exponencial de la inflación cósmica. Esto hizo que se pasara de una situación simétrica, donde las fuerzas solo eran una, a una situación de asimetría, donde eran diferentes. Esta situación de asimetría vino producida por un gran colapso o ruptura espontánea de simetría del entrelazamiento, hecho que separó la energía primordial en dos fuerzas, la fuerza de gravedad y la fuerza electronuclear. En ese mismo instante, la fuerza electronuclear volvió a escindirse en dos fuerzas: la fuerza fuerte y la fuerza electrodébil (fuerza débil y electromagnética). La ruptura de simetría de las cuatro fuerzas fundamentales hizo también que de las dimensiones más pequeñas se desplegaran las cuatro grandes dimensiones del universo (tres dimensiones espaciales y una dimensión temporal). Desde ese entonces, comenzó la flecha termodinámica del tiempo, que avanza en dirección en la que aumenta el desorden o la entropía, aumento que mantiene una profunda conexión con la gravedad (Barbour, Koslowski & Mercati, 2014) y que se contrapone al carácter coherente y antientrópico del campo de energía primordial, cuya flecha temporal parece avanzar tanto hacia delante como hacia atrás. De ahí que el físico británico Julian Barbour (como se citó en Serrano, 2021, 25 de enero) deduce que el Big Bang fue el punto medio a partir del cual el tiempo comenzó a transcurrir en dos direcciones contrarias. Esta inversión del tiempo impide, según Barbour, que aumente la entropía, lo que posibilita un universo cada vez más complejo y estructurado, creciendo sin límites espaciotemporales.

La fuerza gravitacional se ha de entender dentro de la dinámica de ruptura o fractalidad del campo de energía primordial, como consecuencia de la adición recursiva a gran escala de la curvatura de la geometría del espacio-tiempo producida por los estados vibratorios del entrelazamiento a pequeña escala. Cuando el sistema de fuerzas a pequeña escala alcanza ciertos umbrales críticos de energía, generalmente relacionados con los efectos gravitacionales a nivel cuántico, los estados vibratorios del entrelazamiento se colapsan, provocando rupturas espontáneas de totalidades, con los consiguientes saltos de las distintas fuerzas universales. Esto significa esencialmente que las fuerzas fundamentales de la naturaleza se originaron a partir de los fenómenos cuánticos/holográficos del universo; surgieron del colapso inmediato de la simetría del entrelazamiento cuántico en una jerarquía progresiva de niveles emergentes, donde cada nivel formaba parte de otro aún más conectado. En ese proceso, la

gravedad cuántica se acopló a la coherencia del entrelazamiento, que se fue retroalimentando hasta generar una energía gravitacional tan grande que produjo una ruptura de la simetría cuántica a gran escala y una fuerte curvatura espaciotemporal, a partir de las cuales se fueron desarrollando las formas complejas de organización que observamos en el cosmos. Razón esta que sugiere que la gravedad se produce a partir de los fenómenos cuánticos del universo como una emergencia de su alta entropía, creando las condiciones para que la flecha del tiempo transcurra en una sola dirección. Y aunque parezca separada de las demás fuerzas por la acción de sus propiedades emergentes, en realidad está unida a ellas a través de un campo subyacente de naturaleza holográfica, responsable tanto de las interacciones no locales del entrelazamiento cuántico como de la gravedad, y que funciona como un estado potencial del cual surge el dinámico despliegue de los niveles fractales del universo, aquellos estados más estables al mundo clásico que tienen mayor entropía. En ese campo holográfico se almacenaría la información heredada de otros universos a lo largo de sus ciclos, dando una explicación a la coherencia con la que evoluciona (Laszlo, 2004).

De acuerdo con el modelo cosmológico estándar, el universo comenzó con un estado ordenado de baja entropía, o de negantropía o máxima información, a través del cual todo estaba unificado por fenómenos cuánticos de entrelazamiento. Este hecho revela la armonía, simetría y belleza del universo en sus inicios, una condición unitaria que autores como Haight (2016) han relacionado con el número phi. Pero conforme se empezó a expandir y enfriar, el universo se fue precipitando hacia un estado desordenado de alta entropía, debido sobre todo a las sucesivas rupturas de simetría que se produjeron durante la transición de fase de la energía primordial del falso vacío al verdadero. A partir de entonces, las fuerzas fundamentales, hasta entonces unificadas, comenzaron a dividirse repentinamente bajo un principio dual de fractalidad. El universo conocido se generó, por tanto, tras la polarización o fragmentación de la unidad. Así, el período de la inflación cósmica vino marcado por la separación de la fuerza de la gravedad y la fuerza nuclear. Este período se caracterizó además por una multitud de fluctuaciones cuánticas del vacío, las cuales dieron lugar a la creación de pares iguales de partículas virtuales, las partículas y las antipartículas, que constituyen la materia y la energía de todo lo que existe, tanto positiva como negativa. Debido a las altas temperaturas, esas fluctuaciones eran fundamentalmente inestables, causando que los pares virtuales de partículas se aniquilaran en poco tiempo, hasta desaparecer de nuevo en el vacío. Cuando la temperatura disminuyó, el campo de energía se fragmentó en un campo electrodébil, cuyas interacciones tienen, según el físico ruso Yuri Vladimirov (2002, como se citó en Stakhov, 2005), relaciones de proporcionalidad cercanas a la razón áurea. La ruptura espontánea de simetría

en el universo temprano confirió masa a una gran variedad de partículas elementales, que pudieron materializarse como partículas reales gracias a que muchas fluctuaciones consiguieron estabilizarse por la interacción con los bosones de Higgs. Ello permitió la creación del mundo complejo de la física de partículas, principalmente los protones, neutrones y electrones, a partir de los cuales se formarán las partículas de gas y polvo, las estrellas y los planetas del universo actual. Pero en los orígenes del universo se cree que debió generarse una misma cantidad de partículas y antipartículas, aunque algo hizo posible que la materia lograra dominar sobre la antimateria tras la ruptura de simetría. Al parecer, los neutrinos fueron las partículas responsables de esto, puesto que sus oscilaciones violan la simetría CP (Abe et al., 2019) y, por consiguiente, interactúan con el campo de Higgs de forma asimétrica. Posiblemente, esta violación de simetría se produjo durante la rápida inflación. Fue entonces cuando la simetría del campo electrodébil se rompió para dar lugar a la fuerza electromagnética y la fuerza nuclear débil, la única fuerza fundamental que afecta a los neutrinos y que también viola la simetría CP.

La fragmentación de la energía primordial en la era electrodébil produjo la aparición de dos clases de partículas subatómicas elementales: los fermiones, que conforman la materia visible, y los bosones de gauge (gluones, bosones W^+ , W^- y Z , fotones y gravitones), que son los responsables de transmitir entre los fermiones las cuatro fuerzas fundamentales (Figura 71). Los fermiones obedecen a la estadística de Fermi-Dirac, lo que significa que no pueden ocupar a un tiempo los mismos estados cuánticos, de ahí que son partículas cuya función de onda está sujeta al “principio de exclusión de Pauli”, por el cual se generan fragmentos que se muestran aislados unos de otros. Ya que persisten en mantener su individualidad, los fermiones presentan una forma de vibración cuya función de onda es asimétrica. Ello hace que los electrones formen orbitales con distintos niveles de energía, una desigualdad que permite diferenciar las partículas elementales de la tabla periódica y, por lo tanto, que exista la materia sólida. Las partículas fermiónicas no pueden existir en el mismo estado cuántico, razón por la cual son contrarias a las partículas bosónicas o mediadoras, como los fotones, que tienen la propiedad de entrar en un estado unitario de vibración extendido a lo largo de un campo electromagnético, que es un estado cuántico de coherencia o superposición de estados. Esta cualidad de estar en coherencia depende de que el estado de vibración que describe su función de onda sea simétrica. Las partículas bosónicas, al no obedecer al “principio de exclusión de Pauli”, forman condensados de Bose-Einstein, un estado superfluido de la materia cuyas características están determinadas por la física cuántica. Si tenemos en cuenta que el Big Bang partió de una singularidad en donde todo estaba entrelazado a través de un campo

simétrico y superfluido de energía primordial, podemos concluir entonces que todas las partículas permanecen conectadas de manera no local por una relación de proporcionalidad, aunque sus vínculos físicos hayan desaparecido. Este hecho les permite adoptar interacciones organizacionales que les hace integrarse en agrupaciones más complejas. Tales agrupaciones crean por sí mismas nuevas totalidades sistémicas, la emergencia de un todo no reducible a sus partes.

Los fermiones aparecieron gracias a dos partículas elementales: los leptones y los quarks (y sus correspondientes antipartículas simétricas), que interactúan intercambiando partículas bosónicas. Ambas partículas difieren entre sí, dado que los leptones pueden presentarse aislados, mientras que los quarks forman grupos para crear otras partículas llamadas hadrones. Esto se debe a que los leptones no experimentan la interacción fuerte, todo lo contrario a los quark, que sí la experimentan. Asimismo, los leptones carecen de estructura interna, aunque poseen ciertas simetrías (entre ellos se incluyen el electrón y el neutrino). Los hadrones, por otro lado, sí poseen una estructura interna, que se puede presentar en dos variedades, igualmente simétricas: los mesones, partículas integradas por parejas de quarks y anti-quarks, que resultan inestables porque se pueden aniquilar; y los bariones, que son partículas que están formadas por tres quarks, como los protones y neutrones que constituyen el núcleo atómico (Figura 71). Según la variedad de sus masas, los leptones y los quarks se suelen clasificar en tres generaciones, cada una de las cuales incluye dos tipos de leptones con espín entero y semientero, y dos tipos de quarks con espín entero y semientero, así como sus correspondientes antipartículas (Figura 72). La materia ordinaria o bariónica que nos rodea forma parte de la primera generación. Se cree que el resto de partículas, las de la segunda y tercera generación, aparecieron al inicio del Big Bang, pero fueron decayendo en otras partículas menos pesadas y más estables a través de las interacciones nucleares débiles. Esas otras partículas más livianas son los quarks llamados *u* y *d* (de *up*, arriba, que gira en un sentido, y *drown*, abajo, que gira en sentido contrario) y el leptón llamado electrón (con carga negativa). Con dos quarks *up* y un quark *down* se construyeron los protones (cargados positivamente) y con un quark *up* y dos quarks *down* se formaron los neutrones (que tienen carga neutra). En ambos casos, cada quark tiene una carga de un “color” distinto: el verde, el azul y el rojo, de modo que cuando tres quarks combinan sus cargas para formar un protón o un neutrón la combinación forma luz blanca (Figura 73). En el caso de los antiquarks, cada uno tiene el anticolor o el color complementario del quark correspondiente (magenta, amarillo y cian). Los protones y los neutrones son hadrones que constituyen dos estados de una misma partícula denominada nucleón. Dentro del nucleón los protones se repelen fuertemente, y para man-

tenerse juntos necesitan atraer a un electrón para entrelazarse con él y formar una partícula neutra, el neutrón, de tal manera que un neutrón aislado puede desintegrarse en un protón más un electrón y un neutrino. Los electrones y los nucleones son partículas fermiónicas que interactuaron con sus antipartículas por medio de las cuatro fuerzas fundamentales, que son transmitidas por los bosones cuando interactúan con los fermiones. A través de esas interacciones los electrones y los nucleones se combinaron entre sí para crear los primeros átomos de materia bariónica (ver Anexo A, Diagrama 4).

Instantes después del Big Bang, tras la transición de la fase electrodébil, se cree que el universo entero estaba formado por un fluido de plasma caliente de quarks y gluones, las partículas bosónicas que se encargan de transmitir la fuerza fuerte que mantiene unidos a los protones y neutrones. En ese estado de alta temperatura la luz interactuaba con la materia, lo que impedía que la radiación luminosa se propagase libremente. Como la luz no podía moverse con libertad el universo era opaco y totalmente oscuro. Pero conforme avanzó la expansión el universo se fue enfriando, y al enfriarse permitió que los quarks formaran los protones y neutrones, que se unieron por la fuerza fuerte para formar nucleones. Los electrones que estaban libres pudieron entonces recombinarse con los nucleones para crear átomos de hidrógeno con carga eléctrica neutra, en lo que se llama la “época de la recombinación”. En aquel preciso instante la radiación luminosa se separó o desacopló de la materia, lo cual hizo que el universo se volviera transparente a la luz. Esa radiación emitida en el desacoplamiento se denomina hoy radiación de fondo de microondas, que aún podemos detectar hoy en día. Uno de los principios fundamentales de la cosmología es que el universo considerado a gran escala se distribuye de forma homogénea en casi todas las partes, es decir, es uniforme en lugar de irregular, por lo que este hecho descartaría la hipótesis de una estructura de naturaleza fractal. Para que el universo sea fractal, debe existir una autosemejanza en todas las escalas de observación. Pero resulta que la mayor parte de los cosmólogos asumen que por encima de estas escalas el patrón fractal del universo se suaviza y se torna uniforme, y por eso no es un fractal verdadero. No obstante, recientes observaciones sobre la radiación de fondo de microondas y las posiciones de las galaxias indican que la distribución de la materia del universo no se reparte uniformemente a gran escala, sino que presenta pequeñas fluctuaciones de densidad que hace que se distribuya de forma irregular en el espacio, irregularidades posiblemente producidas durante el período de la inflación debido al principio de incertidumbre en la posición y velocidad de las partículas a nivel cuántico. En la radiación de fondo de microondas se pueden observar unas zonas frías y otras calientes, que muestran las diferencias de densidad del universo temprano, esto es, las diferencias entre campos gravitacionales de ma-

yor y menor intensidad. Se supone que a partir de ahí las regiones más densas siguieron acumulando materia, dando lugar a nodos situados entre largos y delgados filamentos. Por el contrario, en las regiones menos densas la materia se fue dispersando, lo que dio lugar a inmensos vacíos desprovistos de ella. El total de las fluctuaciones de densidad configura una estructura fractal que se repite sistemáticamente en un rango bastante amplio de escalas. Esta distribución autosimilar se vuelve a observar en la aglomeración jerárquica de los nodos, que comprende la zona en donde la densidad de materia es más alta. Los nodos están hechos de grandes cantidades de materia oscura y galaxias, que se agrupan para formar cúmulos, que a su vez forman supercúmulos, los cuales se conectan entre sí hasta configurar las grandes estructuras filamentosas (Figura 74). Mientras los cúmulos están típicamente en los filamentos y los límites de los vacíos cósmicos, los supercúmulos se encuentran en las intersecciones de los filamentos.

Como muchas formas naturales, la estructura fractal de nuestro universo visible no es infinita, pues acaba allí donde termina su horizonte cosmológico. Más allá de sus fronteras, existirían los niveles fractales de evolución de otros universos burbuja de verdadero vacío, que estarían superpuestos al nuestro y que fueron creados por las fluctuaciones cuánticas de un estado de falso vacío primordial. Esas fluctuaciones del espacio-tiempo son las semillas de los niveles fractales del multiverso, que se corresponderían con los cuatro niveles que el físico y cosmólogo sueco-estadounidense Tegmark (2009) ha clasificado. Tales niveles van diferenciando entre sí conforme ascendemos por la escala, es decir, se comportan como fractales locales con distintas dimensiones o multifractales. El primer nivel estaría formado por universos con leyes físicas y constantes iguales a las nuestras, incluso similares o ligeramente diferentes, porque podrían tener un origen en común. Por encima de este nivel existiría otro en donde los universos tendrían orígenes propios. Esto hace que las constantes y leyes sean muy distintas a las nuestras. El siguiente nivel implicaría las infinitas ramificaciones fractales del multiverso, y más allá de este nivel existirían otras posibilidades matemáticas y geométricas (Figura 75). El multiverso fractal sería el resultado de la autosimilitud de un Universo a lo largo de diversos niveles. Por ser fractal es un multiverso de interrelación entre el caos y el orden, lo múltiple y lo uno, es decir, es esencialmente dialéctico.

Según las investigaciones de algunos científicos, nuestro universo exhibe una distribución autosimilar a lo largo de todas las escalas. Esta autosimilitud fractal ya se puede rastrear en su historia evolutiva. Por ejemplo, en un principio las cuatro fuerzas estaban unificadas a nivel subatómico en la escala de Planck, y probablemente la proporción áurea jugó un papel fundamental en dicha unificación (Xu & Zhong, 2011). A partir de la inflación, tuvo

lugar la separación de la fuerza de gravedad y la fuerza electronuclear, y seguidamente la fuerza electronuclear se dividió en la fuerza nuclear fuerte y la fuerza electrodébil (fuerza débil y electromagnética). En ese momento llegó la época de los quarks. Cuando la temperatura disminuyó, la fuerza nuclear fuerte hizo que los quarks se pudieran combinar en grupos de tres para formar los bariones, como el protón y el neutrón. Poco después, los protones y neutrones se unieron a su vez para constituir los primeros nucleones. Y en el transcurso del desacoplamiento de la radiación y la materia, la atracción electromagnética hizo que estos nucleones fueran apresando a los electrones para crear los primeros átomos de la tabla periódica, los átomos de hidrógeno, que están compuestos por un protón y un electrón. Significativamente, la proporción áurea está presente en el valor de la constante de la estructura fina del átomo de hidrógeno, que se define como la probabilidad de que un electrón emita o absorba un fotón, y cuyo inverso es $137+$, un número que coincide con el valor del ángulo áureo. Esta semejanza entre el valor de la constante de la estructura fina y la versión angular del número áureo, llevó a la física checa Heyrovská (2009) a buscar la proporción áurea en el universo cuántico, y la encontró por primera vez en el interior de las estructuras atómicas fundamentales, concretamente en el radio de Bohr del átomo de hidrógeno (Figura 76), que se divide en dos secciones en el punto de neutralidad eléctrica entre las cargas opuestas del protón (carga positiva) y del electrón (carga negativa). Asimismo, la proporción áurea determina el límite de la suma sobre las posibles historias de un electrón del átomo de hidrógeno, como hizo observar Huntley (1969). Hasta está presente en la probabilidad de transición de los electrones de un nivel de energía a otro. Ello es así porque la estructura del átomo de hidrógeno, los electrones y sus capas electrónicas alrededor del núcleo, siguen proporciones áureas, quizá porque es la forma más optimizada para estar presente en el mundo cuántico (Silvera, 2016). A partir de esas estructuras básicas del elemento principal, se manifiestan todos los elementos físicos y químicos de la tabla periódica, subyacente a la cual existe una sucesión de Fibonacci (Sergey Jakushko, 2010, como se citó en Olsen, 2017), como así también los seres vivos y la forma que tienen de percibir e interpretar el mundo. Por esta razón, y en opinión de Haight (2016), entender la estructura del hidrógeno, es entender la física, si no en su totalidad, al menos en gran parte de ella.

A medida que el universo se expansionaba y enfriaba, el espacio se fue llenando de gigantescas nubes de polvo y gas interestelar, en su mayor parte compuestas por hidrógeno en su forma atómica y molecular. Estas grandes nubes no se distribuyeron por el espacio de manera totalmente homogénea, sino que se concentraron en los grandes halos esféricos de materia oscura ya formados poco después del Big Bang, alrededor de los cuales se empezaron a

comprimir por efecto de su propia gravedad, dando lugar a los filamentos que observamos hoy a gran escala. En las regiones más densas, en aquellas en donde los filamentos se entrecruzan, las grandes extensiones de polvo y gas se fueron fragmentando aún más sobre sí mismos debido a las características fractales de los halos de materia oscura, es decir, comenzaron a comprimirse a costa de otras regiones menos densas, de tal forma que se colapsaron en conglomerados más pequeños que actuaban como núcleos de atracción gravitatoria. El polvo y gas de cada núcleo se compactó mediante la contracción gravitacional hasta alcanzar condiciones de presión y temperatura extremas. Esto forzó a los núcleos atómicos de hidrógeno a combinarse entre sí hasta producir átomos de helio, compuestos por dos protones y dos electrones, un proceso que condujo a la ignición de la fusión nuclear. La gran energía liberada por la fusión del hidrógeno y su transformación en átomos de helio formó las primeras estrellas o protoestrellas, que se encargaron de crear los elementos pesados de la tabla periódica, aunque los más pesados se crearon como consecuencia de la muerte de estas estrellas. Todos estos elementos químicos conformaron nuestro mundo, incluso nosotros provenimos de esas reacciones nucleares originadas en las estrellas.

Las estrellas son esferas de plasma que mantienen un equilibrio dinámico entre dos fuerzas que se oponen: la contracción de la gravedad, que empuja la masa de la estrella hacia su interior; y la presión de la energía liberada por las reacciones nucleares producidas internamente, que hace que la estrella se expanda hacia el exterior. Durante esta etapa, ambas fuerzas se contrarrestan, manteniendo en equilibrio hidrostático a las estrellas. Pero al ir agotando su combustible de hidrógeno y helio al final de su vida, y no poder contrarrestar la fuerza contractiva, las estrellas pierden su equilibrio hidrostático. Entonces sus elementos interiores se colapsan súbitamente hasta un estado más o menos denso de contracción gravitacional, y finalmente mueren como supernovas en grandes explosiones (Figura 77). Al explotar, las estrellas expulsan los elementos de las capas exteriores hacia el espacio en forma de gas y polvo, mientras que en el interior el núcleo se contrae para formar un agujero negro o una estrella de neutrones, dependiendo del tamaño de las estrellas. Las estrellas grandes se transforman en agujeros negros y las pequeñas en estrellas de neutrones, que son semejantes a un enorme núcleo atómico formado exclusivamente de neutrones, al contrario que las enanas blancas, que están formadas solamente por protones y electrones (Figura 78). Es comúnmente aceptada la idea de que las primeras estrellas que se formaron tras el Big Bang tenían una gran masa, debido sobre todo a que estaban hechas de hidrógeno y helio prácticamente puros. Ello hacía que se colapsaran bajo su propia gravedad, formando inmensos agujeros negros. Los astrofísicos japoneses Chon y Omukai (2020) creen que esos agujeros negros

primordiales podrían ser los precursores de los agujeros negros supermasivos que se encuentran en el centro de las galaxias (Figura 79), alrededor de los cuales se crearon las primeras galaxias. Pero otra alternativa a los agujeros negros supermasivos es que nacieron por el colapso de los halos de materia oscura en regiones de alta densidad (Argüelles et al.; 2021 Wise et al., 2019).

Las ondas expansivas generadas tras la explosión de las primeras estrellas originaron que el gas interestelar y el polvo fueran expulsados hacia el exterior. Ello condujo a la formación de grandes burbujas cósmicas, alrededor de las cuales comenzaron a agruparse las nubes de gas y polvo, dando origen a regiones con una densidad mayor que empezaron a ejercer una fuerza gravitacional sobre la materia circundante. A medida que las ondas de choque de las explosiones de las supernovas se expandían, estas alcanzaban otras nubes cercanas de gas y polvo interestelar, las cuales colapsaban localmente bajo los efectos de su propia fuerza de gravedad. Las ondas de choque resultantes dieron lugar a filamentos hechos de filamentos, a modo de estructuras fractales de gas y polvo que copian las de mayor tamaño. Algunos científicos han sustentado la idea de que las nubes de gas y polvo del espacio interestelar adoptaron esos patrones autosimilares debido a la atracción gravitacional y a las turbulencias que generaban las explosiones de supernovas. Una turbulencia puede considerarse como un flujo de fluidos, como líquidos o gases, con fluctuaciones fractales que se dividen en todas las escalas espaciotemporales (Selvam, 1999), hasta trazar una espiral logarítmica. Cuando se produce una turbulencia, las grandes nubes de gas y polvo se fragmentan hasta formar nubes más pequeñas que se atraen mutuamente y giran entre sí. Con el tiempo, esas nubes de pequeño tamaño producen estrellas en su interior que se convierten en sistemas de estrellas binarias o múltiples con órbitas diversas. Los sistemas estelares se reunieron alrededor del centro de las galaxias, las galaxias se congregaron en pares de galaxias, en pequeños o en grandes grupos, alrededor del centro de sus cúmulos, y los cúmulos alrededor de los centros de los supercúmulos de galaxias, dando lugar a una estructura jerárquica de escalas de tipo fractal. Por ejemplo, nuestro sistema solar se reunió alrededor del centro de la Vía Láctea, que gira en torno a una estructura más grande conocida como Grupo Local, que a su vez está girando dentro del Supercúmulo Local, en el centro del cual se encuentra una hipotética estructura cósmica de materia oscura, llamada Gran Atractor, que ejerce una atracción gravitatoria sobre las galaxias cercanas. Por esta razón, se cree que las turbulencias jugaron un importante papel en el estado inicial del universo. Aún más, Brown (1981) cree que existen buenas razones para pensar que las protogalaxias que se crearon tras el Big Bang son turbulencias que com-

parten una dinámica semejante a las estrellas producidas por las supernovas. También compartirían algunas similitudes con la espuma espaciotemporal a nivel cuántico (Jack, 2019).

La clave de la creación de nuestra estrella es la naturaleza fractal de una turbulencia de gas y polvo que contenía residuos de supernovas anteriores, posiblemente de varias estrellas antiguas que explotaron y que pudieron haber creado los elementos más pesados, como el oxígeno, el hierro y el carbono, un elemento esencial para la vida terrestre -de aquí la frase del astrofísico Carl Sagan que decía que estamos hechos de polvo de estrellas-. Estos elementos creados en las estrellas son los que formaron la enorme nube de gas y polvo que colapsó gravitacionalmente, hasta conformar nuestro Sol. Una pequeña parte de esa nube se dispersó como un disco de acreción alrededor del Sol. Por el análisis de los meteoritos, se cree que ese disco de acreción originó una brecha o separación fronteriza que repercutió en la composición de los protoplanetas (Maurel et al, 2020). A lo largo de la región interna se crearon los planetas rocosos, como la Tierra y Marte, mientras que en la región externa los planetas gaseosos, como Júpiter y Saturno (Figura 80). Parece ser que la formación de ese disco protoplanetario no es aleatoria, pues los planetas están perfectamente ordenados en órbitas con distancias relativas cercanas a la proporción áurea (Martineau, 2001, como se citó en Craft, 2012; Meisner, 2012). De entre ellos, la Tierra se sitúa en la distancia justa del Sol, es decir, ni demasiado lejos ni demasiado cerca de él, lo que permitió los niveles idóneos de radiación luminosa para la evolución de las plantas y los animales. Y al igual que el Sol tiene una zona de habitabilidad a su alrededor, en la Vía Láctea existe otra zona intermedia que se sitúa en la distancia justa del agujero negro supermasivo del centro galáctico.

En algunas regiones de nuestro universo, los halos de materia oscura atrajeron enormes cantidades de gas y polvo a través de la gravedad, y juntos formaron estructuras fractales a gran escala donde las galaxias pudieron crecer y evolucionar. Desde entonces, los halos de materia oscura y las galaxias han ido creciendo a la par gracias a las nuevas acreciones de gas y polvo, así como al ensamblaje de estructuras menores en otras mayores. Cada galaxia está rodeada de un enorme halo de materia oscura, cuya masa está en correlación con la masa de los agujeros negros que hay en su centro y alrededor de él (Bogdán & Goulding, 2015), y que posiblemente se formaron antes de que existieran las galaxias. Según un estudio desarrollado en la Universidad de Northwestern (Anglés-Alcázar et al., 2021), esos agujeros negros centrales se alimentan activamente del material circundante a través de procesos gravitacionales empleados por los brazos espirales de las galaxias. A este sistema de alimentación le sigue otro que expulsa parte del material en forma de dos potentes chorros de materia ionizada, un

proceso de liberación que lleva a una retroalimentación dinámica entre el agujero negro central y la galaxia que lo rodea, de modo que evolucionan en sinergia.

Según la conclusión de un estudio dirigido por el estudiante de doctorado Joseph John Fernández, de la Universidad John Moores en Liverpool, junto con Shiho Kobayashi, las poblaciones de agujeros negros ubicadas en el centro de las galaxias son una fuente potencial de ondas gravitacionales (Fernández & Shiho Kobayashi, 2019). Los físicos Adams, Chesler y Liu (2014), del Instituto de Massachussets, han encontrado evidencias de que el horizonte de sucesos de un agujero negro actúa como un fluido turbulento cuando engulle materia-energía de su entorno. Estas turbulencias son fenómenos no lineales muy complejos que forman superficies fractales, cuyas señales podrían aparecer en las ondas gravitacionales que emiten. Dos agujeros negros entrelazados que giran uno alrededor de otro por su gravedad, liberan potentes ondas gravitatorias con un comportamiento fractal y multifractal. Las ondas gravitacionales se propagan desde su fuente hacia el exterior en forma de ondulaciones con un patrón de vórtice, y juegan un papel central en la curvatura del tejido espaciotemporal. En este marco, cerca de la fuente gravitacional el espacio-tiempo se curvaría más. A juzgar por un estudio realizado por Lamine, Jaeke, Lambrecht, Reynaud y Maia Neto (2007), de la Universidad Pierre et Marie Curie de París, las ondas gravitacionales generadas dentro de nuestra galaxia o durante la expansión cósmica constituyen un entorno universal susceptible de llevar a los objetos macroscópicos a un estado generalizado de decoherencia cuántica. Esta idea de que las ondas gravitacionales son responsables del colapso de las ondas cuánticas parece tener alguna relación con la interpretación de Penrose, según la cual el colapso de la función de onda es el resultado de los efectos gravitacionales a nivel cuántico. De ser así, probablemente podamos asumir que el colapso de las ondas cuánticas para crear partículas reales en un estado definido pudo hacerse producido en nuestra galaxia por la interacción con las ondas gravitacionales emitidas desde su centro. Esto significaría que los agujeros negros actuarían como mecanismos de colapso de la función de onda en el contexto de la física cuántica. Por añadidura, un estudio reciente plantea la hipótesis de que podrían desempeñar el papel de observadores cósmicos que transforman la probabilidad del mundo cuántico en la realidad que conforma el universo (Danielson, Satishchandran & Wald, 2022).

Las galaxias del universo se comportan como un fluido formado por materia oscura, nubes de gas y polvo y estrellas, que con el tiempo se han ido agrupando en cúmulos de galaxias e incluso han ido interactuando unas con otras hasta colisionar y fusionarse. Por lo general, las galaxias suelen clasificarse en dos tipos: las elípticas y las espirales, según sean sus estrellas más viejas o más jóvenes. En el universo, la gran mayoría de las galaxias son espira-

les. Estas se dividen a su vez en galaxias normales, de cuyo centro parten varios brazos espirales de materia galáctica, y en galaxias barradas, con una gran barra central y dos brazos espirales (Figura 81). Aunque los astrónomos no saben con seguridad cómo se forman sus brazos, parece ser que las ondas de densidad serían las responsables de la distribución y del movimiento en espiral del material galáctico. En las galaxias espirales, las ondas más densas provocan que las nubes de gas y polvo colapsen en nuevas estrellas al pasar a través de ellas, de modo que la materia galáctica se concentra en las crestas, mientras que en los valles se dispersa. Estas ondas se propagan en círculos concéntricos que se originan en el núcleo de la galaxia, donde predominan las estrellas más viejas, y de ahí se distribuyen hacia los brazos, provocando la formación de nuevas estrellas (Figura 82). Por esta razón, los núcleos de las galaxias espirales tienen una tonalidad más anaranjada y los brazos una tonalidad más azulada. La proporción áurea estructura muchas de las espirales de estas galaxias, ya que los estados cuánticos de todos los agujeros negros de sus núcleos se hallan fuertemente entrelazados, y estos estados de entrelazamiento cuántico crean frecuencias electromagnéticas relacionadas con la sección áurea. En este contexto, Nieto (2011) ha descubierto que los agujeros negros giratorios efectúan una transición de fase cuando la relación entre el cuadrado de su masa y el cuadrado de su momento angular es igual al número áureo. Otras relaciones entre la proporción áurea y la física de los agujeros negros se pueden encontrar en Davies (2015), de la Universidad de Adalaida, quien señala que cuando un agujero negro gira, su valor crítico cambia de negativo a positivo, es decir, pasa de volverse más caliente conforme pierde calor a más frío. La proporción áurea y la masa del agujero negro determinaría ese valor crítico.

Las ondas de densidad de las galaxias espirales se relacionan entre sí por medio de un complejo patrón de resonancias que determina sus estructuras, un hecho que los astrofísicos del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) han denominado la “música de las galaxias” (Font et al., 2013). Y a una escala aún mayor, existe una coherencia global en la rotación de las galaxias, como ha descubierto recientemente un grupo de científicos (Hyeop Lee et al., 2019). Estos hallazgos nos remiten a la filosofía de Pitágoras, quien al especular sobre la armonía en las notas musicales, concluyó que las distancias de los cuerpos celestes con respecto a la Tierra generaban tonalidades bajas y altas que, al combinarse, producían la “música de las esferas”, un sonido armonioso a través del cual la vida terrestre se veía influenciada por fenómenos resonantes. El astrónomo Kepler vio reflejada esa armonía pitagórica de las esferas en las órbitas del sistema solar, que hizo coincidir con los sólidos platónicos anidados y sus proporciones áureas. Más tarde, John Martineau (2002, como se citó en Olsen et al.,

2020) confirmó esta idea al descubrir que las relaciones espaciotemporales de las órbitas de los planetas se ajustaban a reglas proporcionales idénticas a las de las notas musicales.

Todos los sistemas cósmicos se conectan al universo mediante una red de filamentos formados principalmente por materia oscura y pequeñas cantidades de gas y polvo interestelar, los cuales conforman una especie de telaraña cósmica tridimensional que sirve como andamiaje del universo visible. Algunos de estos filamentos giran sobre su eje central, mientras que otros son más estáticos. Las galaxias parecen girar alrededor del eje central de cada filamento, y fluyen lentamente hacia los nodos situados en los extremos, hacia los grandes cúmulos de galaxias (Wang et al., 2021). El giro de estos filamentos marca la dirección preferencial en la que dos galaxias van a fundirse. Los filamentos cósmicos también desempeñan un papel importante en la formación de las galaxias y las estrellas. A través de los filamentos de la red cósmica, el gas de hidrógeno se distribuye a lo largo de grandes distancias por todas las galaxias. Los brazos espirales de las galaxias serían los responsables de recoger dicho gas para alimentar a los agujeros negros supermasivos del centro galáctico (Anglés-Alcázar et al., 2021). Asimismo, las estrellas son alimentadas por el gas de hidrógeno que viaja por los filamentos cósmicos.

El gas de hidrógeno puede ser ionizado, es decir, puede ganar o perder electrones, y cuando esto ocurre se convierte en un plasma. Las corrientes generadas por el gas de hidrógeno ionizado forman parte de los campos de plasma que envuelven a los planetas, estrellas, galaxias y cúmulos de galaxias, en donde juega un papel importante el magnetismo. De hecho, la red de filamentos está fuertemente magnetizada debido al plasma interestelar. Según recientes investigaciones, ese magnetismo sería parte de un campo primordial que se remonta al Big Bang, y podría haberse hecho más fuerte tras el acoplamiento de los campos electromagnéticos más débiles que existían en el universo. Ya que aprovecha la energía electromagnética del entorno para hacerse cada vez más grande, el magnetismo actúa como si se tratara del “alma magnética” de un organismo vivo, observa la física Wolchover (2020). El magnetismo primordial también podría ayudar a resolver la expansión del universo y su aceleración, tal y como consideran los cosmólogos Jedamzik y Saveliev (2019). En este contexto, lo que realmente estaría detrás de la expansión del universo no sería la energía oscura, sino los campos magnéticos.

Todo el espacio cósmico, incluso aquel que aparenta estar vacío, y el interior de las estrellas están en estado de plasma, un gas ionizado que reacciona fuertemente a los campos magnéticos que impregnan todo el universo. El plasma se forma cuando los átomos de un gas han perdido uno o dos electrones con carga negativa, dejando a los átomos con una carga

positiva. En el momento en que los electrones se separan de los núcleos atómicos, entonces ambos componentes son libres para moverse a través de los campos magnéticos que existen en todo el espacio, comportándose como si formaran un todo interconectado. Algunos físicos, como Hannes Alfvén (Encyclopaedia Britannica Inc., 2020), creen que el plasma ionizado de gas de hidrógeno integra la estructura filamentosa del universo. Dicha estructura estaría alimentada por una corriente de electrones cargados que se desplazan por el espacio a lo largo de dos filamentos trenzados, también llamadas “corrientes de Birkeland”, que interactúan entre sí. Las corrientes que se mueven en la misma dirección se atraen, y las que se mueven en direcciones opuestas se repelen. Las estrellas y casi todos los planetas que las rodean, tienen una envoltura toroidal de plasma por donde se desplazan las corrientes de Birkeland a lo largo de las líneas de fuerza del campo magnético. Por ejemplo, los cinturones de Van Allen es una zona del campo magnético terrestre donde se concentra el plasma. Las corrientes de Birkeland, al llegar a los cinturones que circundan nuestro planeta, quedan retenidas en sus capas, describiendo movimientos superluminares gracias a la energía que toman de las ondas de plasma (Allison & Shprits, 2020). Conforme describe esos movimientos, se van produciendo efectos cuánticos, como la coherencia, lo que hace que el sistema se acople para permitir la sincronización. Sin estas condiciones resonantes no sería posible la vida sobre la Tierra.

Asimismo, los agujeros negros en rotación están acretando chorros de plasma a gran velocidad emitidos desde los dos polos de su campo magnético toroidal, la ergosfera, y que constituyen una fuente importante de neutrinos. Posiblemente, los hipotéticos agujeros de gusano podrían encontrarse tras esos potentes chorros gemelos producidos por los campos magnéticos, como indica un estudio llevado a cabo por Mikhail Piotrovich, del Observatorio Astronómico Central de San Petersburgo, en Rusia (Piotrovich et al., 2020). El flujo de plasma acretado por el agujero negro supermasivo del centro de nuestra galaxia, forma dos enormes burbujas magnéticas que emergen por arriba y por abajo del plano galáctico, llamadas “burbujas de Fermi”. De acuerdo con otro estudio, las dos burbujas parecen estar interconectadas por un amplio sistema de filamentos paralelos, los cuales forman una especie de túnel magnético que envuelve al sistema solar, de manera que la Tierra se encuentra en su interior (West et al., 2021). Estas observaciones apuntan a que la mayor parte de la materia bariónica del universo se encuentra en un estado de plasma ionizado, cuya dinámica está dirigida por campos magnéticos. Todos ellos, desde los de menor hasta los de mayor tamaño, se conectan entre sí para actuar como una unidad.

Los filamentos de la red cósmica se han ido congregando debido a que están bordeados por grandes espacios vacíos interconectados que se dividen en otros vacíos de menor tamaño, y que al expandirse han ido empujando la materia entre ellos. Los vacíos que se sitúan en las zonas de mayor densidad son más pequeños en relación con aquellos otros que se encuentran en las regiones menos densas. Por esta razón, los vacíos pueden contener muy pocas galaxias alineadas, formando cadenas, de modo autosemejantes a la estructura a gran escala del universo, o ninguna galaxia. Un equipo de astrónomos dirigido por el Dr. M. Haider, del Instituto de Física de Astro y Partículas de la Universidad de Innsbruck, ha llegado a la conclusión de que los vacíos cósmicos podrían contener hasta un 20% de la materia de nuestro universo, posiblemente debido a la retroalimentación de los agujeros negros supermasivos situados en el centro de las galaxias, los cuales convierten la materia absorbida en energía que es transportada hacia los vacíos (Haider et al., 2016). El resto de esos vacíos no está vacío en absoluto, sino lleno de una energía que hace que constantemente aparezcan y desaparezcan partículas virtuales de un modo fugaz. La energía oscura tiene su origen en las dimensiones adicionales de estos vacíos, posiblemente como resultado de la acumulación de las pequeñas fluctuaciones de las partículas virtuales del vacío cuántico. Ya que la gran mayoría de la materia se reúne en los filamentos y sus intersecciones, allí existe una atracción gravitatoria muy fuerte. No obstante, los vacíos cósmicos contienen muy poca materia, por lo cual la gravedad es mínima. Esto hace que las leyes físicas sean diferentes. Precisamente, debido a la baja densidad de materia y menor gravedad, estas grandes regiones vacías tienen un comportamiento menos caótico, y dada su naturaleza de baja entropía existe un gran campo ondulatorio que se extiende de forma no local para mantener la unión del todo con las partes. Esto es así porque la energía que contiene crea un campo con efectos cuánticos, de modo que puede interconectar todas las cosas en la escala global del universo, a diferencia de la materia oscura, que ejerce su influencia en las escalas más locales. La teoría de la relatividad parece funcionar bien en las regiones filamentosas, donde los campos gravitatorios se hacen evidentes; mientras que la física cuántica se adapta mejor a los grandes espacios vacíos, donde predomina los campos electromagnético-cuánticos, y donde probablemente resida la causa de la energía oscura y, por lo tanto, de la aceleración de la expansión cósmica. Recientes investigaciones realizadas por un grupo de cosmólogos dirigidos por Hooffman, de la Universidad de Hebra, en Israel, proponen que nuestra galaxia se encuentra sometida a las fuerzas opuestas de atracción y repulsión del universo: la fuerza creada por la gran concentración de materia oscura del Gran Atractor nos atrae, al tiempo que una gran región vacía, llamada “Dipolo repulsor” nos empuja hacia él con la misma intensidad (Hooffman et al., 2017).

La estructura fractal del universo ha sido el producto de las relaciones entre la expansión cósmica y la gravedad a lo largo de su evolución. Como en los vacíos cósmicos prevalece la acción de la energía oscura, la expansión es más rápida que en los filamentos, que ofrecen mayor resistencia. Tras el período de la inflación, el efecto antigravitatorio de la energía oscura se fue desacelerando y debilitando en relación con el efecto gravitacional de la materia oscura. Sin embargo, el movimiento de desaceleración se ha ido transformando poco a poco en un movimiento de aceleración por el cual la materia se repeló mutuamente. Debido a que el universo se ha ido acelerando desde entonces, la cantidad de energía oscura ha sobrepasado la cantidad de materia oscura, con lo cual la expansión es tan fuerte que contrarresta la contracción. No obstante, con el paso del tiempo el efecto gravitatorio de la materia oscura podría ampliarse y elevar la densidad media del universo, hasta alcanzar el valor crítico necesario para hacer que la expansión del universo disminuya lentamente, produciéndose una contracción universal o un proceso de Big Crunch, a partir del cual surgiría un nuevo Big Bang, y así cíclicamente. En este caso, el tipo de energía oscura cambiaría con el tiempo (quintaesencia), y la dinámica del universo describiría un modelo cíclico de contracción/expansión. En caso de ser inmutable (constante cosmológica), acabaría en una expansión eterna en la que dominaría la entropía del sistema y que dirigiría al universo hacia su destrucción, un Big Rip o Gran Desgarro. Por consiguiente, se excluiría la posibilidad de un Big Crunch y, por tanto, de un universo cíclico.

La oscilación entre la repulsión de los campos electromagnético-cuánticos y la atracción de la gravedad, otorga a nuestro universo un movimiento que hace que los vacíos y los filamentos sufran continuas fluctuaciones. Los valores de esas fluctuaciones tienen una diferencia marcada por una proporción que regula el crecimiento del universo en función de la entrada y salida de materia-energía, dentro de una retroalimentación cíclica por la que las densidades se compensan constantemente. En las dimensiones del vacío, se crean pares de partículas virtuales, antipartículas y partículas. La mayoría de los científicos creen que estos pares de partículas se atraen hasta aniquilarse mutuamente, pero hay otros, como Villata (2009), que piensan que también pueden repelerse entre sí a causa de una fuerza repulsiva, actuando como una presión negativa que empuja hacia fuera el contenido del universo. De resultas de la repulsión, las antipartículas se confinan en los campos electromagnético-cuánticos de las regiones del espacio desprovistas de materia, y las partículas son expulsadas de sus centros hacia las estructuras filamentosas, y desde los filamentos a los nodos, puntos en donde la densidad es mayor. Los halos de materia oscura se encargarían de concentrar esas partículas en grupos fraccionados con diferentes tamaños, hasta que la atracción gravitacional

las hace colapsar finalmente en un estado máximo de singularidad. Aquí es donde tanto el espacio-tiempo como la materia-energía son engullidos y preservados. El ciclo se completa cuando el flujo del espacio-tiempo que se dirige hacia la singularidad de los agujeros negros se curva hacia las dimensiones adicionales. Entonces, se produce una forma de rebote cuántico en el centro que convierte el agujero negro en su inverso temporal, que es un agujero blanco. A partir de esta conversión, la atracción de la gravedad se transforma en una fuerza repulsiva, que es la fuente de la llamada energía oscura, y toda la materia engullida es expulsada nuevamente hacia otras regiones vacías del espacio-tiempo, hacia otros universos e incluso al futuro, completando así el ciclo de retroalimentación. Entre los candidatos a agujeros blancos encontramos los estallidos de rayos gamma de corta duración que aparecen en los vacíos. Incluso el Big Bang que dio origen a nuestro universo podría tratarse de un agujero blanco, que Retter y Séller (2012) llamaron “Small Bangs”.

La energía y la materia oscura conforman alrededor del 95% del universo. Los datos experimentales muestran que las proporciones entre sus densidades son aproximadamente iguales en la actualidad, por lo que ambos fenómenos están equilibrados. Los cosmólogos piensan que este equilibrio es altamente improbable, de manera que lo han llamado el problema de la coincidencia cósmica, que es un problema relacionado con el ajuste fino o perfecta sintonía de los valores de las constantes fundamentales. Esto lleva a preguntarse si estos valores son el resultado de la casualidad o existe algún diseño detrás de ellos. Se ha propuesto que la supuesta coincidencia cósmica se debe a que la energía y la materia oscura interactúan entre sí en base a las leyes fundamentales de la conservación de la energía, que afirma que la energía no puede ser creada ni destruida, solo puede transformarse de un tipo de energía a otro (Wang et al., 2016). En este caso, interactúan de forma invariante o simétrica. Al parecer, una respuesta estética al problema de la coincidencia cósmica se encuentra en la autosimilitud entre ambos fenómenos, de tal forma que existe una relación de simetría cuyos valores están finamente ajustados según una proporción próxima al número áureo. Esta idea es consistente con la posición de Otto (2018) en torno a las proporciones de la materia y energía oscura. Basándose en la teoría del universo E-infinito de El Naschie, que explica formalmente la cantidad de materia oscura basándose en la proporción áurea, y estableciendo similitudes entre la teoría de Villata y de Hajdukovic, Otto propone que el factor de escala entre los diferentes constituyentes de la masa primaria del cosmos tiene una simetría relacionada con la sección áurea. Así por ejemplo, la razón entre las densidades de la energía y la materia oscura está cercana a dicha proporción. Este escalado produce fracciones de masa en torno al valor del número áureo, lo que puede indicar que los procesos caóticos a nivel cosmológico han

alcanzado un estado estable de equilibrio. La sincronización de los diferentes sistemas auto-semejantes tendría lugar porque esa relación especial de equilibrio dinámico se manifiesta en todas las escalas, supuestamente a través de los ciclos toroidales involucrados en los campos de información que organizan el universo.

Dicho todo esto, es posible admitir que las leyes físicas y constantes fundamentales del universo tienen el valor justo para la evolución de los sistemas complejos porque las proporciones a gran escala se equilibran bajo un valor cercano a phi. Este hecho puede ser debido a la constante de la estructura fina del universo, cuyo valor se encuentra tanto en el átomo de hidrógeno como en el principio de mínima acción de la física cuántica, de donde deriva la proporción áurea, la única proporción geométrica por la que todas las constantes se pueden combinar en una unidad (Haight, 2016). Esa proporción primordial estaría incorporada no solo en las propiedades físicas de la materia-energía que componen el tejido espaciotemporal del cosmos, las cuales se manifiestan en los criterios de clasificación monocotómicos, dicotómicos y tricotómicos de la ciencia, que son indicadores de autosemejanza en todas las escalas, sino también en los componentes primarios de la conciencia, que incluyen los arquetipos platónicos enraizados en la idea de proporción, como la belleza, la bondad y la verdad, tal y como postuló Penrose. Los agujeros negros preservarían esos patrones fractales y holográficos de manera comprimida, a escala de Planck, en la esfera-horizonte que los rodea. Tales patrones podrían haber derivado de la información proveniente de otros universos, lo que significa que el universo anterior tendría leyes y constantes matemáticas semejantes al nuestro. No obstante, el Universo no está supeditado a dichos patrones de simetría, razón que hace que se manifieste creativamente en todos los niveles fractales del multiverso.

Los fenómenos opuestos de expansión y contracción, provocados por la energía y la materia oscura, producen la jerarquización fractal que se observa en los patrones del fondo cósmico de microondas, que se estima como un patrón de naturaleza holográfica. La cosmología cuántica, aquella que trata de unificar la cosmología y la física cuántica, sugiere que estos patrones derivan de las pequeñas fluctuaciones de densidad del vacío presentes en el inicio del Big Bang, que se fueron amplificando por bucles de retroalimentación durante el período de inflación bajo la influencia de la gravedad repulsiva. Esas fluctuaciones cuánticas del espacio-tiempo hicieron que la materia del cosmos se acumulara en unas regiones a costa de otras, lo que quiere decir que la estructura del universo ya estaba trazada desde sus orígenes. A pequeñas escalas, el sustrato del tejido o “espuma” espaciotemporal es una estructura fractal y holográfica que fluctúa contrayéndose y expandiéndose debido al principio de incertidumbre. Este fenómeno permite la existencia de dimensiones adicionales, de donde se ori-

ginaría la energía expansiva del período de inflación. Dado que las fluctuaciones cuánticas del vacío son pequeños fragmentos de espacio-tiempo que se contraen y se expanden, a medida que el universo comenzó a expandirse, el proceso de retroalimentación cíclica en el flujo de los campos fue amplificándose hasta impulsar los procesos dinámicos de contracción y de expansión del cosmos. Lo que empezó como una pequeña diferencia ondulatoria de densidad terminó, convirtiéndose en regiones con baja y alta densidad de partículas, dando como resultado los vacíos y los filamentos, que generan la estructura holográfica y fractal del universo a gran escala. Las regiones más densas colapsaron y fueron atrayendo las partículas de su entorno gracias a sus fuertes campos gravitacionales, mientras que las menos densas las fueron perdiendo, debido más que nada a que en esas regiones las fuerzas gravitatorias son muy débiles. Con el paso del tiempo, en las zonas de baja densidad los efectos electromagnético-cuánticos formaron grandes vacíos con una energía repulsiva que ha ido expandiendo cada vez más el tejido del espacio-tiempo. Y en las zonas de alta densidad, los componentes más pequeños de materia se fueron agrupando hasta formar las estrellas, los planetas, las galaxias, los cúmulos de galaxias y los supercúmulos, que se extienden como filamentos y nodos, en una jerarquía fractal que fue desencadenada por una reacción en cadena de colapso por efecto de la atracción gravitatoria de la materia oscura y las ondas gravitacionales. Dado que existe una relación entre la gravedad y la curvatura de la geometría del espacio-tiempo, esto explicaría por qué la materia de las regiones más densas se desarrolla produciendo estructuras fractales.

La materia y la energía oscura son productos de las fluctuaciones cuánticas del campo primordial que separó las fuerzas en el origen del universo, fluctuaciones que son manifestaciones amplificadas de la naturaleza dual de la luz. La doble naturaleza de la luz permite la contracción de los cuerpos y la expansión entre los mismos. Desde el punto de vista de la cosmología fractal y holográfica, las fuerzas gravitacionales y electromagnético-cuánticas están entrelazadas simétricamente en el tejido espaciotemporal por medio de un campo holográfico en forma toroidal, que se correspondería con el horizonte de sucesos de un gran agujero negro. En el toroide se dan los procesos dinámicos de contracción o absorción (producción de fuerza gravitacional) y de expansión o emisión (producción de fuerza electromagnética) debido al efecto Coriolis, como indicó el físico teórico Hamein. La fuerza de la gravedad se genera cuando la geometría del espacio-tiempo se curva y fragmenta infinitamente hacia el centro del sistema, y el electromagnetismo se produce cuando la fuerza centrífuga cerca del centro permite que la fuerza se expanda. El toroide pulsa entre la decoherencia de la gravedad y la coherencia del electromagnetismo. La una conduce al aumento de la entropía,

que está ligada al grado de desorden de un sistema; la otra a la baja entropía, al mayor grado de orden. El origen de la estructuración y complejidad creciente de los sistemas del universo se explica por la interacción entre la gravedad y el electromagnetismo, un vínculo entre la alta entropía (ruptura de simetría o decoherencia) y la baja entropía (simetría o coherencia). La alta entropía está determinada por la dimensión temporal y las tres dimensiones espaciales conocidas, mientras que la baja entropía por las dimensiones adicionales que no podemos ver, debido a que están curvadas a nivel subatómico o forman parte de otros universos paralelos. El espacio-tiempo es la región tridimensional que se curva hacia esas dimensiones adicionales, formando singularidades. Por lo tanto, la dualidad materia oscura y energía oscura parece establecer analogías recursivas entre la gravedad y el electromagnetismo, los filamentos y los vacíos cuánticos, los agujeros negros y los agujeros blancos, etc... En definitiva, la energía y la materia oscura parecen representar la dialéctica entre el orden explícito y el orden implícito, que delata la fractalidad y holografía de los sistemas complejos. La información de los campos del orden implícito representa la parte holográfica subyacente del sistema. El orden explícito se refiere a la parte fractal materializada en la estructura y dinámica del sistema. Progresando de lo implícito a lo explícito, o de lo holográfico a lo fractal, la totalidad se hace latentemente presente en las partes a través de una organización recursiva fractal. El universo necesita ambos tipos de orden para manifestarse en su plenitud, así como nuestra conciencia requiere de la razón y la intuición armonizadas. En este sentido, una interesante forma de ver la diferencia entre la razón y la intuición es conceptualizar la razón como un enfoque fractal y la intuición como un enfoque holográfico. La razón fractal nos permite entender fragmentando, mientras que la intuición holográfica nos permite comprender conectando. Combinados pueden revelar una visión unificada de la realidad.

El centro o singularidad de un toroide conecta dos ubicaciones en el espacio-tiempo: un agujero negro en un extremo y un agujero blanco en el otro. Esta idea ya fue mencionada por el científico, inventor y místico Itzak Bentov en su libro *Stalking the wild pendulum* (1988), en donde postuló un modelo cíclico que describe el universo como un sistema toroidal en continua retroalimentación que surge de un agujero negro-blanco situado en su centro. La materia, así como también el espacio-tiempo, es destruida en la singularidad del agujero negro. Allí se muestra el verdadero efecto desorganizador, y motor de desorden, de la gravedad en su máximo exponente. En la singularidad del agujero blanco encontramos lo contrario, la creación del espacio-tiempo y de la energía, que en definitiva es materia expandida. El Big Bang fue de hecho un gran despliegue espaciotemporal en completo orden, puesto que la entropía fue mínima. Las condiciones relativamente simétricas y continuas del orden del Big

Bang fue dando origen a rupturas de simetrías o fracturas de la continuidad del orden originario a medida que el universo comenzó a expandirse en una serie de niveles jerárquicos. Este proceso natural de ruptura dio lugar a nuestro espacio-tiempo, a la materia y a la energía, y desde entonces ha ido aumentando el grado de desorden marcado por la flecha termodinámica del tiempo, que se concibe fluyendo en una sola dirección, desde el pasado hacia el futuro, flecha que coincide con el tiempo cosmológico de la expansión del universo. Pero si nuestro universo dejara de expandirse y colapsara en un Big Crunch, la flecha del tiempo iría desde el futuro hacia el pasado, donde cabría esperar que existiría un estado de gran orden y baja entropía.

Vivimos en un espacio de tres dimensiones, más una del tiempo, cuya flecha sigue la dirección preferencial del pasado al futuro. Los físicos piensan que esta flecha temporal proviene de la segunda ley de la termodinámica, según la cual la entropía (es decir, el desorden) siempre aumenta en dirección al futuro, lo cual significa que en el pasado, por ejemplo cerca del Big Bang, la entropía tuvo que ser baja. Sin embargo, la idea de que el universo tiende hacia el desorden queda contradicha, ya que el vacío conserva el estado de orden y baja entropía que se originó en la singularidad inicial del Big Bang, que es la condición final y el principio del universo, un estado atemporal del que emergió el tiempo lineal, y que hace acto de presencia cada vez que se inyecta energía en el vacío para crear pares de partículas virtuales. De resultas, hay otra dimensión junto a la nuestra que se mueve a través del tiempo en dirección opuesta, a modo de una especie de imagen especular. Esto es así porque, a nivel cuántico, la flecha temporal se dirige simultáneamente hacia atrás, hacia el pasado, y hacia adelante, hacia el futuro, dando lugar a una simetría del universo en donde las infinitas posibilidades del tiempo están en una superposición de estados y los procesos causa-efecto se invierten, todo lo contrario que a nivel macroscópico, donde las causas y los efectos sienten predilección por la dirección del tiempo hacia adelante. Por ende, el universo desordenado y asimétrico encuentra su contrapeso en el vacío ordenado y simétrico del campo holográfico.

En sus orígenes, el universo estaba en un estado inicial de baja entropía, es decir, en un estado con un grado de orden y coherencia cuántica. Conforme se fue expandiendo y enfriando, la entropía fue aumentando el grado de desorden y decoherencia cuántica, y esto es lo que ha determinado en gran medida la flecha termodinámica del tiempo. En general, la flecha termodinámica afecta a los sistemas cerrados, que tienden a incrementar su producción de entropía, pero es mínima en los sistemas abiertos. La ciencia de la complejidad y la física cuántica nos están haciendo entender que el universo en su conjunto no es un sistema cerrado, sino un sistema abierto que tiende a equilibrar el aumento de entropía, como el astrofísico

ruso Nikolai Kozyrev (1958, como se citó en Swanson, 2008) desveló en su teoría de la “torsión” y la “densidad del tiempo”. Ello se debe al fenómeno no local de entrelazamiento cuántico, que permite las condiciones para la inversión de la fecha del tiempo y, por lo tanto, la baja entropía. En el estado inicial de la singularidad del Big Bang, que coincide con las condiciones de su estado final (Big Crunch) por cuestiones de simetría CPT, todo estaba entrelazado a través de un campo holográfico creado por los patrones de interferencia de las ondas de torsión, que siguen el camino trazado por las espirales áureas de los campos toroidales. La dirección cíclica del tiempo hacia esa singularidad inicial sería la responsable de la organización cada vez más compleja que presentan los sistemas abiertos. De hecho, el alto grado de orden y coherencia de los sistemas complejos depende de esos fenómenos de entrelazamiento cuántico, debido a los cuales el tiempo iría en la dirección opuesta. Presumiblemente, el alto grado de orden y coherencia del universo se manifiesta a través de la geometría de los toroides, cuyos procesos continuos de retroalimentación cíclica generan una jerarquía fractal anidada que permite el entrelazamiento en todos sus niveles. Tales procesos comienzan a nivel subatómico en la escala de Planck, y se dirigen por resonancia sincronizada hacia las más grandes escalas.

El espacio que se extiende alrededor de las galaxias y los cúmulos de galaxias está lleno de partículas entrelazadas. El acoplamiento cuántico de dichas partículas se da gracias a la dinámica de los campos toroidales, que permite el entrelazamiento de la gran estructura cósmica. Este entrelazamiento se produce dentro de un sistema complejo de redes cuánticas de comunicación, a través de las cuales se transfiere la información de un lugar a otro velozmente. Son redes escalables o recurrentes, es decir, distribuidas en una serie de jerarquías predeterminadas por la geometría fractal, conformando una especie de inmensa red holográfica de información que vincula partículas entrelazadas para auto-organizar los diversos elementos del cosmos como un todo. Las grandes agrupaciones del universo, como los supercúmulos y los cúmulos galácticos, que a su vez están formados por galaxias, estrellas y planetas, se forman cuando los patrones de ondas de esas redes cuánticas interfieren entre sí, configurando nodos cósmicos en su estado excitado que se van dividiendo en varios niveles escalares según una disposición armónica en relación con la media proporcional. Cada nodo cósmico es un conjunto fractal con una singularidad espaciotemporal en su centro que provee la conectividad para transferir simultáneamente no solo energía, sino también información de unos nodos a otros por medio del entrelazamiento. Los estados cuánticos de todas las singularidades crean una gigantesca red entrelazada por agujeros de gusano que convergen y divergen en innumerables centros, interconectando así todos los nodos cósmicos de nuestro uni-

verso y del multiverso. De la información de esa red holográfica de agujeros de gusano emerge la geometría del espacio-tiempo, una estructura fundamental que otorga forma, proporción y belleza al universo.

Los entrelazamientos cuánticos de las partículas forman una red de agujeros de gusano holográficos del que emerge el tejido espaciotemporal. Esta red de túneles espaciotemporales podría explicar las conexiones que se dan no solo dentro de nuestro universo (intrauniverso), sino también fuera de él (interuniverso). La red cuantizada de agujeros de gusano del espacio-tiempo vincula regiones remotas del universo de forma instantánea, incluso unos universos con otros, pero también todos los centros ubicados en los nodos de los filamentos, como las galaxias y, dentro de ellas, las estrellas y los agujeros negros. Hay quienes opinan que las fluctuaciones cuánticas en los inicios del universo podrían haber conectado esos centros al abrir múltiples y pequeños agujeros de gusano en la estructura espaciotemporal (Torres, 2006, p.65). Una vez amplificados tras la inflación, los agujeros de gusano formaron grandes portales entre sus dimensiones, siendo el ejemplo más conocido el multiverso. En nuestro universo, hay una gran cantidad de sistemas binarios de estrellas, muchos de ellos con una pareja que es un agujero negro. Según afirman Dzhunushaliev, Folomeev, Kleihaus y Kunz (2011), de la Universidad Nacional Eurasiática en Zarájstán, esas estrellas poseen singularidades en su interior y, por lo tanto, podrían tener en su centro agujeros de gusano que conectan con puntos distantes del espacio-tiempo, en donde podrían estar sus parejas. Dos estrellas que comparten un agujero de gusano tienen una conexión única que se asocia con la boca de entrada y salida del agujero. Ese agujero de gusano contendría un fluido que circula hacia delante y hacia atrás entre las dos estrellas. Según algunos científicos, a través de esas bocas se podría viajar a un punto distante del universo sin pérdida de tiempo, e incluso a universos paralelos, pero para atravesarlas sin que colapsen sería necesario estabilizar el agujero de gusano mediante una fuente de energía o masa negativa (Maldacena & Milekhin, 2020), una extraña sustancia, llamada “materia fantasma” por Leberév Shatskiy (como se citó en Swarup, 2008), con un efecto repulsivo. Esta sustancia podría obtenerse a partir de fenómenos de entrelazamiento cuántico (Gao, Jafferis & Wall, 2017). Solo así sería posible contrarrestar los efectos gravitacionales de la materia ordinaria y mantener el agujero de gusano abierto. De forma autosimilar, los centros de las galaxias podrían albergar también agujeros de gusano que transmiten energía e información de un núcleo galáctico a otro. Así al menos lo creen los astrofísicos Salucci, Rahaman, Kuhfittig, Ray y Rahaman (2014), expertos de la Escuela Internacional de Estudios Avanzados de Trieste en Italia, quienes plantean la posibilidad de que haya un gran agujero de gusano en el centro de nuestra galaxia que probable-

mente podría enlazar con otros universos distantes. Lo que propone Salucci es que el halo de materia oscura que envuelve el centro de nuestra galaxia podría estar implicado en la formación y sostén de ese agujero de gusano, aunque este lo estaría ocultando. Asimismo, afirma que otras galaxias espirales similares a la nuestra podrían contener otros agujeros de gusano. Los físicos De-Chang Dai, de la Universidad de Yangzhou, y Dejan Stojkovic, de la Universidad de Buffalo College of Arts and Sciences, creen que el agujero de gusano que alberga el centro de nuestra galaxia sería posible detectarlo estudiando la influencia gravitatoria que ejercen las estrellas del otro lado del túnel en las estrellas del nuestro (Dai & Stojkovic, 2019).

La información entrelazada de la red cuántica de comunicación del campo holográfico del universo unifica el espacio-tiempo dentro de un circuito toroidal de energía que está conectado a toroides de diferentes tamaños mediante agujeros de gusano. Ello implica que los nodos cósmicos se conecten entre sí, del mismo modo que en un holograma cada parte de la imagen se entrelaza con todas las demás. Y, presumiblemente, esa información entrelazada de la estructura fractal del espacio-tiempo estaría recogida a nivel de Planck en el horizonte de sucesos de la esfera generada en torno a la singularidad del Big Bang, de manera similar a la superficie que separa un agujero negro de su entorno. Esto significa que todo nuestro universo pudiera haber nacido como consecuencia de un salto emergente de una singularidad, o rebote cuántico, que podría haberse originado dentro de un inmenso agujero negro que estaría en otro universo distinto al nuestro, pero con características similares. Ya que la autosimilitud implica que la totalidad esté contenida en cada parte, las correlaciones cuánticas de nuestro universo surgirían no solo de la información de ese horizonte cósmico, sino también de cada una de las regiones del espacio-tiempo en expansión, cuya información pertenecería al horizonte de sucesos del agujero negro correlacionado, una especie de holograma dentro de otro holograma (Almheiri et al., 2020). Desde este punto de vista, podría considerarse que las partículas entrelazadas se definen como un solo sistema cuántico porque el universo entero es no local, y todos sus puntos se conectan de forma instantánea debido a que están correlacionados cuánticamente con la información de un horizonte de sucesos holográfico que trasciende el espacio y el tiempo. Y si dos partículas parecen estar separadas entre sí al colapsar, es porque en realidad se perciben desde diferentes niveles fractales del mismo holograma universal. Esos niveles se extienden por las tres dimensiones del espacio (derecha-izquierda, arriba-abajo, delante-detrás) y del tiempo (pasado-futuro), consecuencia de la tridimensionalidad del orden explicado. Pero el entrelazamiento cuántico que los unifica se produce en las dimensiones adicionales del orden implícito que permea todo el universo. En la teoría de Laszlo

(2009), los dos ámbitos, el del espacio-tiempo (el mundo físico) y el ámbito más allá del espacio-tiempo (la realidad del campo unificado), “interactúan y dan nacimiento a los procesos y productos de la evolución” (p.160).

Como parte de un gran fractal cósmico, nuestro universo podría derivarse de un agujero negro que estaría en el interior de otro universo de mayores dimensiones, que a su vez estaría en otro superior, tal y como supuso el cosmólogo Alexandre Vilenkin. Estos universos son análogos entre sí, en cuanto que sus leyes son similares en ciertos aspectos, aunque también diferentes. Si eso es así, y si las leyes de esos universos son análogas a las nuestras, ello significaría que cada agujero negro tiene estrellas y otros agujeros negros que podrían contener otros universos en expansión, y esos universos estarían conectados al universo visible mediante una red de agujeros de gusano. El universo tridimensional que vemos (galaxias, estrellas, planetas, átomos, partículas subatómicas...) sería en realidad el despliegue de la información codificada en la superficie bidimensional del horizonte de sucesos de un agujero negro situado en otro universo de más dimensiones, cuyas redes complejas de agujeros de gusano vincularían esa información con nuestro universo. Las redes entrelazadas conservarían la información no solo de nuestro universo, sino de los múltiples universos que interactúan entre sí, formando una especie de holograma multidimensional que se refleja en cada región espaciotemporal del cosmos. Los universos paralelos, origen de la superposición cuántica, surgen de las infinitas posibilidades que brindan los diferentes niveles holográficos del multiverso como totalidad entrelazada, en tanto que los múltiples universos que contiene son parte de mismo sistema autosemejante. En los últimos años, varios físicos, como Poirier (2010) y Howard Wiseman (Hall, Deckert & Wiseman, 2014), han creado una versión del multiverso en donde cada universo es clásico, esto es, sigue el marco de la física newtoniana, pero interactúan entre sí gracias a una fuerza repulsiva que crea efectos cuánticos: entrelazamiento y agujeros de gusano. Ello abre la posibilidad de que la información se transfiera a lo largo de los múltiples universos, de tal manera que pueden evolucionar de forma conjunta como un todo. En cierto sentido, la incertidumbre cuántica sería el efecto combinado de una multitud de pequeñas interacciones entre los universos del multiverso. Si no existieran esas interacciones el cosmos no se comportaría como un todo interconectado, y la física cuántica no podría funcionar.

El sistema de redes de nuestro universo es un sistema sincrónico de correspondencia, o analogía, que hace posible los procesos de auto-organización de los sistemas complejos. La perfecta simetría y la proporción armónica son expresiones de dicha analogía, y sirven de guía para crear todo lo que existe, el espacio-tiempo, los campos y las partículas. Los siste-

mas caóticos evolucionan hacia esas proporciones recursivas, lo que permite que exista simetría o proporcionalidad entre las cosas, generando una conexión geométrica de proporciones que vinculan todos los niveles jerárquicos del espacio y del tiempo fractal, desde el microcosmos al macrocosmos. La relación holográfica entre los objetos de un nivel con otro está condicionada por límites proporcionales con base en phi. Es por ende permisible suponer que el número phi, que encontramos en la proporción áurea y la sucesión de Fibonacci, funcione como una constante matemática del cosmos, porque es tan ubicua que parece ser una propiedad intrínseca en la topología del espacio-tiempo. Al ser una dimensión no entera, fraccional, el número phi parece indicar la frontera límite que marca la distancia entre los diferentes niveles de organización del cosmos.

El espacio-tiempo es un sistema fractal auto-organizado por bucles de retroalimentación positiva que se acoplan a lo largo de muchas escalas jerárquicas. Se puede concebir como un despliegue de los arquetipos numéricos y geométricos del campo universal manifestados en todos los niveles fractales del universo. Esta estructura fractal del espacio y del tiempo posibilita la transferencia de energía e información dentro de los sistemas complejos. Mediante la autosemejanza, el espacio-tiempo fractal, basado en el supuesto valor phi, guía las bifurcaciones y sus propiedades emergentes, enlazando sus elementos como un todo. Son iteraciones recursivas capaces de producir estructuras autosimilares en todos los niveles a través de la resonancia cuántica de fase, que es el fenómeno que se produce cuando dos o más estados están sincronizados coherentemente. En el mundo natural, existen muchos ejemplos de sistemas en forma de fractales, sucesiones de Fibonacci, proporciones áureas... que siguen una y otra vez el número phi y que dan lugar a formas muy bellas, lo cual indica que la estructura del espacio-tiempo parece basarse en ese patrón recursivo de autosimilitud.

La geometría fractal de la naturaleza apoya la apreciación holográfica del universo, ya que el concepto de autosimilitud de la proporción áurea y el entrelazamiento cuántico son equivalentes, pues ambos nos permite entender cómo las cosas se relacionan con otras cosas a través de la propiedad de la simetría dinámica. La proporción áurea puede ser vista como una forma de simetría dinámica que equilibra la dualidad, contribuyendo a la autosimilitud y la armonía de los sistemas complejos en múltiples niveles de organización. La autosimilitud de la proporción áurea se manifiesta en la forma en la que se relacionan dos segmentos, al igual que el entrelazamiento relaciona dos estados. La autosimilitud es la manifestación del patrón regulador del campo unificado, que se expresa de acuerdo con la proporción áurea, detrás de la cual se esconde la sucesión de Fibonacci, que establece la relación inteligible entre los fenómenos y las cosas materiales como expresión del entrelazamiento cuántico. La proporción

áurea gobierna nuestro universo a partir de un patrón simétrico afín a los conceptos de recursividad o autosemejanza de la geometría fractal, siendo la base de la simetría recursiva de los objetos físicos. Por otro lado, el entrelazamiento cuántico es un fenómeno que puede entenderse como una especie de autosemejanza cuántica, en la que la correlación entre las partículas se repite en diferentes niveles de escala. El entrelazamiento del campo holográfico es de hecho el generador que dicta los parámetros bajo los cuales se configura la estructura fractal de la naturaleza. El universo perceptible podría imaginarse como una fractalización del entrelazamiento a lo largo de los niveles de energía del campo holográfico, porque los fractales naturales tienen la capacidad de integrar las partes componentes dentro de una unidad mayor, como una forma de alcanzar un orden coherente. En definitiva, tanto la proporción áurea como el entrelazamiento cuántico pueden ser entendidos como principios sistémicos que operan en diferentes niveles de la realidad, y que ayudan a establecer una especie de equilibrio y armonía entre los distintos elementos que componen el universo.

La emergencia de lo nuevo como fuente de coherencia sería la manifestación de las rupturas de simetría de la no localidad del campo a lo largo de su despliegue. En el Big Bang, se produjo la primera ruptura de simetría o fractalidad del campo de energía no local, creando las cuatro fuerzas fundamentales. Después, con la ruptura de la fuerza electrodébil, aparecieron las primeras partículas elementales, que se unieron para formar los primeros átomos de hidrógeno, cuyas relaciones de proporcionalidad están próximas a la razón áurea. A su vez, los gases de hidrógeno se reunieron alrededor de grandes halos de materia oscura, que fueron disponiendo la materia ordinaria (los supercúmulos de galaxias, los cúmulos, las galaxias y las estrellas) según patrones fractales altamente estructurados. Las mismas rupturas de simetría se produjeron en la Tierra, en donde los átomos se agruparon en moléculas inorgánicas para formar los minerales, que luego dieron paso a las moléculas orgánicas, de donde procedieron el reino vegetal y animal. La vida es un orden jerárquico de propiedades que emergieron sobre la base de autosimilitud de las moléculas orgánicas (orgánulos, células, tejidos, órganos, sistemas de órganos, organismos independientes, poblaciones, etc.). Y el número phi parece ser la secuencia de construcción de los diferentes niveles evolutivos de la naturaleza, ya que es capaz de provocar una fragmentación y de sintetizar la escisión en un nivel superior de evolución. Por esta razón, la presencia de los fractales y la proporción áurea es tan abundante en la naturaleza. Este proceso se repitió mediante una relación dialéctica hasta la emergencia de la producción cultural, que supuso una nueva ruptura fractal en los niveles de organización del espíritu humano (que Teilhard de Chardin denominó “noosfera”).

Las rupturas de simetría originadas desde el nacimiento del universo, han sido producto del colapso de las ondas de probabilidad por el efecto de la curvatura gravitacional a nivel cuántico, cuya comprensión está ligada a los fractales cuánticos. Ello es así porque la estructura del espacio y del tiempo a pequeña escala es de naturaleza fractal, y la frecuente aparición de estructuras fractales en todos los niveles del espacio-tiempo podría tener como base esta autosimilitud (véase por ejemplo Ord o Nottale). Todas las posibilidades cuánticas existen en un momento espaciotemporal determinado y tienen su propio campo gravitacional. Como se requiere mucha energía para mantener todas las posibilidades, al final colapsan en una única posibilidad, el estado más estable a nuestro universo, que experimentamos como nuestra realidad perceptible. En su proceso, las rupturas de simetría provocan bifurcaciones que llevan al desorden o a un nuevo orden más estable y equilibrado. Los sistemas complejos evolucionan hacia la estabilidad de nuevos atractores fractales, cuya razón es un número irracional cercano a ϕ . El nuevo orden se mantiene en sincronía siempre con la totalidad, con la pregnancia de la buena forma. Ese nuevo orden es un salto abrupto entre una situación de equilibrio a otro, por el cual la naturaleza alcanza la más sublime belleza.

7. La Conciencia Universal

En el orden implicado, las cosas están interconectadas mediante el entrelazamiento cuántico, conformando redes analógicas a lo largo de todos los niveles fractales de la realidad. Las redes analógicas del universo cuentan con el entrelazamiento para la transmisión instantánea de la información de un sistema a otro. Así, por ejemplo, las galaxias no están separadas entre sí, sino que son aglomeraciones conectadas por filamentos y entrelazadas por campos toroidales de redes cuánticas que interconectan un nodo con otro. De acuerdo al modelo descrito por el premio Nobel de física George Smoot (como se citó en Tristán, 2011), estos filamentos son semejantes a las redes neuronales del cerebro humano, que transmiten la información mediante conexiones de partículas entrelazadas, de modo que cualquier cambio afecta a la totalidad de sus componentes. El fenómeno de la conciencia sería el resultado final de la actividad cuántica de esas redes neuronales a lo largo de los niveles fractales del cerebro. Dado que la información del universo solo puede procesarse y entenderse por mediación del cerebro, existe una correspondencia analógica entre la estructura cerebral y el resto del universo, una fractalidad cósmica, lo cual significa que ambos sistemas comparten un principio unificador similar (Figura 83). Esa semejanza entre el cerebro y la red cósmica se hizo un poco más evidente tras el estudio cuantitativo que llevaron a cabo el astrofísico Vazza y el neurólogo Feletti (2017, 2020). Los resultados de su estudio señalaron que entre los dos sis-

temas no solo existe una similitud en términos de complejidad, sino también en su estructura, pues la auto-organización de ambos sistemas se puede modelar por una red de relaciones jerárquicas con los mismos principios sistémicos. Por ejemplo, tanto los elementos del cerebro como del universo se organizan creando complejas redes de materia que conectan nodos mediante filamentos, cada uno de los cuales establece una serie de enlaces con otros nodos, hasta conformar una totalidad. Se ha postulado incluso que la estructura fractal de esta red de materia recapitula el ordenamiento holográfico de información a través de una red de agujeros de gusano. Esta red de agujeros de gusano conforma un sistema de conectividad universal que contiene una conciencia capaz de llevar a los sistemas a niveles más altos de complejidad y sinergia organizacional. Ya que establece un principio de codificación de la información cuántica, ha sido denominada por los científicos Haramein, Brown y Baker (2016) “la red de memoria espacial unificada” (Unified Memory Network). Según esta teoría, el universo es una red de agujeros de gusano en constante evolución que permite la memoria de los sistemas físicos en cualquier escala. Esto posibilita que se desarrollen hacia niveles más altos de orden y complejidad.

En un universo holográfico y fractal, si la conciencia es un fenómeno psíquico que existe en un nivel, por extensión analógica debe encontrarse en todos los niveles de complejidad hasta formar parte de una conciencia mayor. Las fluctuaciones de los campos cuánticos que impregnan cada región del espacio vacío del universo poseen una serie de propiedades de conectividad operando a través de un flujo toroidal que podría estar estrechamente vinculado con dicha conciencia, al menos así lo acredita las investigaciones de los científicos Meijer y Geesink (2017). Muchos eminentes científicos, como Planck, Einstein, Pauli y Jung, entre otros, creyeron firmemente en esta visión holística, lo que les hizo establecer una estrecha relación con la sensación de totalidad de la mística. Max Planck (como se citó en Church, 2019), uno de los padres de la moderna teoría cuántica, hacía incidir sobre esa visión al afirmar que todo lo que existía en el universo era energía, y detrás de ella había una Mente consciente e inteligente que funcionaba como una matriz capaz de unificar todas las cosas de la naturaleza. Introdujo la revolucionaria noción de “totalidad cuántica” para referirse a un mundo que no se podía dividir en partes separadas. Por lo pronto, cabe decir que la totalidad cuántica es un término derivado del concepto de la física conocido como coherencia o superposición cuántica. La coherencia está relacionada con el fenómeno no local de entrelazamiento cuántico, que parece ser el fenómeno responsable no solo del nacimiento del universo, sino también de los mecanismos básicos de la consciencia no lineal (operaciones analógicas). Ello ha obligado a algunos físicos idealistas (Goswami, 2018) a concluir que el dominio de las

ondas de probabilidad del vacío cuántico está basado en la conciencia no lineal o global, que al actuar como mediadora entre la mente y la materia, es la fuente de las ideas creativas -este dominio sería similar al concepto del inconsciente en psicología-. Pero tan pronto como la conciencia observa o mide, la coherencia cuántica se rompe y la conciencia asume una configuración lineal o focalizada (operaciones lógicas).

La conciencia dialoga con el universo de forma analógica y lógica porque el universo, al igual que los hemisferios del cerebro, comporta dimensiones no lineales y lineales a la hora de procesar y transmitir la información. De las dimensiones no lineales dependería la transmisión instantánea de información disponible en el campo holográfico mediante las redes cuánticas de agujeros de gusano, y de las lineales, la transmitida a través de los intercambios locales de materia y energía por medio de las redes de materia que estructuran fractalmente el universo. Esta es la explicación por la que el estado de conciencia no lineal está capacitado para vislumbrar cómo están conectadas las partes con el todo, y el estado de conciencia lineal puede percibir las partes de un todo. Al igual que en el mundo cuántico dos observadores diferentes describen distintos estados de una misma partícula, la cosmología depende de un tipo u otro de conciencia, que está determinado por el tipo de percepción, el modo de pensar y las creencias de los científicos que estudian el universo. Cuando el estado de conciencia de los científicos es no lineal, la cosmología que emerge es holístico-organicista y el universo se concibe como un organismo vivo, en término de redes de interconexiones. Cuando es lineal, la cosmología resultante es mecanicista y el universo se percibe como un gran mecanismo de relojería que funciona automáticamente bajo leyes deterministas. Por ejemplo, durante la revolución científica del siglo XVII, Leibniz adoptó un modelo cosmológico no lineal, relacional, del espacio y el tiempo, mientras que Newton adoptó un modelo lineal al sintetizar los descubrimientos de Galileo. El viejo enfrentamiento entre holismo y mecanicismo es producto de esta división de estados específicos, que dicho sea de paso, reflejan la relación con los dos niveles de la realidad, tanto a nivel microcósmico (onda/partícula) como macrocósmico (energía oscura/materia oscura). En el nivel microscópico, la conciencia no lineal se muestra como una onda no local que deriva de las interacciones ondulatorias del cerebro, y cuando es lineal se vuelve como una partícula localizada en su estructura interna (Talbot, 2007, p.149). En el nivel macroscópico, parece existir otra analogía entre la conciencia no lineal y la energía electromagnética que se mueve en el dominio multidimensional del nivel cuántico de energía oscura, así como entre la conciencia lineal y el colapso de la materia bariónica por efecto de la gravedad de la materia oscura para formar planetas, estrellas y galaxias en la tercera y cuarta dimensión. Esto quiere decir que la onda codifica en cierta manera la percepción

holística del hemisferio derecho, que a su vez podría interpretarse como un reflejo de la expansión espaciotemporal impulsada por la energía oscura; y que la partícula podría codificar la percepción analítica del hemisferio izquierdo, que se interpretaría como un reflejo de la contracción del espacio-tiempo inducida por la materia oscura. Todas estas analogías significativas representan la necesidad de encontrar una unidad entre aspectos duales contradictorios. Por esta razón, la conciencia debe manifestar las características de ambas dimensiones si es que se quiere llegar a una percepción más completa de la realidad. Esta es la clave fundamental que da sustento científico a la dualidad tradicional, y que nos dirige hacia la tan ansiada Teoría del Todo.

El entrelazamiento cuántico supone una coherencia, un estado ordenado de baja entropía que conecta las cosas divididas en un sistema integral mediado por un campo holográfico en forma toroidal. Coherencia implica una correspondencia armónica y proporcional entre los sistemas de organización regidos por los mecanismos cuánticos y clásicos, no locales y locales. Todo el universo en su estado de coherencia está unificado gracias al entrelazamiento, hasta que su onda de probabilidad se colapsa por el fenómeno de decoherencia cuántica, dando lugar a un estado fragmentario sujeto a la geometría del espacio-tiempo. El universo está en coherencia o en superposición de estados hasta que el simple acto de observar y medir entra en escena. Tan pronto como un observador toma medidas, la función de onda colapsa y asume una ubicación y un momento bien definidos en el espacio y el tiempo. Si el observador vuelve a medir la partícula, la función de onda de su mente colapsa de nuevo, y la partícula vuelve a localizarse, como si esta fuera consciente de que es observada. Este hecho muestra que la conciencia incide sobre la dinámica de la física cuántica, de manera que existe una correspondencia o analogía entre la conciencia y la llamada realidad física. Dicha correspondencia hace que una misma realidad se interprete de forma diferente por dos observadores.

El experimento de doble rendija que Thomas Young realizó en 1801 es uno de los experimentos clásicos más populares utilizados para respaldar la idea de que el observador modifica el resultado de la realidad física al observarla o medirla. El experimento se ve afectado en gran medida por la presencia del observador, y los diversos resultados obtenidos mantienen correspondencias no solamente con los instrumentos de medida con los que trabaja ese experimentador, sino también con los operadores cognitivos de su mente, cuyas diferencias interpretativas permiten captar algunos aspectos por encima de otros. Los experimentos más recientes de doble rendija fueron realizados por Radin et al. (2012), quienes confirmaron que la naturaleza ondulatoria de las partículas colapsa cuando estas son observadas, lo cual signi-

fica que la conciencia del observador influye en los fenómenos de la realidad física. En cierto modo, el experimento de doble rendija revela que la conciencia misma es una propiedad cuántica intrínseca al universo, es decir, forma parte fundamental del tejido espaciotemporal, tal como han sugerido los trabajos de Penrose y Hameroff (2014), algo que parece ir en contra del pensamiento reduccionista. Son de alguna forma tres aspectos de una misma realidad ontológica denominada conciencia-espacio-tiempo, los cuales pueden presentarse como entidades separadas entre sí o interconectadas, dependiendo de si la conciencia del observador se mueve en el marco reduccionista u holista. Esta trinidad fundamental ya fue sugerida por la cosmovisión cabalista y de los *Puranas* (textos sobre las leyendas de los dioses hindúes), así como por el psicólogo suizo Carl Gustav Jung (Martínez Gallardo, 2015).

Desde una visión pitagorista, Baron (2021) sostiene que las matemáticas son la expresión de un universo consciente. En términos cosmológicos, la conciencia universal puede ser entendida como la capacidad de la energía primordial para dar forma a la realidad física a través de códigos matemáticos que contienen información. Cuando la energía y la materia intercambian dicha información, se produce una coevolución coordinada entre ambas. Esta coevolución hace que las infinitas posibilidades de la energía primordial se desplieguen en los sucesivos niveles fractales de la materia (causalidad descendente), para generar la experiencia consciente que le permita al cosmos auto-organizarse en complejidad mediante un proceso unificador, lo que constituye un verdadero acto creativo. Las neuronas de nuestro cerebro, como holofractales a pequeña escala de la conciencia cósmica que son, poseen ese poder creador. Los fenómenos de coherencia de sus microtúbulos son los que permiten acceder al dominio de las posibilidades cuánticas de la energía primordial para potenciar las habilidades creativas del cerebro, por las cuales el observador participa de lo observado. Y el colapso de sus ondas de probabilidad sería el fenómeno de la conciencia lineal, que por la necesidad de medir y conocer los objetos, introduce la polarización entre el observador y lo observado. Tal polarización se basa en la ilusoria división de la conciencia universal, que se revela progresivamente desde las partículas elementales a los átomos, y desde los átomos a las moléculas, hasta llegar hacia niveles más complejos (causalidad ascendente), configurando la organización fractal que observamos en el dominio de la materia y la energía, del espacio y el tiempo.

En los últimos años, han emergido nuevas teorías científicas que afirman que el nivel más básico de la conciencia está vinculado a un campo cuántico/holográfico de donde emerge la trama del espacio-tiempo, debido a lo cual es un fenómeno difundido por todo el universo, como cualquier otra fuerza fundamental. Si realmente es así, entonces cabe entender que la

propia naturaleza y el universo entero es semejante a un organismo vivo que incluye, además, una conciencia, alma o espíritu que guía su evolución hacia una causa final, propósito global o teleológico. En filosofía, a la hipótesis que concibe el universo como un gran organismo gobernado por un principio unificador se la denomina “organicismo”, que es a menudo utilizado como sinónimo de holismo. La tradición organicista tiene sus raíces en las corrientes alquímico-herméticas y en los filósofos presocráticos de la Grecia antigua, como Pitágoras o Heráclito. Desde ahí, se difundió en el mundo occidental gracias a la metafísica de Platón y Plotino, quienes habían hablado de una correspondencia entre el macrocosmos (el universo) y el microcosmos (el ser humano) por principios de semejanza, lo que suponía que la vida se manifestaba en todas las escalas del cosmos, como emanación de un alma universal (anima mundi), de donde surgieron todas las almas individuales. Este concepto de correspondencia también lo mencionará Aristóteles, pero evitando cualquier forma de animismo. En el período helenístico, la misma analogía entre el universo y el hombre fue defendida por los estoicos, quienes creían que el universo era un gran organismo cuyas partes estaban interconectadas, siendo sus constituyentes principales las estrellas y el Sol. Estas ideas pervivieron en el pensamiento cristiano durante toda la Edad Media hasta la llegada de la época renacentista (siglos XV y XVI). En el Renacimiento, el organicismo de la tradición pitagórica y platónica, así como del hermetismo, fue rescatado por algunos pensadores, como Marsilio Ficino y Giordano Bruno, entre otros, quienes resaltaron sus matices místicos y los mezclaron con los nuevos saberes científicos de la época. Con todo ello, percibieron el mundo como un gigantesco organismo en el que cada parte resonaba con el todo, de modo que el hombre podía alcanzar la iluminación en la relación del macrocosmos y el microcosmos (Caballero, 2015). Muchos artistas renacentistas veían en la proporción áurea la manifestación de dicha relación, y la supieron trasladar con maestría a la arquitectura y la pintura. La visión del mundo como un sistema orgánico que forma una unidad cósmica se enfrentó fuertemente a la concepción mecanicista surgida a partir de la revolución científica del siglo XVII, pero la crítica del mecanicismo por parte del Athanasius Kircher (1602-1680) reavivó de nuevo la antigua creencia en la unidad orgánica de la naturaleza. Kircher veía el mundo terrestre como un superorganismo a medio camino entre los extremos del macrocosmos y el microcosmos, una idea que hoy día tiene su soporte científico en la teoría de Gaia (San Miguel de Pablos, 2010).

La teoría de Gaia es una hipótesis planteada en 1969 por el químico inglés Lovelock et al. (2006), y reforzada poco después por la bióloga Lynn Margulis, que se inspiró en el organicismo. Es una interpretación que sostiene que la Tierra constituye un sistema viviente capaz de autorregular su dinámica con respecto al todo (finalismo), a través de un constante

bucle de retroalimentación entre elementos contrapuestos, cuyo resultado final es una coevolución de lo orgánico y lo inorgánico. Esta coevolución cibernética se produce merced al fenómeno de homeostasis, un proceso de autorregulación por el cual los seres vivos se adaptan a los cambios del exterior para mantener estables sus constantes internas. Para algunos científicos, el mecanismo subyacente a este equilibrio dinámico se relaciona con el concepto de proporción áurea (Ursini, Maiorino & Forman, 2016). Es más, otros investigadores creen que la homeostasis está asociada al funcionamiento del inconsciente. Así por ejemplo, el neurólogo portugués Damasio (2021) mantiene que la conciencia surgió como una extensión de la homeostasis producida a nivel inconsciente. Si bien la teoría de Gaia había sido advertida hace siglos en los planteamientos holístico-organicistas, no fue hasta el advenimiento de la ciencia de la complejidad que se confirmó esta unidad homeostática a través de la metáfora de los fractales y los hologramas. A partir de la extrapolación de esta metáfora a la cosmología, podemos concebir el universo como una entidad viva que incorpora una conciencia capaz de integrar la diversidad en un todo armonioso.

La idea de un mundo con conciencia se adhiere a la tradición filosófica del pansiquismo, que es una corriente filosófica que sostiene que la mente es una propiedad fundamental que está presente en todos los niveles del universo. El pansiquismo se remonta desde los antiguos filósofos griegos hasta Leibniz o Whitehead. Para Leibniz, el universo consiste en una infinidad de sustancias independientes y conectadas (mónadas) que incorporan la información del todo, mientras que para Whitehead se compone de eventos momentáneos de experiencia, cada uno de los cuales contiene la información de la historia completa del universo. Recientemente, el pansiquismo ha sido defendido por el filósofo David Chalmers, así como por el físico Roger Penrose. Chalmers (2015) argumenta que todo es consciente, y para justificar su pensamiento presenta un argumento basado en el método dialéctico de Hegel. Según él, el pansiquismo surgiría como una síntesis entre dos posiciones antitéticas, como son el materialismo y el dualismo. El materialismo sostiene que todo lo que hay en el universo es materia, y el dualismo que existen dos tipos de realidades fundamentales, la mente y la materia. En cuanto a Penrose, postula que la conciencia es un proceso cuántico que ocurre en diferentes grados en el universo, desde la protoconciencia a la conciencia generada por los microtúbulos del cerebro. Si es así, proporcionaría una posible base cuántica para el pansiquismo.

La versión moderna de la antigua teoría del pansiquismo es la denominada “teoría de la información integrada”, desarrollada por el neurocientífico Giulio Tononi, de la Universidad de Wisconsin-Madison, según la cual la conciencia sería información integrada en fun-

ción de la complejidad del sistema que procesa esa información (Tononi & Edelman, 1998), lo que significa que un sistema es consciente en la medida en que sus partes actúan en sintonía para formar un todo integrado. La información procesada del sistema se estima en función de las interconexiones de los nodos de una red, una idea que ha sido respaldada matemáticamente por un equipo de físicos alemanes (Kleiner & Tull, 2020). De acuerdo con el pansiquismo, en cada forma de vida, por muy simple que sea, están presentes, al menos en forma potencial, las cualidades de la conciencia, incluso en el universo en su totalidad. Esas cualidades de la conciencia se van acoplando en las formas de vida más complejas, dando como resultado una conciencia mayor, como ocurre con los fractales. La ley de recurrencia (denominada ley de complejidad-conciencia) propuesta por el religioso, filósofo y paleontólogo francés Teilhard de Chardin se define por esta idea, pues sostiene que a partir del origen del universo (al que llama punto Alfa) la materia se ha ido organizando en conjuntos cada vez más complejos y, a medida que ha ganado en complejidad, ha ido avanzando hacia niveles superiores de conciencia. Al nivel más alto de la evolución de la conciencia lo denomina punto Omega, un punto de bifurcación que trasciende la dualidad. El punto Omega es la evolución que ha de recorrer la noosfera hasta alcanzar la unificación de lo espiritual y lo material.

Aunque el pansiquismo se remonta desde los antiguos filósofos griegos hasta la teoría de la información integrada, su versión cuántica ha sido reconsiderada por algunos físicos, como Bernard Haisch, un físico alemán conocido por sus estudios sobre estrellas activas. Basándose en los trabajos de Penrose, Haisch propuso que los campos cuánticos que se extienden por todo el espacio vacío son responsables de producir y transmitir la conciencia. Por consiguiente, cualquier sistema suficientemente complejo que los atraviese puede generar un sentido de conciencia interna, incluido el universo entero. De hecho, como ha enfatizado Haisch, la materia física surge como una actualización del propio potencial creativo de una conciencia elemental a través del universo. Al estar provista de una conciencia guiada por un propósito, Haisch desestima la teoría de que el ajuste fino pudo haberse dado al azar por las bifurcaciones de múltiples universos (Haisch, 2006). Recientemente, se ha puesto a pruebas estas observaciones gracias al físico Matloff (2016), de la Facultad de Tecnología de Nueva York, quien investiga la posibilidad de que las estrellas puedan adquirir una forma de conciencia apelando a un campo protoconsciente presente en el vacío cuántico. Según él, esta conciencia estelar podría explicar el movimiento orbital de las estrellas alrededor de las galaxias, sin necesidad de recurrir a la materia oscura. En cierto sentido, Matloff plantea la idea de que la materia oscura está compuesta por partículas subatómicas con un cierto grado de conciencia. Ello le lleva a inferir que el universo posee una mente generada por las estrellas,

de modo que establece una semejanza entre estas y las neuronas del cerebro, cuyos microtúbulos pueden sintonizar (entrar en armonía) con el nivel de los campos cuánticos del vacío para generar conciencia.

Si la conciencia universal es una analogía del cerebro humano, entonces el universo funcionaría como una enorme red neuronal en su nivel más fundamental que procesa información de forma cuántica y clásica, una posibilidad teórica que ha sido concebida por el físico y cosmólogo Vanchurin (2020), de la Universidad de Minnesota Duluth. En su investigación, Vanchurin sostiene que el estudio del comportamiento de redes neuronales artificiales, dentro del límite de un gran número de neuronas, permite reconciliar la teoría de la física cuántica con la relatividad general, puesto que el comportamiento del sistema cerca del equilibrio se describe muy bien con las ecuaciones de la física cuántica, mientras que el comportamiento del sistema lejos del equilibrio se puede describir mejor con las ecuaciones de la física clásica. Dado que en ciertos límites la dinámica de aprendizaje de las redes neuronales artificiales es muy similar a la dinámica cuántica y clásica, Vanchurin concluye que el universo podría funcionar también como una gran red neuronal gobernada tanto por la física cuántica como por la relatividad general, unificando así las dos teorías. De ser así, el universo podría comportarse como una especie de organismo o computadora cósmica capaz de aprender, evolucionar y transmitir información, una idea que ha sido respaldada por otros físicos teóricos, como Hossenfelder (2018). Basándose en evidencias científicas que parecen apoyar la existencia de una estructura en red que interconecta los nodos cósmicos, Hossenfelder sugiere que el entrelazamiento cuántico podría ser el mecanismo transmisor de información entre los nodos cósmicos. Los recientes hallazgos sobre la alineación y sincronización de los chorros de radiación de los agujeros negros distantes con la estructura en red refuerzan este pensamiento. En el contexto del modelo fractal-holográfico, estas teorías se relacionan con la idea de que el universo tiene una estructura autosimilar en diferentes escalas, como en un fractal, y que esa estructura se unifica en un todo cuántico a través del entrelazamiento de un campo holográfico. Como señala Azarían (2022) en su libro *The romance of reality*, el universo parece ser un sistema auto-organizado que se dirige hacia un sistema de mayor complejidad y conciencia.

Los modelos explicativos del mundo son metáforas derivadas de las herramientas conceptuales que se manejan en cada momento histórico para ampliar el horizonte del pensamiento. A lo largo de la historia, el universo material ha sido interpretado como un ser vivo movido por causas finales, pero después de que Aristóteles fragmentara el mundo en un sistema de causa y efecto, y siglos después con el triunfo de las ciencias mecanicistas de New-

ton, la metáfora de los organismos vivos como unidad del universo fue poco a poco suplantada por una visión en la que la metáfora prevaleciente era la de un mecanismo de relojería impulsado por causas eficientes, es decir, por un encadenamiento de causas y efectos. Hacia finales del siglo XIX, la física de Newton se convirtió en el modelo a seguir por todas las ciencias, pero la crisis de la tradición newtoniana por parte de la física cuántica, y la nueva ciencia de la complejidad, puso de manifiesto la necesidad de una nueva física que atendiese a los componentes del sistema como un todo. Esta nueva física se expresaba utilizando modos de descripción contradictorios (la noción onda/partícula, continuidad/discontinuidad, energía/materia, espacio/tiempo), lo que inició un proceso dialógico que desafió la lógica formal (Figura 84). Fue a partir de entonces cuando el concepto de totalidad pasa a formar parte del vocabulario de la física. Hoy día, gracias al estudio de los agujeros negros y del principio holográfico, la ciencia moderna se ha abierto a metáforas más amplias que conciben el universo como un gigantesco sistema complejo que parece registrar y procesar la información de un modo parecido a como lo haría un superordenador o cerebro cuántico. Ello ha cambiado por completo la comprensión del funcionamiento del universo. Y el medio para ello podrían ser las fluctuaciones cuánticas de los campos del vacío, de cuyos procesos aleatorios podría surgir espontáneamente una estructura muy ordenada capaz de percibir y pensar. El físico Ludwig Boltzmann denominó a esta estructura hipotética “cerebro de Boltzmann”, una entidad incorpórea que emergería del vacío el tiempo suficiente como para tener un destello consciente de observación y pensamiento. Esta idea plantea ciertos supuestos sobre la naturaleza de la conciencia y el papel que desempeña en el universo. En particular, se ha usado para argumentar la relación existente entre el cerebro de Boltzmann y el principio holográfico. Esto significaría que la información contenida en el cerebro podría estar codificada en la frontera que lo rodea, en lugar de estar contenida en el propio cerebro (Meijer y Geesink, 2017). Ello proporcionaría una forma de entender cómo un cerebro de Boltzmann podría emerger de las fluctuaciones aleatorias del vacío, incluso en un universo con un alto grado de entropía o desorden.

El universo físico se considera generalmente compuesto por unidades de materia y energía, espacio y tiempo, sin embargo un grupo creciente de científicos, entre ellos Vlatko Vedral (como se citó en Monserrat, 2012), de la Universidad de Oxford, están comenzando a replantearse la idea de que estas expresiones duales sean en realidad fenómenos que emergen de un componente más fundamental todavía: la información. Esta información puede entenderse en términos de información cuántica, y sus códigos organizan los grupos de patrones de interferencias de ondas que aparecen en los fenómenos tanto materiales como energéticos. En

su teoría de la información, Vedral retoma la correlación entre la entropía (desorden) y el teorema de Brillouin, que relaciona información con negantropía (orden). El enfoque del físico John Wheeler también se dirige hacia la misma idea, al considerar que la información cuántica es un componente fundamental en el universo, tanto como la materia y la energía. Dicha idea la resumió en la expresión “it from bit” para indicar que la realidad física surge, en el fondo, de la información binaria sí/no, o bits, contenida en nuestras observaciones. Como resultado, todos los procesos físicos del universo son computables. Esta hipótesis del universo computacional o “física digital” se corresponde con los estudios de Lloyd (2002), profesor de ingeniería Mecánica en el MIT, con relación a los fenómenos cuánticos de entrelazamiento. De acuerdo con Lloyd, el entrelazamiento cuántico es el responsable de la generación de información en el universo, por lo tanto, el universo puede considerarse como un gran ordenador cuántico (Lloyd, 2002), lo que, según él, explicaría la coexistencia de la aleatoriedad y orden, de la simplicidad y complejidad. Muchos científicos y filósofos, como Bohm y Laszlo, sitúan esa información del universo en los campos cuánticos del vacío, de los cuales las partículas son estados excitados. Ello justifica la conexión y la coherencia existente entre todos los dominios de la naturaleza, tanto en el físico y biológico como en el cognitivo. Asimismo, da respuesta a la evolución en complejidad de nuestro universo, y de todos los universos del multiverso. Pero además de información, los campos de energía cuántica parecen estar constituidos por un elemento aún más sutil, algo así como una protoconciencia dotada de una inteligencia y un gran poder creativo (Laszlo, 2004, p.157).

Las computadoras modernas nos han enseñado que la información se encuentra en varios niveles, por tanto, pueden haber diferentes jerarquías de información. El nivel inferior se encuentra en el hardware de la máquina, y los niveles más altos en el software, que suelen equipararse con la mente humana bajo la consigna “la mente es al cerebro lo que el software es al hardware”. Toda la información que maneja el software de un ordenador se almacena en forma de bits clásicos o cuánticos, que funcionan sobre la base de la física clásica y la cuántica. La información que maneja un ordenador clásico está codificada en una unidad mínima que se llama bit, a partir del cual se forman combinaciones de bits más complejos. Los bits clásicos convierten la información en un sistema numérico con un valor bien definido: el uno o el cero, encendido o apagado, que en el lenguaje físico corresponden a las partículas localizadas o a las ondas del vacío. Esa información en el código de bits se llama lenguaje binario de la computación. El código de bits es el software, es decir, los programas que usa el ordenador para que su estructura física, el hardware, funcione y produzca resultados. El equivalente del bit clásico en un ordenador cuántico es el cúbit (bit cuántico). Los cúbits no tienen

un valor bien definido, pues permanecen en un estado de superposición que aún no se ha fragmentado. La superposición de los cúbits, como el símbolo superpuesto de phi, es 1 y 0 simultáneamente (bajo el mismo principio que rige el gato de Shrödinger). Para ello, los cúbits necesitan ser sincronizados mediante el entrelazamiento cuántico. Gracias al entrelazamiento, la información en forma de cúbits puede ser transportada instantáneamente de un lugar a otro por fenómenos resonantes.

Al igual que nuestras computadoras pueden utilizar un sistema bit o cúbit para operar, parece ser que las leyes del universo emplean un sistema análogo, ya que los bits clásicos son colapsos o fragmentaciones del estado cuántico de los cúbits. Esto es, a medida que el universo se fue enfriando y expandiendo, la información cuántica registrada en sus campos se fue desplegando en bits de información clásica, configurando las bifurcaciones características de la evolución. Por tanto, todo parece ser una manifestación de la computación cuántica del universo. Los cúbits podrían representar valores locales de la densidad de energía en el universo primitivo. Las fluctuaciones cuánticas de la inflación propagaron esa información y originaron los procesos de transformación cuántico-clásica de algunos cúbits en bits. En este proceso de reducción clásica la gravedad se acopló a las fluctuaciones de energía de los cúbits, y operó como un amplificador macroscópico que causó la gravedad clásica, liberó grandes cantidades extras de energía gravitatoria, rompió el equilibrio cuántico y originó la compleja estructura fractal del universo a gran escala (Béjar, 2014). La materia-energía y el espacio-tiempo son fenómenos opuestos que emergen de los bits de información de esa estructura fractal, pero son manifestaciones que se complementan a través de una red cuántica de cúbits conectada por fenómenos de entrelazamiento a un horizonte cósmico de sucesos. Dentro de nuestra realidad, todo se interconecta mediante esta red cuántica de comunicación capaz de transmitir cúbits, y los diferentes nodos de dicha red serían los bits emergentes de información, lo que significa que los nodos cósmicos son estados excitados del estado fundamental del campo cuántico.

Los mecanismos del cerebro y la conciencia no se limitan al universo material, ya que la información que la mente humana procesa es parte integral de la información que apuntala e impregna toda la realidad física. Como existe una conexión entre la mente y la estructura del universo a niveles subatómicos, la conciencia juega un papel fundamental a la hora de entender los aspectos cuánticos y clásicos del cosmos. Al igual que los físicos se han replanteado que el universo parece comportarse de manera similar a nuestras computadoras, las teorías neurológicas contemporáneas abordan la conciencia desde el mismo paradigma computacional, en el que las redes neuronales parecen mostrar procesos semejantes a los or-

denadores. De hecho, la relación bits-cúbits de nuestras computadoras establece ciertos paralelismos con la relación conciencia lineal-conciencia no lineal de nuestros cerebros. De acuerdo con la neurología clásica, la información que procesan las neuronas del cerebro está codificada en el lenguaje binario de los bits clásicos, pero la neurología cuántica opina que esa información se puede entender también en términos de cúbits, una hipótesis basada en la interpretación de Penrose-Hameroff que podría confirmarse en un futuro no muy lejano gracias al proyecto QuBrain (Quantum Brain Project), liderado por el físico teórico Fisher (2015), de la Universidad de California en los EE.UU. Según Fisher, el cerebro opera bajo un procesamiento cuántico que le permite funcionar como un ordenador cuántico (ver Anexo A, Diagrama 5).

De forma simplificada, la conciencia lineal trabaja con bits clásicos merced a su lenguaje binario, que tiene innegables puntos de encuentro con la lógica booleana de la computación. Ello lleva al proceso analítico y lógico del pensamiento racional, que al crear fragmentaciones categóricas, selecciona, delimita y define un solo valor entre los dos valores posibles en los que se manifiesta la realidad, verdadero o falso (0 ó 1), negando al mismo tiempo una infinita cantidad de posibilidades para conectar las ideas y establecer nuevas relaciones. Debido a este proceso de reducción a uno de los dos estados posibles, se produce el colapso de la naturaleza ondulatoria de las partículas, dando lugar a la realidad cuantizada del universo observable. Como consecuencia, surgen fragmentos del tiempo y del espacio, por los cuales tenemos la ilusoria impresión de que las cosas están separadas, lo que conlleva una concepción parcial en la manera de concebir la realidad. Podemos definir entonces la razón como aquel pensamiento lógico supeditado a las leyes del nuestro mundo físico tridimensional, tal y como señaló el filósofo francés Henri Bergson al decir que nuestra lógica es la lógica de los cuerpos sólidos y se deriva como un resultado de la experiencia con el macronivel.

En contraposición a la conciencia lineal, la conciencia no lineal trabaja con bits cuánticos de información, cada uno de los cuales es a la vez cero y uno (0 y 1), de forma similar a la moderna computación cuántica. A nuestro entender, este hecho se da gracias al proceso sintético del pensamiento intuitivo, que implica fenómenos de entrelazamiento cuántico, como consecuencia de los cuales se interconectan regiones del cerebro que en estados normales de conciencia permanecen desconectadas. Gracias a ello, es posible concebir simultáneamente dos posiciones opuestas, de manera que el espacio y el tiempo, y el universo mismo, se conciben como una entidad indivisible. Tras la idea de entrelazamiento se encuentra el concepto de campo holográfico, que se revela en la conciencia bajo la existencia de un insight creativo en la manera de solucionar problemas complejos. A través de la conciencia no lineal,

la realidad espaciotemporal se muestra unificada debido, más que nada, a que existe un orden implicado que se manifiesta en la conciencia como una visión sintética, no obstaculizada por nuestra condición perceptual y racional de fragmentar el universo. Esta visión sintética es resultado de la unidad de los opuestos producida por la conexión hemisférica del cerebro a través del cuerpo caloso. Dicho de otra forma, es resultado de la unión del hemisferio izquierdo, que se basa en la información local recibida por nuestros sentidos externos, que están vueltos casi exclusivamente hacia el mundo exterior de las tres dimensiones espaciales y el tiempo; y del hemisferio derecho, implementado por la receptividad cuántica de los sentidos internos, que trascienden las dimensiones espaciotemporales conocidas y detectan dimensiones adicionales. Desde este punto de vista, no hay jerarquías de dominio entre ellos, sino una simetría o armonía. Ello permite integrar el reduccionismo con el holismo, las dualidades conceptuales.

El enfoque anterior es consistente con las investigaciones en física digital de Zizzi (2000). La astrofísica italiana propone que al final de la inflación cósmica el universo primitivo tuvo una experiencia consciente, lo que Hameroff llamó “Big Wow”, debido a que los estados superpuestos de cúbits de todos los universos experimentaron una Reducción Objetiva de Penrose al alcanzar el umbral de la gravedad cuántica, lo que hizo que la superposición cuántica colapsara en bits clásicos con la elección de un solo estado o universo, que sería lo que podemos observar hoy en el fondo cósmico de microondas. Este colapso de la superposición cuántica llevó consigo un proceso cibernético de auto-organización y autosimilitud, a través del cual se desarrolló la complejidad y la estructura del universo manifiesto, que es la fuente de la información clásica y la lógica booleana, que trabaja con variables binarias. Lo más sorprendente para Zizzi es que el proceso cósmico de la inflación comparte semejanzas con los estados superpuestos de las tubulinas en los microtúbulos de las neuronas de nuestro cerebro, que se someten a una experiencia consciente a través de la Reducción Objetiva Orquestada de Penrose-Hameroff. Esta similitud le lleva a concluir que nuestra consciencia puede tener un origen cósmico, con raíces en el campo protoconsciente que deriva de la geometría espacio-temporal a escala de Planck, conforme a la creencia de Penrose. Con todo, Zizzi argumenta que en la era de los cúbits (la inflación) solo había un dominio preconsciente en el universo, y que la conciencia apareció en la era de los bits clásicos (final de la inflación). Esa conciencia emergente produjo sistemas computacionales similares (nuestras mentes), con dos modos de computación: cuántico y clásico, de modo que la era de los cúbits es para el universo lo que la preconsciencia es para la mente humana, y el comienzo de la era de los bits es para el universo lo que la conciencia. En el universo, el sistema cuántico procesa

las funciones recursivas por medio de los agujeros negros, que computan una gran cantidad de información cuántica, operando en paralelo como subrutinas. Los resultados de este cómputo cuántico son los universales, los atributos de las cosas en sí, que son obtenidos parcialmente por las mentes cuánticas, que están formadas por dos aspectos: la intuición matemática, que entronca con la teoría de Penrose acerca de la existencia de los tres mundos, y el self. En relación con las investigaciones de Zizzi, Grover y Grover (2011) proponen que los organismos biológicos también deben su estructura y organización al universo primitivo, ya que los universales que resultan de la computación cuántica del universo son obtenidos parcialmente no solo por las mentes cuánticas, sino también por las subrutinas de los varios niveles de los organismos biológicos (células, tejidos, órganos y organismos biológicos), que se auto-organizan bajo dos estados, el cuántico y el clásico. Los sistemas biológicos pueden usar el estado cuántico para coordinar la actividad de sus constituyentes, porque crean redes de entrelazamiento que permiten la comunicación entre sus niveles, a modo de un agujero negro cuántico. Esto nos recuerda a los hologramas.

Al parecer, los universos paralelos que describe la teoría de cuerdas están imbuidos en dos mundos simétricos y proporcionales que se llevan a cabo a un tiempo en el mismo espacio: el mundo físico y el energético, cuyas diferencias son precisamente análogas a las que se establecen entre el orden explicado e implicado, una analogía que otorga un sustento científico al dualismo entre la materia y la mente (conciencia). Esta idea coincide con la visión de Laszlo (2017), según la cual tanto los fenómenos físicos como los fenómenos mentales son dos tipos de grupos de interferencias de ondas del cosmos en estado excitado. La comunicación entre ambos grupos es lo que se considera explica los fenómenos de entrelazamiento o superposición de estados. Por el hecho de observar o medir, el observador colapsa la superposición de estados, lo que hace que la información colapsada pueda desdoblarse en dos interpretaciones opuestas de la realidad, cada una de ellas con diferentes niveles de percepción y cognición: la interpretación objetivista y la subjetivista. Ambas interpretaciones vienen determinadas por la causalidad ascendente y descendente, mas no pueden manifestarse de forma aislada, porque están entrelazadas a través del campo cuántico/holográfico, de modo que cualquier cosa que sucede en un mundo afecta al otro, en una dinámica materia-conciencia. En este sentido, reflejan el holomovimiento de Bohm y el principio de complementariedad de Bohr.

La interpretación objetiva es debida al colapso de la onda de probabilidad que produce la decoherencia cuántica al interactuar con el entorno, presumiblemente por la interacción con los campos gravitacionales a nivel cuántico, sin necesidad de la intervención de un ob-

servador. En el mundo físico, el colapso en un solo estado implica que todas las posibilidades cuánticas puedan llegar a materializarse en el desarrollo evolutivo del universo, configurando un multiverso que se bifurca jerárquicamente, como las ramas de un árbol. Como los múltiples universos se componen de cuerdas vibrantes que sintonizan con las vibraciones que están en su radio de frecuencia, a cada universo le corresponde diferentes funciones de ondas y distintos tipos de ruptura de simetría, lo que se traduce en universos con distintas propiedades auto-organizativas que progresan hacia la complejidad. Los ajustes sincronizados en los parámetros de cada uno de los entornos del multiverso son los que otorgan estabilidad a las distintas posibilidades cuánticas, y sus transformaciones producen cambios que se pueden transferir a lo largo de los diversos niveles fractales de los universos por medio de fenómenos resonantes, gracias a una realidad cuántico-holográfica entrelazada que permite integrar cada entorno para formar un conjunto armónico o unidad homeostática. Dentro de este contexto, entrarían los niveles ascendentes del multiverso de Tegmark (2009).

El astrofísico Ethan Siegel (como se citó en Martínez de la Fe, 2023) sugiere que es posible que el universo sea paradójico, esto es, que por una parte sea real, pero que por otra esté directamente ligado a cómo lo percibimos los humanos. Esta postura recuerda al filósofo Bertrand Russell (1995), quien tenía la capacidad de descubrir lo relativo en lo que parecía ser absoluto. De un modo u otro, el fenómeno de decoherencia cuántica de la interpretación objetiva muestra una especie de paradoja, que es análoga al proceso subjetivo del observador a la hora de interpretar la realidad del mundo cuántico. El colapso de la función de onda se produce en la mente del observador cuando en el ámbito de un experimento se realiza una medición. Cuando el observador activa un instrumento de medición, una partícula puede comportarse como si fuera un corpúsculo caracterizado por una posición y una velocidad bien definida. Pero si el instrumento no está activado, la partícula se comporta como una onda de probabilidad que nunca se manifiesta, porque siempre que miramos vemos una partícula localizada en el espacio y en el tiempo. Los instrumentos de medida no son solo herramientas materiales, sino también herramientas que funcionan como extensiones sensoriales y conceptuales del observador, como propuso un estudio desarrollado en la Universidad Griffith, en Australia, según el cual la objetividad con la que pretendemos describir el mundo físico se desdoblaría también en subjetividad, al igual que la partícula y la onda (Bong et al., 2020). Ello significa que la realidad observada se puede fragmentar en distintas partes, y cada persona puede tener una perspectiva única de ella, pero esto no afecta su veracidad universal. Cuando una persona observa o mide una partícula, se manifiesta una de las dos posibilidades que existen simultáneamente, aquella que sintoniza con una determinada longitud de onda de

su mente consciente, que es el resultante de la utilización de herramientas diferentes vinculadas a los distintos campos de percepción y operadores cognitivos. Esto equivale a decir que cuando una partícula se manifiesta como corpúsculo, está emergiendo en la realidad el orden explícito, el cual pertenece al mundo tridimensional de los cuerpos limitados a la extensión de nuestros sentidos externos y nuestra mente consciente, a la información colapsada que divide los fenómenos y las cosas en realidades fragmentadas, que se puede describir como la acción de seleccionar del conocimiento racional del hemisferio izquierdo. Los universos paralelos a los que se refiere Hugh Everett no serían sino interpretaciones parciales y relativas de los diferentes voes de una realidad única y absoluta. Sin embargo, cuando una partícula existe como una onda de probabilidad aflora el orden implícito de la realidad, el cual se corresponde con las dimensiones adicionales que captan nuestros sentidos internos y nuestra mente inconsciente, con la información sin colapsar de los fenómenos y las cosas, que se interpreta como el proceso de generación de ideas que lleva al conocimiento intuitivo del hemisferio derecho. Cada hemisferio interpreta la información de forma distinta, uno define el sistema como entidades fragmentadas, y otro como un todo holográfico interconectado, pero desde la colaboración conjunta los aspectos objetivos y subjetivos coexisten en el mismo estado, es decir, están entrelazados mediante relaciones no causales, como si se tratara de una superposición de estados, lo que acrecienta nuestro estado de conciencia para percibir y seleccionar las posibilidades de otros mundos, a fin de crear nuevas realidades acerca de nuestro mundo. Esas nuevas realidades se manifiestan gracias a la voluntad en tanto que elección, la cual actúa como un atractor fractal de las infinitas posibilidades cuánticas del multiverso, alrededor de cuya información se reorganiza de nuevo un sistema. Dicho atractor se basa en un algoritmo basado en un sistema binario que reduce las infinitas posibilidades a dos posibles opciones. Por tanto, no sería necesario elegir entre dos opciones diferentes, sino aceptar que la realidad tiene contradicciones intrínsecas que están relacionadas con cómo la percibimos.

7.1. Arquetipos Universales

El banco de información del nivel implicado es comparable a una conciencia que contiene una variedad infinita de arquetipos y valores universales, entre los que se encuentra la belleza, tanto sensible como intelectual. En el modelo de Penrose, estas formas arquetípicas habrían sido integradas, desde el Big Bang, en la geometría fundamental del espacio-tiempo en la escala de Planck. La mente holográfica es capaz de acceder directamente a esa información arquetípica por fenómenos de sintonización para decodificarla en forma de conceptos o imágenes, como si el cerebro individual no se redujera a su propio holograma. La mayor o

menor capacidad de sincronizar con esa información depende de la resonancia emocional de cada individuo con el campo holográfico. Esto significa que los arquetipos son una manifestación de un fenómeno universal involucrado en acontecimientos sincrónicos fundamentalmente significativos.

La interconexión de todas las cosas que predice el principio holográfico puede explicar el concepto de información arquetípica. Los arquetipos universales se definen como imágenes inconscientes de los propios instintos, o patrones de conducta instintiva que proceden del inconsciente colectivo común a toda la humanidad, y los encontramos en los elementos simbólicos presentes en los sueños, las visiones, las ideas religiosas, los mitos y las formas artísticas, que forman símbolos intuitivos de naturaleza reveladora, pues muestran lo oculto a través de un mundo ideal y analógico que trasciende el mundo material y lógico. Mediante ellos se establece una conexión tanto con un mundo como con otro. De ahí que constituyan el modo de contrarrestar la tendencia impulsiva a fragmentar nuestro mundo.

La visión fractal de la naturaleza implica que todo se haya creado a partir de unas pocas pautas matemáticas, expresables mediante números simples que se repiten sucesivamente hasta crear un mundo altamente complejo. Estos sencillos patrones numéricos, por los que se rigen las estructuras fractales, reflejan arquetipos universales que se expresan en todos los niveles de la creación, y que tienen ya desde antiguo un significado metafísico o estético, pues remiten a la analogía que une al microcosmos con el macrocosmos, como se resume en el principio alquímico "como es arriba, es abajo". Desde la Antigüedad, los principios estéticos de ritmo, simetría, proporción, orden y armonía se veían tanto en el hombre como en la naturaleza y, por tanto, se consideraban arquetipos universales. El reconocimiento de esta dimensión arquetípica es muy recurrente en la historia de la filosofía y la religión. Así, Platón reconoció un mundo inteligible autónomo de nuestro mundo sensible formado por ideas trascendentes, que eran arquetipos a través de los cuales se creaba el mundo sensible. Había jerarquizado, además, esas ideas poniendo en su cúspide la del sumo Bien y Belleza, valores que estaban emparentados con el concepto matemático de proporcionalidad. Los pitagóricos incorporaron a ese mundo inteligible los números, que para ellos constituían los principios fundamentales de toda proporción, orden y armonía en el universo, y que sintetizaron bajo el código secreto del pentágono, que respondía a las medidas del número áureo. Pitágoras lo llamó el "Kosmos", y lo describió como un ámbito metafísico desde el cual emergían la materia y la mente. El vacío místico que nuestros ancestros llamaron Akasha, Éter, Prana o Chi podría haber sido un intento de describir ese mundo inteligible y matemático de la filosofía idealista de Platón y de Pitágoras. Los científicos contemporáneos han identificado ese vacío

místico con la información codificada en el nivel más fundamental del vacío cuántico, aunque se le ha llamado de formas muy distintas. Unos lo llaman el orden implicado o el campo Akásico (Bohm y Laszlo). Otros se han referido a él con el nombre de campo holográfico o campo unificado. De alguna manera, el vacío cuántico planteado por los físicos, así como la energía oscura que representa, converge hacia la posición ontológica del idealismo, pues refleja las revelaciones de las grandes corrientes místicas y religiosas de todas las épocas. Igualmente, manifiesta los arquetipos del inconsciente colectivo del psicólogo suizo Carl Gustav Jung, que no están de ninguna manera en contradicción con la teoría holográfica del universo.

La ciencia y la filosofía actual mantienen abierto el debate sobre la posibilidad de un orden subyacente cuyo código de información conecta todas las cosas del universo, formando un todo complejo. A nuestro parecer, el código fuente que subyace a la naturaleza se muestra oculto en las relaciones numéricas y geométricas del cosmos, que giran en torno a los arquetipos universales: el arquetipo de la unidad, el arquetipo de la dualidad y el arquetipo ternario o de los intermediadores. El arquetipo de unidad otorga una visión global de las cosas, ya que se refiere a la idea de que algo está interconectado mediante un principio unificador. Este arquetipo se asocia con experiencias místicas, y puede verse como una representación de la interconexión e interdependencia de todos los seres vivos. El arquetipo de la dualidad permite percibir la realidad desde dos posiciones contrarias, porque se refiere a la naturaleza dual de las cosas. Este arquetipo se utiliza para representar la idea de que hay fuerzas opuestas en conflicto en el mundo. Y el arquetipo ternario clama por la unidad de los contrarios por intermediarios equilibradores, una mediación como agente de cambio que se halla estrechamente ligada a la noción de entrelazamiento cuántico, proporción áurea y analogía. Por ejemplo, en el contexto de las estaciones, el verano y el invierno forman parte de una dualidad en términos de temperatura y luz solar. El verano se caracteriza por tener los días más largos y temperaturas más cálidas, mientras que el invierno se caracteriza por tener los días más cortos y temperaturas más frías. La dualidad verano-invierno forma una unidad que se mantiene gracias a la presencia de intermediarios equilibradores, como la primavera y el otoño, que, al tener características de ambos, ayudan a suavizar los cambios bruscos entre una estación y otra.

Estos arquetipos matemáticos constituyen la base sobre la cual se desarrolla la geometría fractal de nuestro mundo, en tanto que se iteran en un proceso indefinido hasta crear complejidad. Están vinculados además a las propiedades físicas de la materia-energía, manifestadas en los criterios monocotómicos, dicotómicos y tricotómicos de la ciencia. La computación del universo se comprime, pues, en un programa muy sencillo que se repite en todas

sus dimensiones. Su programa está constituido por leyes de carácter arquetípico que obedecen a reglas simples de separación y unión, en forma de algoritmos informativos que actúan bien como bits, con un solo valor de los dos posibles, o como cúbits, con dos de los valores posibles, y que se iteran un número infinito de pasos hasta crear estructuras jerarquizadas cada vez más complejas. El universo es un todo auto-organizado que almacena y procesa su propia información de forma fractal y recursiva, un fenómeno por el cual las partículas pierden su estado clásico dual para configurar estados cuánticos unitarios, y a la inversa. Este es el secreto del universo que nos revela la analogía que une el microcosmos y el macrocosmos, y que da un significado profundo y bello a las cosas.

7.2. El Holograma Biológico Humano

El fenómeno cuántico de entrelazamiento puede ser visible a escala macroscópica mediante el acoplamiento coordinado de ondas. A través del entrelazamiento cuántico los campos de cada parte de un sistema pueden acoplarse a otros campos mayores de forma coherente. Por ejemplo, el movimiento rotatorio de los electrones de un átomo genera un campo no local de partículas virtuales a su alrededor que intercambian energía e información. Cuando los átomos se agregan para formar moléculas, las frecuencias de sus campos se van acoplando a través del entrelazamiento cuántico. Y así como en las moléculas se genera un campo holográfico, en las células de un organismo existe una red de energía entrelazada que las rodea. Estas redes entrelazadas de las células se amplifican por retroalimentación positiva hasta generar un campo mayor que cubre y traspasa a todo el organismo, coordinando en sinergia los más variados procesos corporales. En los seres vivos, los campos que rodean a cada especie en particular se acoplan con los campos de otros organismos, hasta abarcar el entorno de la biosfera, que une a todas las especies en general, permitiendo la coevolución. Todos estos campos están enlazados con todos los demás en el tejido espaciotemporal del universo y de los universos paralelos por fenómenos de resonancia. En ese espacio-tiempo local cada parte contiene aspectos del todo, como si se tratara de un gran holograma dinámico y fluido.

El campo electromagnético es un fenómeno fundamental en los procesos de coherencia de los organismos vivos. Por medio del entrelazamiento cuántico, el ADN de las células es capaz de crear una radiación coherente que permite transmitir y recibir la información del campo electromagnético de manera instantánea, creando complejos patrones de interferencia de ondas en forma de hologramas. Ese campo es la versión que tiene el cuerpo del dominio de frecuencias del orden implicado, y constituye un holograma que define la estructura espa-

ciotemporal según la cual se organiza el organismo en respuesta a su entorno para mantener su integridad. Al exhibir propiedades de conexión a distancia, como las partículas subatómicas, sus frecuencias vibratorias pueden causar patrones de perturbación en el vacío, produciendo una red de pequeños agujeros de gusano magnetizados que conectan diferentes dimensiones espaciotemporales, que son los equivalentes microscópicos de las perturbaciones Einstein-Rosen creadas en torno a los agujeros negros. Por esa razón, el ADN se estima como un "puente" biológico entre el orden implicado y el explicado. Esta conexión a distancia es la esencia misma del entrelazamiento cuántico.

Pero el ADN de nuestro cuerpo no solo está en un estado entrelazado con respecto a la información de cada una de sus células. El entrelazamiento cuántico también actúa sobre el dominio del orden implicado de las neuronas del cerebro. Al entrar dentro del dominio del orden implicado, el holograma humano puede ir más allá de la estructura física del cerebro y del cuerpo e interactuar en concordancia con los hologramas de distintos individuos o colectivos para acceder a su información. Esto es así porque las ondas electromagnéticas del cerebro de las personas que conservan fuertes vínculos emocionales, como parejas, amigos cercanos o miembros de una familia, se sintonizan entre sí hasta mostrar patrones muy similares, incluso aunque estén separadas físicamente. Ello significa que dos personas que se mantienen en una interacción cercana constante pueden entrar en un estado de entrelazamiento cuántico en el que sus sistemas nerviosos funcionan al unísono, pudiéndose producir fenómenos extrasensoriales, que constituyen una evidencia de nuestra interacción no-local con otras realidades paralelas. Tales fenómenos de entrelazamiento entre individuos se apoyan en los postulados de la teoría cuántica débil de Atmanspacher, Römer y Walach (2002) y en la teoría sintérgica de Grinberg-Zylberbaum (1982).

La teoría cuántica débil generaliza la aplicación de la teoría cuántica a nivel macro, siempre que se cumplan ciertas condiciones de complementariedad, de tal forma que permite comprender cómo se conectan otros tipos de dualidades, por ejemplo, cuerpo y mente. Siendo así, respalda la existencia de un entrelazamiento cuántico entre las mentes de dos o más personas que tiene relación directa con el concepto de sincronidad, un fenómeno que determina una conexión simultánea entre las múltiples dimensiones de la realidad. Así como en el orden implícito del universo todo está íntimamente conectado mediante una red invisible de conexiones, las mentes de las personas están también interconectadas, especialmente cuando mantienen lazos emocionales constantes. Ello se debe al fenómeno de entrelazamiento cuántico de la mente inconsciente, que implica conexiones acausales entre la realidad individual y la colectiva, por lo que se consigue engranar los hologramas del mundo de nuestra realidad psi-

cológica interna con el mundo externo, explicando las coincidencias significativas entre las personas. Las coincidencias significativas son fenómenos de sincronidad propios del entrelazamiento cuántico del orden implicado. Esos fenómenos sincrónicos permiten una correlación análoga entre sucesos internos y externos, entre los ámbitos del mundo mental y físico, lo cual justifica por qué la realidad individual está entrelaza con la colectiva, incluso con la materia, una idea que ya fue formulada en la Grecia antigua con Pitágoras y Heráclito, quienes creían que el mundo estaba gobernado por un principio armonizador que entrelazaba todas las cosas mediante simpatías.

En cuanto a la teoría sintéctica, Grinberg-Zylberbaum afirma que cuando las neuronas de nuestro cerebro interactúan entre sí, crean un campo energético relacionado con la conciencia, llamado “campo neuronal”. Este campo neuronal se expande en el espacio e interactúa con un campo holográfico hipercomplejo de alta coherencia y simetría, que Grinberg denomina “lattice”. A partir de la interacción se manifiesta la realidad visible, en donde los objetos parecen estar separados. Pero cuando el campo neuronal es capaz de sintonizar con la estructura de la lattice por medio de una coherencia cerebral global, entonces el campo neuronal se vuelve uno con la lattice y el cerebro experimenta el estado de unidad, que está correlacionado con el desarrollo de las habilidades extrasensoriales. El paradigma del cerebro como una estructura dinámica que guarda información holográficamente ayuda a explicar gran número de estos fenómenos extrasensoriales.

En la teoría del científico alemán Fritz-Albert Popp (como se citó en McTaggart, 2006), del Instituto de Biofísica de Kaiserslautern, en Alemania, el holograma cuántico del ser humano está en relación con la luz ultra débil emitida por el ADN celular, conocida como biofotones. Los biofotones son fotones de luz de origen biológico que emiten los organismos vivos, incluidas las plantas, los animales y los seres humanos. Estos fotones biológicos se desplazan a través de ondas por los campos electromagnéticos existentes en las células mediante fenómenos cuánticos, lo que les permite coordinar su actividad interna y externa. Debido a los bucles de retroalimentación de estos fenómenos, los campos energéticos celulares se acoplan entre sí, generándose un campo coherente de biofotones con carácter holográfico. El cuerpo genera luz en forma de biofotones, pero también extrae esa luz del medioambiente, por ejemplo, de los fotones del Sol y de los alimentos, siendo las plantas los organismos que mayor cantidad de biofotones presentan. Popp cree que el ADN no solo se sirve de los campos electromagnéticos, sino que es él quien genera luz coherente cuando absorbe la luz solar. La luz del Sol por naturaleza es holográfica y codifica el patrón de información de la totalidad. Este hecho lo podemos ejemplificar en el fenómeno del arco iris, que puede ser descrito

como un holograma, ya que las refracciones microscópicas producidas en las gotas de agua, los colores del arco iris, se acoplan hasta dar lugar a un arco iris que puede ser observado macroscópicamente. Esa luz coherente del Sol se almacena en el ADN celular, que está implicado en la radiación biofotónica. El ADN se comunica con la radiación biofotónica a través del campo holográfico mediante luz coherente, lo que posibilita que los diferentes sistemas se relacionen por fenómenos sincrónicos de resonancia, permitiendo que la información pueda llegar a cualquier sitio del organismo sin pérdida de tiempo. De alguna manera, la buena circulación de los biofotones por el cuerpo es el medio para intercambiar correctamente la información, lo que juega un factor decisivo a la hora de mantener la perfecta armonía.

La Dra. Del Rio (2001), química-bióloga mexicana, cree que el campo electromagnético del ser humano es una red de entrelazamiento cuántico que se forma por diferencias de potencial, como consecuencia de los incesantes procesos de oxidación y reducción de las partículas de hierro (magnetitas) del cuerpo humano. Según ella, la comunicación instantánea de la información se realiza gracias a los biofotones que circulan por esta red electromagnética, llevando su información de una parte a otra del organismo. El agua sería el responsable último que sustenta la coherencia de la luz que emiten los biofotones, así como los campos electromagnéticos que generan, para llevar a cabo todos los procesos fisiológicos. En los últimos años, han surgido evidencias de que el agua ordenada atómicamente funciona como medio perfecto a la hora de constituir canales biofotónicos que sirvan para el intercambio de energía e información coherente entre el vacío cuántico y los sistemas biológicos. La genetista y bióloga molecular china Mae-Wan Ho y su equipo (Ho et al., 2007) propusieron que el agua de los seres vivos tiene las características de un cristal líquido con una ordenación coherente en todas las escalas. Un cristal líquido es un estado de agregación de la materia que se encuentra en una fase intermedia entre un líquido, en donde las partículas desordenadas tienen la libertad para interactuar conjuntamente, y un cristal sólido, donde las partículas ordenadas ocupan posiciones fijas. Se supone que en las células, incluidas las neuronas del cerebro, los cristales líquidos constituyen los llamados condensados de Bose-Einstein. Los condensados de Bose-Einstein del cristal líquido permiten que las células se intercomunican por fenómenos de resonancia, propiciando que el organismo funcione como un todo coherente. Algunos estudios sugieren que estos efectos cuánticos puede deberse tanto a la presencia intrínseca de la proporción áurea en los enlaces de las moléculas del agua, que se aproximan al ángulo interno de 108° del pentágono (Figura 85), como a la estructura cuantizada de las moléculas de agua (Geesink, Jerman & Meijer, 2020). Esa propiedad cuántica del agua hace que el cristal líquido sea altamente coherente y que los biofotones -y, por ende, la energía- viajen a grandes

velocidades por todo el organismo, transmitiendo electromagnéticamente la información entre las distintas partes del cuerpo. Curiosamente, las cualidades superfluidas del cristal líquido comparten autosemejanzas con el comportamiento superfluido de la energía oscura en el universo. Pero lo más desconcertante del asunto es que los científicos indican que el cerebro y la red cósmica muestran similitudes en el promedio de sus elementos (Vazza & Feletti, 2020). Así, la masa del cerebro y el contenido energético del universo observable se componen en un 70 % de un elemento aparentemente pasivo: el agua en el caso del cerebro y la energía oscura en el del universo. Ambos elementos tienen la capacidad inherente de transformar la entropía en estados de negantropía.

La suma de todos los sistemas celulares del cuerpo genera un campo electromagnético de biofotones que, para Del Rio, está interconectado con el sistema cristal líquido-magnetitas. El modelo de Swanson (2008) pretende explicar cómo se genera este campo. A su juicio, con la creación de cada biofotón también se crea una onda de torsión que va acompañada de una onda electromagnética. Cuando todas las ondas de torsión de los biofotones se acoplan entre sí entonces entran en coherencia, creando un patrón holográfico alrededor del cuerpo. Este patrón creado por el campo de torsión es el que forma el holograma biológico o bioholograma, más conocido como aura. El holograma biológico incluye todas las estructuras de la energía sutil: las capas del aura, los chakras y varios nadis o canales energéticos. La científica Brennan (1990), quien trabajó como investigadora de la NASA, fue una de las primeras en describir con detalle esas estructuras del campo áurico. Define el holograma humano como un campo toroidal de bioplasma o plasma biológico. Dicho toroide tiene dos vórtices energéticos que se sitúan en la coronilla de la cabeza y en la base de la columna vertebral, similares, en términos visuales, a los vórtices de un agujero blanco y un agujero negro unidos mediante un agujero de gusano, siendo la coronilla símbolo del espíritu y la base de la columna símbolo de la materia. A lo largo del eje de ambos vórtices se alinean unos centros energéticos conocidos como chakras, los cuales actúan como puertas dimensionales que enlazan el campo electromagnético del cuerpo humano con el campo universal, permitiendo el flujo bidireccional de información de los diferentes niveles. El centro del toroide coincide con el chakra del corazón, que Haramein describe como una singularidad que nos conecta con todo el universo.

Para la tradición budista e hindú, los chakras constituyen los centros energéticos de una jerarquía de niveles de conciencia que coexisten con el cuerpo físico (Figura 86). Según el pensamiento místico hinduista, en el campo bioplásmico hay un total de siete chakras principales: tres chakras superiores situados en la parte superior del cuerpo, tres chakras inferiores en la parte inferior y un chakra situado en el punto medio, entre la tríada superior e infe-

rior, entre las energías trascendentes del espíritu y las físicas de la materia, que coincide con el chakra del corazón (Gerber, 1993). Para la visión espiritual convencional, los chakras superiores pertenecen al plano de la unidad, aquello que va más allá de nuestra concepción espaciotemporal, en tanto que los inferiores pertenecen al plano de la dualidad, aquello que se comprende en el espacio y el tiempo, dos planos que derivan de las fuerzas opuestas del campo universal. Según algunas elucubraciones espirituales, las fuerzas electromagnéticas y gravitacionales crean el campo toroidal del holograma humano, que cuando entra en resonancia puede sintonizar con las fuerzas cósmicas. La organización toroidal anidada permite que la fuerza electromagnética que recibimos de la irradiación del Sol entre por el séptimo chakra y, a su vez, que la fuerza de gravedad que recibimos de la Tierra penetre a través del primer chakra. Cuando las dos fuerzas se encuentran en la singularidad del corazón se unen, lo que ayuda a conectar con la unicidad o la armonía del vacío cuántico (Haramain, como se citó en Pérez Cornejo, 2011). La salud y la creatividad podrían ser cuestión de la coordinación activa de los chakras y del equilibrio armónico de sus campos de energía.

El psiquiatra norteamericano Hawkins (2014), doctor en Medicina y Filosofía, propuso en su libro *El poder frente a la fuerza* un mapa de la conciencia humana que se correlaciona con los campos morfogenéticos de Sheldrake y el cerebro holográfico de Pribram, y que es descrito como una jerarquía de niveles a partir de las distintas frecuencias vibratorias de su campo de energía, por lo que se ajusta bastante bien al sistema tradicional de los chakras. Para el científico, el mapa describe los diferentes estados de conciencia comprendidos a lo largo de una escala logarítmica marcada por puntos críticos que producen patrones atractores de diversa intensidad energética, siendo el 1 el parámetro más bajo de intensidad y el 1000 el más alto. Adicionalmente, hay dos rangos de niveles que llama "fuerza física", que se corresponde con los niveles que van del 1 al 200; y el rango del "poder espiritual", correspondiente a los comprendidos entre el nivel 200 y el 1000. Cada rango está formado además por subniveles que se relacionan con ciertos estados emocionales que vibran a frecuencias muy bajas (emociones negativas) o a frecuencia más altas (emociones positivas). Los niveles inferiores de conciencia (de 1 a 200) nos llevan a la dominación, la separación con los demás y los antagonismos. Son niveles destructivos de la vida que Hawkins llama "grados de falsedad". Sin embargo, los niveles superiores (de 200 a 1000) se dirigen hacia el estado de iluminación, de autorrealización, entendido como un nivel de cooperación, conexión y unidad máxima. Estos niveles son expresiones constructivas de poder que denomina "grados de verdad". El nivel calibrado de 200 sería la línea crítica que divide las áreas de la fuerza y del poder, lo negativo de lo positivo, el punto crítico donde se empieza a discernir lo constructivo de lo destructivo,

la verdad de la falsedad. En definitiva, el nivel de la integridad. Estar por debajo de 200 implica enfrentarse a una serie de categorías duales, y una vez superado ese umbral, las dualidades van disminuyendo hasta llegar al nivel 600, que indica el punto que abre un puente entre el mundo manifiesto de la dualidad y el mundo no manifiesto de la no dualidad. A partir de ahí se alcanzan los estados espirituales más elevados, en donde hay completa unidad, alcanzables solo por los grandes avatares o genios espirituales. La evolución espiritual significa, pues, pasar de la conciencia lineal a la no lineal.

Los chakras principales concuerdan con aquellos lugares del cuerpo en donde las partículas de hierro en forma de magnetita están más cerca unas de otras (Del Rio, 2001), y funcionan en conjunción con la red electromagnética de entrelazamiento cuántico, que forma parte del sistema conductor energético del organismo. Dentro de esa fina red electromagnética destacan tres canales o nadis: un canal vertical, que conecta los vórtices de energía de la coronilla y de la base de la columna vertebral (soushoumna), alrededor del cual circulan dos canales que se elevan en forma de espiral hacia los hemisferios cerebrales (ida y pingala). Se cree que por estos dos canales viajan por separado las energías positivas y negativas que penetran por los chakras, manifestando la conciencia de dualidad, y el eje vertical parece conservar sus justas proporciones, lo cual se experimenta como una conciencia de unidad. Los tres nadis se concentran en la base de la columna vertebral. Allí se almacena un tipo de energía que cuando asciende hacia el chakra de la coronilla tiene la capacidad de activar las funciones de los chakras, llamada kundalini (Figura 87). Cuando la kundalini actualiza correctamente los centros energéticos del campo bioplásmico y alcanza la glándula pineal del sexto chakra, se logra la sincronización hemisférica y el estado de iluminación que marca el chakra de la coronilla, que es el objetivo último del desarrollo espiritual. En dicho estado, la conciencia es capaz de interactuar con todas las dimensiones fractales del cerebro, porque la dicotomía que existe entre las dualidades se anula gracias a la generación de proporciones áureas, lo que supone el acceso a la compleja red de conexiones del universo. De este modo, se puede experimentar la correspondencia entre el microcosmos y el macrocosmos.

A fin de postular un fundamento teórico que explique los fenómenos del campo holográfico del cuerpo humano, el físico Tiller (1999), profesor emérito de la Universidad de Stanford y miembro de la Academia Americana para el Avance de la Ciencia, ha ideado un modelo del espacio-tiempo denominado modelo Tiller-Einstein, que se basa en el concepto einsteiniano de la materia como energía. De acuerdo con este modelo, existen distintos niveles de realidad que operan en dos marcos espaciotemporales diferentes: el llamado espacio-tiempo positivo (espacio D), y el espacio-tiempo negativo (espacio R). El espacio-tiempo

positivo es el ámbito físico del universo, que es el que nosotros podemos percibir a través de nuestros sentidos externos. La energía y la materia del espacio-tiempo positivo solo pueden viajar a velocidades inferiores o cercanas a la luz, y su naturaleza básica es “electromagnética”, donde los iguales se repelen y los opuestos se atraen. Además, tienen una tendencia a aumentar su desorden o entropía. Sin embargo, la energía y la materia que viajan a velocidades superiores a la luz se dan en el dominio negativo del espacio-tiempo, que es el ámbito del vacío cuántico, una realidad metafísica que solo podemos percibir por los sentidos internos. El dominio del espacio-tiempo negativo tiene primariamente una naturaleza que es “magnetoeléctrica”, donde los iguales se atraen y los opuestos se repelen. Asimismo, exhibe una baja entropía, lo que contrarresta los efectos de la segunda ley de la termodinámica, de modo que es capaz de llevar a transformaciones que promueven la auto-organización de los sistemas complejos. Los campos magnetoeléctricos del vacío constituyen las energías sutiles que componen el holograma biológico, los chakras y los canales nadi. Sus flujos son transportados por una partícula “emocional” que Tiller denomina “deltrón”, que actúa como un acoplador entre el espacio D y el espacio R. La conciencia humana, y concretamente la intención o voluntad hacia un fin, modula el grado de acoplamiento entre ambos espacios a través de los deltrones para organizar y transformar la realidad física de los sistemas.

Los chakras están relacionados con la distribución de las frecuencias vibratorias de los planos de energía holográfica del toroide del campo bioplásmico, que son análogas a las frecuencias del espectro de la luz, aquellas que conforman los siete colores del arco iris. Los planos energéticos aparecen como una serie de toroides anidados que se acoplan hasta configurar los niveles de conciencia del ser humano, de los cuales derivan todas las posibilidades que nos ofrece el espectro protoconsciente del tejido espaciotemporal de nuestro universo, que está vinculado a otros universos. En consecuencia, el campo toroidal del sistema energético humano está regido por principios similares a los flujos con forma toroidal del universo, y debido a este patrón holográfico de autosimilitud, los campos pueden interconectarse entre sí por fenómenos resonantes de sincronización. Cada estado individual de conciencia posee una frecuencia vibratoria determinada que resuena con otros campos energéticos del exterior para intercambiar información, determinando la realidad psíquica de cada uno y la forma en la que interpretamos nuestras experiencias. En otras palabras, cada nivel de conciencia se corresponde con un nivel de conciencia del universo.

Según este concepto, la conciencia humana sería una expresión de los múltiples niveles que coexisten como parte de “una sola conciencia universal”, una idea que ha sido defendida por el experto en computadoras e inteligencia artificial Kastrup (2018). Según su pro-

puesta, las cosas materiales están formadas por patrones de excitación de una conciencia universal, esto es, son manifestaciones físicas de sus sentimientos y pensamientos, los cuales conforman los aspectos revelados y ocultos del cosmos. Y al igual que la conciencia universal, los sujetos individuales tienen un aspecto oculto (mente) y un aspecto revelado (materia). Los sujetos mentales individuales forman parte de esa conciencia universal, sin embargo, están separados por un límite disociativo. Vistas así las cosas, el universo puede considerarse como una sola conciencia, pero en él coexisten conciencias disociadas, como si pareciera un trastorno de personalidad múltiple. Schrödinger se refirió a esta idea como la doctrina de la identidad, y la imaginó como un cristal que crea una infinidad de colores (representando las conciencias individuales) al refractar la luz (que representa la conciencia del universo). De alguna manera, la conciencia universal daría lugar a los aspectos extrínsecos de todas las conciencias individuales. Siendo así, no poseeríamos una conciencia propia y separada, sino que seríamos como avatares canalizando fragmentariamente una conciencia mayor.

Funcionalmente, el campo bioplásmico y los vórtices de energía del cuerpo físico parecen guardar relación con el campo universal de energía unificada y, por supuesto, con el campo energético de nuestro planeta. La Tierra cuenta con un campo magnético creado por las corrientes eléctricas generadas por los movimientos de ascenso y descenso del núcleo exterior de hierro fundido, debido al intenso calor de su núcleo interno. La función principal del campo magnético es proteger al planeta de la radiación cósmica o de los vientos solares. Nuestro planeta también emite ondas estacionarias de baja frecuencia que oscilan entre las capas superiores de la ionosfera, cargadas positivamente, y las capas inferiores de la atmósfera terrestre, cargadas negativamente. Esa polaridad forma un gran circuito eléctrico que actúa como cavidad resonante, conocido como “resonancia Schumann” (Figura 88) en honor a su descubridor Winfried Schumann. La biología interna de todas las formas vivas del planeta resuena a la misma frecuencia que el campo de la Tierra. Igualmente, la frecuencia principal del campo magnético terrestre (7,83 Hz o ciclos por segundo) y sus armónicos resuenan con el ritmo cardíaco y las principales ondas del cerebro (Church, 2019). Por ejemplo, las frecuencias del ritmo de ondas alfa están asociadas al rango de frecuencia del valor principal. Herbert König (como se citó en Danho, Schoellhorn & Aclan, 2019), sucesor del descubridor de la resonancia Schumann, descubrió que el ritmo de onda dominante en el cerebro de todos los mamíferos es el estado alfa. Esta idea ha llevado a inferir que existe una correlación entre las ondas cerebrales alfa y el campo energético terrestre, de manera que nuestro cerebro está sintonizado con la misma frecuencia del planeta. Este hecho revela la existencia de un sistema sincronizado de resonancia.

Como estamos integrados en una gran red de ámbito electromagnético y conectados por fenómenos de entrelazamiento a una conciencia universal, los planos holográficos del aura conllevan distintos estados de conciencia con rangos particulares de frecuencia, cada uno de ellos relacionado con una dimensión específica que sincroniza la actividad electromagnética del cerebro a la vibración de la cavidad resonante. Cuando nuestro cerebro entra en sincronía con la resonancia de la Tierra, surge un estado coherente que intensifica la amplitud de las ondas alfa, lo que forma un puente que sincroniza las frecuencias bajas y altas de nuestra mente. Gracias a esta sincronización, la información de los campos puede interactuar con las frecuencias procedentes de las ondas cerebrales a través de la glándula pineal, que es una pequeña protuberancia situada bajo el cuerpo calloso del cerebro. Muchas tradiciones espirituales, como la hindú, consideraron la glándula pineal como el centro que conectaba el mundo espiritual con el material. Asimismo, Descartes creyó que era el nexo de unión entre la *res cogitans* (la mente) y la *res extensa* (el cuerpo), porque su carácter unitario hacía posible la integración de los órganos duplicados (López-Muñoz, Marín y Álamo, 2010). Pero las especulaciones de Descartes fueron pronto refutadas. Algunas investigaciones actuales revelan que la glándula pineal es un órgano fotosensible y magnetosensible que interviene en la regulación de los ritmos circadianos de oscuridad y luz, los cuales se corresponden con las fases del sueño y de la vigilia, y, en última instancia, con los diferentes estados de conciencia. De la glándula pineal, la información de los campos pasa de la conciencia onírica a la conciencia vigil. Esta interacción de la conciencia onírica a la conciencia vigil es el procedimiento por el cual la mente logra mantener una sincronía entre la conciencia no local y la local. Algunos investigadores creen que las ondas alfa se considerarían fundamentales a la hora de crear puentes entre ambas conciencias (Church, 2019).

Lo que distingue a los diversos estados de conciencia es el determinado grado de integración de los planos energéticos del holograma terrestre. Los planos superiores son más sutiles y denotan un estado de conciencia más integrado o unificado, pues requieren de una gran cantidad de entrelazamientos, los cuales son capaces de generar una sincronización de las ondas cerebrales para formar una única onda coherente. En ese estado sincronizado, afloran sentimientos místicos de ser uno con la naturaleza y el universo, haciendo posible los fenómenos cuánticos de la mente para acceder a la información holográfica de los planos superiores del campo. Por contra, los planos más bajos son más toscos y designan el estado de conciencia más disgregado o fragmentado, porque se dan pocos entrelazamientos dentro del conjunto de partículas entrelazadas. La fragmentación del pensamiento pertenece a este estado, y se incrementa cuando se activan las ondas beta del cerebro, que se corresponden con una ac-

tividad de tipo analítico. Al dividir las cosas y los fenómenos en su análisis, el pensamiento fragmentado aísla la realidad subjetiva de la realidad objetiva, el sistema de su entorno, impidiendo las experiencias cumbres o transpersonales de totalidad.

Desde los planos superiores de conciencia, las oposiciones aparecen como dos polos de una unidad mayor, ya que sus niveles trascienden a sus predecesores. Pero conforme se desciende hacia planos de conciencia más bajos, las rígidas categorías y esquemas mentales predominan, impidiendo la fluidez de energía del nivel cuántico que nos conecta con el campo universal. Como consecuencia, se genera un estado general de desequilibrio, causando anomalías que interfieren en la creatividad y la salud. Solamente al superar estas barreras limitantes, podemos acceder a la información del campo y unificar sus múltiples posibilidades en la realidad manifiesta. Cuando se experimenta esa conciencia de unidad, el cerebro funciona de forma coherente, puesto que vibra a una frecuencia armoniosa. Este funcionamiento armónico es resultado de conciliar las oposiciones binarias de ambos planos. Y la unión de uno y otro plano se produce gracias al chakra del corazón, que actúa como intermediario entre los planos superiores e inferiores de conciencia, creando armonía entre ellos, de ahí que sea el centro energético integrador de todos los niveles de energía del holograma humano.

Según algunos estudios, como los llevados a cabo por la psicóloga Trisha Stratford (como se citó en Herrero, 2017), cuando dos personas se aman, los ritmos cardíacos de sus corazones se conectan para funcionar sincronizadamente, y esas señales se pueden medir también en las ondas electromagnéticas del cerebro. Esto hace pensar que los vínculos emocionales son la clave para la sincronización cerebral. En cierto sentido, las conexiones que se producen entre dos partículas -como consecuencia del fenómeno de entrelazamiento- mantienen ciertas analogías con los vínculos emocionales del amor que se emiten y se reciben principalmente desde el corazón. El amor humano es conexión, porque permite reunir e integrar en una totalidad los componentes duales de uno mismo y del mundo. Dado que el amor asegura el paso de un nivel a otro, lleva en sí el concepto de coherencia y complementariedad. Y la coherencia del amor se relaciona con la belleza de las proporciones áureas, ya que estas reproducen el mismo patrón armónico que el amor. La experiencia estética ante la secuencia recurrente de proporciones áureas de un objeto bello puede ser experimentado como un profundo sentimiento de placer y amor. Precisamente, los experimentos de Semir Zeki, el fundador de la neuroestética, y otros (Zeki & Kawabata, 2004) revelaron que la contemplación de la belleza activa regiones neuronales que se correlacionan con el placer y el amor. Esta expe-

riencia estética es similar a la experiencia del místico, dado que comprende la cosmovisión abarcadora de la unidad en la interconexión con todas las cosas.

Recientes investigaciones han descubierto que el corazón humano es un músculo de fibras cardíacas con una configuración fractal en forma helicoidal, cuya proporción áurea entre el eje vertical y transversal indica la salud del mismo (Henein et al., 2011). Recibe inervaciones del sistema nervioso autónomo, formado por nervios simpáticos y parasimpáticos, que regulan fundamentalmente los latidos de contracción (sístole) y expansión (diástole). Este ritmo del latido humano también presenta un patrón fractal en el dominio temporal, puesto que los segundos transcurridos entre las fluctuaciones de las frecuencias cardíacas se correlacionan estadísticamente con aquellas producidas en minutos y horas (Gordberger et al., 2002). Igualmente, la actividad cardíaca sistólica y diastólica exhiben características que se aproximan a la proporción áurea (Yetkin et al., 2013), así como la presión arterial sistólica y diastólica. Los estudios del biólogo ruso Tsvetkov (1997) encontraron que si tomamos la presión arterial media en la aorta como la unidad de medida, entonces la presión arterial sistólica se aproxima 0.382..., y la presión diastólica se acerca a 0.618... Este hecho le llevó a la conclusión de que la proporción áurea estabiliza y optimiza la actividad del corazón con la máxima economía de energía, una actividad que se corresponde con un estado fisiológico de calma. La misma proporción estaría presente en las arterias coronarias del sistema cardiovascular, que se estructuran de acuerdo con la secuencia de Fibonacci, como demuestra el estudio de los científicos Ashrafian y Athanasiou (2011). Estas investigaciones sugieren que un sistema cardiovascular sano goza de la predilección de la proporción áurea, tanto a nivel estructural como funcional, lo que parece estar en consonancia con el conocimiento antiguo que asocia el corazón con los componentes espirituales del ser humano (Yalta, Ozturk & Yetkin, 2016). De hecho, las tradiciones filosóficas de todos los tiempos veían en el amor la clave perfecta para superar las contradicciones.

La matemática e investigadora de la conciencia Annie Marquier (como se citó en Sanchís, 2012) afirma que el corazón tiene neuronas que conforman un sistema nervioso propio, y que son las responsables de todas las decisiones que tomamos por intuición. Para complementar sus ideas, relata las experiencias de los investigadores del *Instituto HeartMath* (2019) de California, quienes pusieron de relieve que alrededor del corazón existe un campo holográfico en forma de toroide que resulta de sus frecuencias vibratorias (Figura 89). Estas frecuencias del corazón varían en función de los estados emocionales, creando dos clases de variaciones: una armoniosa, de ondas amplias y regulares, y otra desordenada, con ondas incoherentes. Los efectos de las emociones negativas, como el miedo, el odio y la descon-

fianza, originan más incoherencias en los ritmos cardíacos que el sentimiento contrario, como el amor, que puede aumentar la coherencia de sus ondas electromagnéticas, debido a lo cual se alcanza un estado de conciencia superior o experiencia cumbre, lo que significa una conexión con el campo universal. Esto es así porque las ondas electromagnéticas del corazón se acoplan con las ondas cerebrales a través de proporciones áureas, las cuales son armonizantes con el medio entorno. Ello condiciona respuestas altruistas (la base de la cooperación) que crean circuitos neuronales que mejoran la salud, la felicidad y prolongan la vida.

Los ritmos cardíacos coherentes generados por emociones positivas causan patrones armónicos relacionados con el entrelazamiento cuántico, cuyas fluctuaciones exhiben autosimilitud fractal a diferentes escalas de tiempo, ya que al ampliarlas o reducirlas se repiten sus patrones. Esto hace que el ritmo cardíaco produzca una sincronización orquestada basada en phi. Dicho estado sincronizado puede ser capaz de influir en la resonancia del cerebro al incrementar las ondas alfa e inducir un nexo o puente dimensional que integra los niveles de la mente. Cuando el impulso de las ondas coherentes del corazón se sincroniza o entrelaza con la actividad del toroide del cerebro, se genera un mismo ritmo coherente de patrones armónicos de naturaleza holográfica que funcionan al unísono, produciendo una conexión unificante entre los distintos niveles fractales del cuerpo humano. La coherencia interna con uno mismo en armonía con la coherencia externa con el mundo, facilita que las energías estén debidamente unificadas. En este estado de coherencia psicofisiológica, los ritmos cerebrales y cardíacos están en consonancia con la resonancia Schumann en todos los niveles, lo que permite conectar los circuitos neuronales y activar ciertos rasgos de los genes por medio de los biofotones, contribuyendo a estimular las áreas creativas y saludables. En resumidas cuentas, el bienestar mental y físico depende de la activación de los fractales áureos dentro de nuestras mentes y cuerpos, una unidad psicofísica que permite una correspondencia isomórfica entre el mundo interno y externo, y que nos enlaza de forma natural con el campo de conciencia no local de otras personas, la naturaleza y el universo. Y dado que la unidad psicofísica es cuestión de una proporcionalidad recursiva, una persona con patrones armónicos de energía puede sincronizar los patrones del sistema resonante de otra persona para crear coherencia en su flujo y estimular los procesos curativos.

8. La Evolución de los Sistemas Complejos

La evolución de los sistemas complejos es un proceso auto-organizativo en el que la complejidad surge de la interacción entre las partes individuales y la totalidad del sistema. En la naturaleza, la auto-organización conlleva un gran orden, porque un sistema se comporta

como un todo funcional, pero asimismo hay desórdenes que, lejos de empobrecerla, la enriquecen. Los diversos intentos auto-organizativos de los organismos suponen formas distintas de superar las contradicciones anteriores hacia un todo mayor, frecuentemente más complejo. En este sentido, parece ser que los sistemas auto-organizativos manifiestan correlaciones bien afinadas entre el desorden y el orden, ya que las propiedades emergentes se despliegan como un conjunto completo o sistémico. Ello ha llevado a algunos científicos a creer que un sistema auto-organizativo es, en algún aspecto, un sistema cuántico de gran tamaño. El hecho de que el despliegue hacia la complejidad de un sistema se realice de manera imprevisible, a saltos, hace pensar en esta hipótesis. Por ende, la evolución de los sistemas complejos puede ser entendida como una “evolución emergente”, un salto de novedad cuyo eje principal es la síntesis de los elementos contrapuestos en una nueva unidad autosemejante. Este tipo de evolución es discontinua, y no puede ser explicada por la física clásica, sino por las matemáticas no-lineales y la física cuántica-relativista, que son las que mejor describen esos procesos saltales. Las propiedades emergentes de discontinuidad del micronivel se amplifican hasta pasar al macronivel como entidad separada, como fragmento. Estos fragmentos se expresan en el orden explícito bajo una serie de niveles jerárquicos con patrones recursivos, cuyos modelos generan fractales. No obstante, los distintos sistemas fractales se conciben asociados a subsistemas dentro de un sistema mayor, cuyas interacciones son viables gracias a las propiedades de coherencia o superposición de un campo cuántico continuo que los hace ser autosimilares.

La evolución emergente de los sistemas complejos está regida por las interrelaciones entre los mecanismos cuánticos y clásicos de la física, los cuales explican el aumento de la complejidad fractal en el mundo. Ello implica que todas las posibilidades cuánticas existentes en la función de onda desencadenan posibles bifurcaciones en la evolución que pueden permitir la emergencia de nuevas propiedades adaptativas. Dado que todas las posibilidades están en un estado de superposición, cuantas más superposiciones cuánticas haya, mayor cantidad de bifurcaciones habrá, y por tanto, más favorable será el proceso de adaptación al entorno físico. El darwinismo cuántico de Zurek (2006) explicaría la transición del mundo cuántico al clásico a través del proceso selectivo del entorno. Mediante la elección cuántica, muchas posibilidades llegan a ser lo suficientemente estables como para mantenerse en el entorno sin colapsar, por ser estas preferentes en la transición cuántico/clásico. Como el darwinismo cuántico convive con una especie de lamarckismo, por cuanto sostiene que no se puede separar la creación de nuevas posibilidades de adaptación de las condiciones selectivas

impuestas por el entorno, podemos concluir que los dos mecanismos evolutivos englobarían los dos sistemas existentes entre los sistemas complejos y su entorno.

En el entorno de los seres humanos, los mecanismos cuánticos y clásicos se refieren a dos tipos de fractales: los naturales, que proceden de la auto-organización natural, y los artificiales o culturales, que resultan de la producción humana. Al igual que una partícula existe en el orden de la onda o en el del corpúsculo, los fractales naturales y culturales se manifiestan en el orden implícito y explícito, de modo que ambas parecen mediar entre el todo y la parte, entre lo general y lo particular, como en un fractal. Esas mediaciones comportan puntos críticos que vinculan en un solo proceso el interior y el exterior de los sistemas complejos, tal y como hace la creatividad. En este sentido, la creatividad subyace en las emergencias de los sistemas complejos capaces de auto-organizarse en una totalidad (ver Anexo A, Diagrama 6).

8.1. Los Genes

Dentro de la mecánica cuántica, la ley de dualidad partícula (el mundo de los discontinuos, de lo discreto) y onda (el mundo de los continuos) evidencia el postulado de la naturaleza discontinua y continua del universo. El universo contiene un campo cuántico continuo con estados excitados discontinuos que crean la materia. Del aspecto discontinuo, corpuscular, surgen pares de partículas en el espacio-tiempo, que comportan el principio de dualidad. La superposición de esas partículas se da bajo el aspecto continuo y ondulatorio del estado fundamental. La naturaleza también muestra paradojas semejantes al micronivel de la física. En el seno de cada nivel de organización, se puede descubrir una dualidad que parece oscilar entre dos naturalezas aparentemente incompatibles. Asimismo, las moléculas de la vida poseen una dualidad similar a la doble naturaleza de las partículas elementales que las conforman, ya que contiene una parte molecular y otra parte ondulatoria, como demuestran los estudios (Shayeghi et al., 2020). Esta dualidad es la mínima expresión de la cual emanan las contradicciones que luego se iteran a través de todo el sistema, hasta llegar al organismo completo. En el contexto de los seres vivos, las contradicciones se producen en una multiplicidad de niveles, desde los más locales a los más globales. La superposición cuántica significaría el estado de coherencia y armonía que entraña la coexistencia simultánea de todos ellos.

De acuerdo con la teoría actual, la clave de la vida se encuentra en el ácido nucleico de las células. Hay dos tipos de ácidos nucleicos: el ácido ribonucleico (ARN) y el ácido desoxirribonucleico (ADN). Se cree que los primeros seres vivos estaban basados en el ARN, pero con el tiempo, de la estructura molecular del ARN emergieron estructuras más estables, las moléculas de ADN. No obstante, una nueva investigación sugiere que las primeras formas

de vida podrían haber surgido de una mezcla de ambos (Jiménez, Gibard & Krishnamurthy, 2021). Las moléculas de ADN almacenan la información genética necesaria para la formación y el funcionamiento de los organismos. Una gran parte del ADN se encuentra en el interior del núcleo de las células de todos los seres vivos, donde forma los cromosomas. Los cromosomas son estructuras alargadas con un conjunto de genes (genoma) que determinan nuestro genotipo o herencia biológica. Benoit Mandelbot propuso por primera vez que el ADN seguía un patrón de crecimiento análogo al patrón recursivo descrito por la geometría fractal, porque su estructura conforma una espiral de doble hélice consistente en dos cadenas opuestas que giran sobre sí mismas alrededor de un eje central hasta crear otras hélices mayores. Esta fractalidad del ADN estaría en relación con la manera en la que el genoma humano se pliega dentro de cada núcleo celular, que los científicos de las Universidades de Harvard y Washington y del Instituto Tecnológico de Massachusetts han llamado “glóbulo fractal” (como se citó en Yong, 2009). Las investigaciones de estos científicos también confirmaron que el núcleo de las células se organiza en dos compartimentos separados, pero complementarios: un compartimento activo poco plegado, donde el ADN es rico en genes, y un compartimento inactivo muy plegado, donde el ADN es pobre en genes. Los cromosomas entran y salen de los dos compartimentos celulares a medida que un gen dado se activa o desactiva. La biología molecular reconoce que la activación o desactivación del genoma humano puede verse influido no solo por factores internos, sino también por variaciones externas. La epigenética es la ciencia que estudia estos factores externos al propio ADN y juega un papel importante en la expresión de los genes, como el hecho de que se activen o desactiven. Entre los mecanismos epigenéticos capaces de influir en la expresión genética está el ADN no codificable o genoma oscuro (hasta hace poco conocido como ADN basura). Para el biofísico Pellionisz (2008), el ADN no codificable se encarga de ofrecer información genética que opera de modo recursivo en las diferentes etapas del desarrollo biológico, desde el ADN al organismo completo. Esta situación demuestra que el ADN se auto-organiza siguiendo una jerarquía fractal. Se supone que a través de esa jerarquía fractal el ADN interactuaría con las diferentes frecuencias de los campos electromagnéticos, como lo haría una antena fractal (Blank & Goodman, 2011).

La información hereditaria está codificada en el ADN a través de la secuencia de nucleótidos, que son las unidades básicas del ADN. A partir de la secuencia de nucleótidos, se forman triplete o codones de tres nucleótidos con enlaces entre pares de bases complementarias (Timina-Adenina y Guanina-Citosina), que se disponen secuencialmente a lo largo de las dos cadenas. Si las dos cadenas tienen la misma dirección se llaman paralelas, y si son paralelas pero tienen sentidos opuestos se denominan antiparalelas. La mayoría de las moléculas de

ADN poseen dos cadenas opuestas que forman una espiral de doble hélice, debido a lo cual su estructura es más estable que la estructura molecular de ARN, que está compuesta por una sola cadena. Una reciente investigación de física y biología (Larsen, 2021) sugiere que en la proporción del ancho y el largo de cada giro de esa estructura helicoidal del ADN se encuentra el número phi. Se observa también en la relación entre el surco mayor y el menor de sus espirales (Figura 90). Asimismo, la sección transversal de la parte superior de la doble hélice del ADN forma un decágono, que es el resultado de los pentágonos que traza cada hélice. En cada uno de los triángulos de esos pentágonos está presente la proporción áurea. Este patrón recursivo de proporcionalidad podría estar involucrado en las secuencias internas de nucleótidos, que son organizadas de acuerdo con los números de Fibonacci, tal y como sugieren los estudios de Perez (2010), una idea que ha sido reforzada por los hallazgos de Yamagishi y Shimabukuro (2008) con relación a la frecuencia de nucleótidos en el genoma humano, que se puede predecir con precisión utilizando números de Fibonacci. Perez ha sugerido, además, que las poblaciones de los codones del código genético se agrupan en torno a dos atractores fractales, cuyos estados están muy vinculados a la proporción áurea. El estado superior coincide con la proporción áurea menor, y el estado inferior con la mitad de la proporción áurea menor. Por lo que se ve, estos dos estados crean un código binario biestable auto-organizado. Este hallazgo fue descubierto comparando los codones mayor y menor TA, así como los codones mayor y menor CG. El biofísico Petoukhov (2006) confirmó las investigaciones sobre el ADN de Perez, y posteriormente descubrió una ley de matrices subyacente al código genético basada en los valores mayor y menor de la proporción áurea.

El ADN y su patrón de organización genómica constituyen una estructura que se manifiesta como un fractal. Pero además de poseer una estructura de tipo fractal, el ADN está determinado por un campo cuántico generado por biofotones que organizan la secuencia del ADN fractal, desde la embriogénesis hasta la fase adulta. La dinámica de ese campo puede crear patrones de perturbación en el vacío, produciendo una red entrelazada de microagujeros de gusano con las características de un holograma, tal y como mostraron el Dr. Gariaev y Pitkänen (2011), de la Academia rusa de Ciencias Naturales y de la Academia de las Ciencias Médicas. Aún más, los estudios de Schempp (2003) muestran que el campo holográfico del ADN está inscrito en el plano de los pares de bases enfrentados de la doble hélice. Ello puede ser debido a los fenómenos de superposición cuántica que unen su estructura helicoidal, según descubrió un grupo de científicos liderados por Elisabeth Rieper, de la Universidad Nacional de Singapur, lo que la hace especialmente apta para almacenar o transmitir la información genética a nivel vibracional y para modular los procesos biológicos a través de la comu-

nicación celular (Rieper, Anders & Vedral, 2010). Parte de esas superposiciones serían producidas por los átomos de los enlaces de hidrógeno que mantienen unidos los pares de bases, que en ciertas circunstancias se comportan como ondas cuánticas que coexisten en un mismo espacio, pudiendo llegar incluso a producir mutaciones súbitas en el código genético (Slocombe, Sacchi & Al-khalili, 2021). Los enlaces de hidrógeno se forman entre átomos con carga negativa y positiva, y son responsables de mantener juntas las moléculas orgánicas, tales como el ADN, pero asimismo las inorgánicas, como el agua, ya sea a nivel intramolecular o intermolecular. El papel del agua biológica es clave, puesto que las secuencias de ADN transmiten información mediante ondas electromagnéticas de baja frecuencia al agua para comunicarse entre sí (Montagnier et al., 2011, 2015). El campo coherente de los biofotones sería el encargado de la transferencia de esa información.

La naturaleza dicotómica onda/partícula de las partículas elementales es autosimilar a la dualidad holográfico/fractal del ADN. Esto quiere decir que el ADN es una entidad que describe el organismo como un todo. El desarrollo biológico es un proceso que despliega las instrucciones de montaje de los diferentes niveles fractales del genoma, niveles cuyas interacciones se producen al nivel de las dimensiones adicionales de los campos del vacío cuántico. Las instrucciones de montaje para la formación de cada uno de los órganos y de los sistemas fractales de nuestro cuerpo están codificadas holográficamente en el ADN. Mediante esas instrucciones, la naturaleza cuántica del ADN inicia la organización del plan corporal del organismo a partir de un proceso de diferenciación celular reiterado. Esto es así porque el ADN de cada célula almacena de manera holográfica la información genética de la totalidad del cuerpo bajo un patrón fractal. De hecho, la forma fractal en la que se pliega el genoma humano permite poner en contacto cercano genes que han de expresarse de forma conjunta. De todo lo anterior se desprende que el legado de la evolución en los seres biológicos se debe tanto a la estructura fractal como a la información holográfica de su ADN. La primera es determinista por funcionar a nivel explícito, material; la segunda puede modificar libremente la expresión de los genes a niveles implícitos y transferir información mediante ondas coherentes, una función clave en la auto-organización de los seres vivos. Por esa razón, las propiedades holofractales del ADN pueden usarse para resolver relaciones evolutivas en los animales y plantas.

En la genética, la paradoja onda/partícula se manifiesta también en el genotipo y el fenotipo. Todas las células poseen la misma información genética, que viene determinada por la díada genotipo-fenotipo. El genotipo define el proceso de herencia genética que se transmite de generación en generación a través de los cromosomas, que son estructuras que se rami-

fican siguiendo un patrón fractal. Ese genotipo está presente como genoma en cada una de nuestras células, de modo que cada una de ellas codifica la información necesaria para construir al organismo entero (esta peculiaridad es propia de los hologramas). En él se reconoce lo genérico, la especie. Lo contrario al genotipo es el fenotipo, que supone el desarrollo o expresión del genotipo, donde podemos reconocer lo particular, el individuo dentro de su entorno. La teoría de la evolución de Charles Darwin se basa en las relaciones entre las mutaciones aleatorias y la selección natural, las cuales tienen una similitud con los fenómenos físico-químicos expresados en la relación entre el desorden (indeterminismo) y el orden (determinismo). Las mutaciones aleatorias se producen en el micronivel del genotipo (material genético), pero la selección natural tiene lugar en el macronivel del fenotipo (características biológicas y psicológicas). Esas mutaciones aleatorias no suceden por puro azar, sino que se rigen por principios holográficos, cuya serie sucesiva de despliegues de contrarios puede explicar la capacidad que tiene la naturaleza para auto-organizarse espontáneamente hacia nuevos niveles de complejidad. Son necesarias muchas mutaciones producidas en el micronivel (genotipo) para que se dé un cambio significativo en los rasgos del macronivel (fenotipo). Las características hereditarias son, por supuesto, la perfecta interfusión entre todos los niveles de organización del genotipo-fenotipo, que agrupan los diferentes grados de complejidad por los cuales se organiza la materia viva, y que nos permite reconocer las diferencias entre cada uno de los organismos. Estas diferencias de desarrollo que sufren los organismos, tanto a nivel individual como de especie (ontogenia y filogenia), son el resultado del conjunto de rupturas de simetría en el ADN a lo largo del tiempo. Las rupturas muestran patrones autosimilares (fractales) en su evolución, puesto que son productos del código holográfico del ADN, que se expresa de acuerdo con el número áureo.

Los diversos grados de complejidad de los seres vivos resultan de los genes que se heredan, del entorno o de una combinación de ambos. Las interacciones con el entorno pueden favorecer o inhibir, activar o desactivar, la expresión de tales o cuales caracteres genéticos de un individuo, permitiendo que las células con genotipos iguales adquieran distintos fenotipos. Esto significa que los organismos no están determinados solo por las características genéticas, aquellas que se mantienen estables e inmutables a lo largo de la vida, sino también por las epigenéticas, más dinámicas y variables, razón que implica la existencia de una dinámica creadora. Cuando las características genéticas están aisladas del entorno, no parece existir interacciones entre la herencia y el entorno (genética). Por ejemplo, la oposición entre genética y cultura se presenta como una no interacción gen-entorno. Pero cuando se producen, la incidencia del medio afecta directamente a la biología y a la actividad genética de un orga-

nismo, pudiendo cambiar la expresión fenotípica de los genes (epigenética) para transmitirla a su descendencia (Lipton, 2010). Este proceso hereditario se denomina “herencia epigenética”, y puede transmitirse de manera estable de una generación a otra a través de las células reproductoras. La herencia epigenética ha sido ampliamente demostrada en organismos como bacterias, hongos, plantas, ciertos invertebrados y en algunos mamíferos. La paradoja temporal (tiempo lineal/cíclico) que se origina durante el proceso evolutivo de un sistema complejo está en relación con los mecanismos genéticos y epigenéticos. El sistema genético de los organismos se acerca a las descripciones del modelo evolutivo de Darwin, mientras que el epigenético se aproxima a la evolución lamarkista.

La polémica que en su día dividió a los evolucionistas darwinistas y lamarkistas permanece borrosa dentro de la ciencia de la complejidad. La teoría evolutiva de Darwin sigue una lógica newtoniana sometida a las leyes de causalidad, puesto que separa de forma mecanicista la información existente entre el sistema y su entorno, razón por la que la evolución es vista como un proceso lineal y cerrado que no aprecia la coevolución. Este concepto evolutivo se basa en la lucha por la supervivencia, donde la competencia, la jerarquía y la dominación entre las especies es la principal fuerza. Al trazar líneas demarcatorias, postula la supremacía de los intereses egoístas. Por el contrario, la evolución de Lamarck utiliza mecanismos cibernéticos, como la epigenética, pues tienen que ver con las transiciones cuánticas no lineales. Dichas transiciones están en relación con los fenómenos de comunicación instantánea, que admiten la existencia de una dinámica abierta, cíclica, operando entre las partes (los organismos) y el todo (el ecosistema). Esta idea evolutiva contiene las relaciones de cooperación, solidaridad y altruismo de los individuos con su entorno, las cuales tienden hacia la sinergia organizacional, algo muy característico de lo que se llama coevolución. Así, el comportamiento adaptativo de los organismos frente a las condiciones cambiantes de las fuerzas externas que gobiernan las leyes naturales, por las que se rigen sus formas y relaciones organizativas, es un ejemplo de coevolución. Otro ejemplo de coevolución lo encontramos en los mecanismos de autorregulación de las especies para evolucionar como un todo, de modo que la desaparición de una especie influye en la evolución de las demás. Para la bióloga Margulis (2002), profesora de la Universidad de Massachussets que reforzó la teoría de Gaia de James Lovelock, la idea de un individuo aislado de su entorno es una categoría de nuestra mente que atenta contra la cooperación interespecies. Las cosas son desordenadas y ordenadas cuando nos remitimos a las categorías mentales, pero la naturaleza en realidad evoluciona trascendiendo el desorden y el orden. La teoría de los sistemas complejos nos indica, pues, que estas dos formas de evolución no están realmente separadas, porque en el proceso

evolutivo no solo advertimos competencia y exclusión (que privilegian los beneficios individuales), sino también cooperación e inclusión (que privilegian los beneficios comunes). El principio biológico de competitividad es una condición del instinto básico de supervivencia, al igual que el de cooperación. Si bien la doctrina neodarwinista tiende a la separación genentorno, la neolamarckista consiste en la unión. El proceso de separación es la tendencia hacia la multiplicidad de las formas de vida. El proceso de unión es la tendencia complementaria, por la cual la multiplicidad coopera para dar lugar a nuevas emergencias creativas y autoorganizativas que conducen hacia la integración. Precisamente, la ecología profunda considera el principio biológico de colaboración entre especies, oponiéndose a la visión propia de la ecología superficial, que se enfoca en la competencia entre especies y la selección natural darwinista. Aunque el principio biológico de competitividad también existe en la naturaleza, el énfasis exclusivo en este principio lleva a una desconexión con el todo. Ello indica la necesidad de trascender la conciencia hacia una relación armoniosa con la naturaleza y el planeta Tierra.

Muchos modelos económicos modernos derivan de la lógica mecanicista aplicada a la teoría evolutiva de Darwin, pues priorizan lo material y la competitividad despiadada, que se corresponden a su vez con unos contravalores en donde priman las relaciones de poder y explotación. Con ello, desestiman las necesidades de autorrealización del ser humano, aquellas que integran las dualidades y que están más cercanas a las experiencias cumbres, dejando tras de sí una visión unilateral carente de significado y sentido que aliena a las personas. El estado de unión mística con todas las cosas tiene como utilidad práctica fomentar el proceso relacional entre la competencia y la colaboración, un proceso dialéctico que implica un cambio de valores. Dicho estado unificado debería servir como base para desarrollar un modelo económico que trate de salvaguardar ambos beneficios a la vez, al igual que los fractales (Troyán, 2015b). Los físicos Nadeau y Kafatos (1999), de la Universidad de Oxford, expresan claramente esta idea en su libro *El universo no local* (traducción literal):

Como lo entendemos ahora, en la selección natural la cooperación parece existir en relación complementaria con la competencia. Esto es particularmente obvio en las relaciones depredador-presa y en la manera en que los diferentes depredadores han evolucionado para favorecer diferentes presas y estrategias de caza en un nicho ecológico particular. Lo que se privilegia en la lucha por la supervivencia no es la competición entre las partes. Son las relaciones complementarias entre las partes y las totalidades las que implican propiedades emergentes autorreguladoras que son mayores que las sumas de las partes, y que sirven para perpetuar la existencia del todo. Y una com-

prensión adecuada de estas relaciones y procesos puede y debe servir como base para desarrollar modelos económicos de la economía real. (p.207)

En un principio, se pensaba que los dos enfoques evolutivos se contradecían entre sí, pero hoy en día, la ciencia empieza a entender que los seres vivos no evolucionaron solo a través de bifurcaciones suaves, es decir, mediante un proceso gradual de selección natural, sino también experimentaron saltos de un estado a otro de forma espontánea que son descritos como saltos cuánticos en el proceso evolutivo, de donde emergen propiedades cada vez más complejas. Estos saltos implican brechas en el registro fósil, sobre todo en relación con los grupos macroscópicos superiores a las especies. Por ejemplo, entre los anfibios y los reptiles. La teoría de Darwin trataría de dar explicación a los cambios continuos y graduales que se producen dentro de las poblaciones de una especie a lo largo de pequeños intervalos de tiempo (microevolución), pero no puede explicar los saltos discontinuos y bruscos que se dan entre las especies, y que provocaron la separación de los grupos taxonómicos de orden superior, aquellos que se produjeron dentro de un gran intervalo de tiempo (macroevolución). En este sentido, el modelo saltacionista, o evolución por equilibrios discontinuos del paleontólogo norteamericano Stephen Jay Gould (1997, como se citó en Fígols, 2007), ofrecería una alternativa al problema de la evolución biológica a gran escala. Los estudios más recientes relacionados con la teoría del equilibrio discontinuo argumentan que muchas especies pueden permanecer estables durante largos períodos de tiempo, pero de repente, y solo en momentos muy concretos, esa estabilidad puede verse interrumpida por grandes extinciones. Como resultado, se produce una discontinuidad que da lugar a bifurcaciones abruptas, a través de las cuales las especies pueden extinguirse o saltar a niveles más complejos de evolución. Jacob Bronowski (como se citó en Díez Faixat, 2019) sugiere que la clave para entender estos saltos ascendentes hacia nuevos niveles de complejidad está en el concepto de “niveles potenciales de estabilidad estratificada”, que implica la existencia de niveles de estabilidad alrededor de los que se organizan los flujos energéticos, de modo semejante a los niveles cuantizados de energía de los átomos, que se corresponden con una jerarquía potencial de ondas estacionarias. Estos saltos evolutivos, según sugiere Díez Faixat (2019), no son eventos aleatorios, sino que están determinados por un ritmo espiral que sigue los parámetros de la proporción de un sistema armónico relacionado con la escala de octavas, que, según una investigación llevada a cabo por un grupo de científicos (Corral, Sardanyés & Alsedà, 2018), parecen responder a un patrón matemático autosimilar. Esto nos remite a la geometría fractal y a la proporción áurea (Figura 91).

Los puntos de bifurcación producidos a lo largo del tiempo son causantes de las regularidades e irregularidades que aparecen entre los grupos taxonómicos, características que están vinculadas con las teorías del caos y los fractales. Estos puntos de bifurcación se agrupan en torno a ciclos que los científicos llaman pulsos, y que parecen repetirse cada 27 millones de años (Rampino, Caldeira & Zhu, 2021). Pueden estar impulsados por procesos internos de la Tierra o por procesos externos. Algunos investigadores, como Cooper et al. (2021), han propuesto que el intercambio de las posiciones de los polos magnéticos norte y sur de la Tierra, es decir, el cambio o inversión de polaridad magnética, podría haber influido en la evolución de las especies. Durante esta inversión de polaridad, el debilitamiento del escudo protector del campo magnético de nuestro planeta frente a la radiación solar y cósmica llevaría a una alta tasa de mutaciones genéticas. En cuanto a los procesos externos, algunos científicos creen que los ciclos coinciden con la variación en la intensidad de los rayos cósmicos procedentes de explosiones de supernovas a lo largo del movimiento del sistema solar alrededor de la galaxia. El profesor Svensmark (2012, 2022), de la Universidad Técnica de Dinamarca, sugiere que, cuando el sistema solar se mueve alrededor de la galaxia, pasa por zonas con mayor abundancia de supernovas que hace que la vida se desarrolle, ya que cuando varía la intensidad de sus rayos cósmicos los patrones climáticos de la Tierra cambian. Por otro lado, el ingeniero industrial Fígols (2007) ha supuesto que cada vez que el sistema solar entra o sale de uno de los brazos de la Vía Láctea, recibimos una radiación cósmica que está relacionada con las fuerzas morfogenéticas, que denomina fuerzas de levedad (que sería como la fuerza de gravedad repulsiva o energía oscura). Estas fuerzas actúan en contra de la entropía, y son las responsables de las formas arquetípicas de los seres vivos. Se encuadran además dentro del sistema espacial no-euclidiano, que posee características opuestas al espacio euclidiano, donde predominan las fuerzas de gravedad, aquellas vinculadas a la segunda ley de la termodinámica.

La física teórica Lisa Randall, de la Universidad de Harvard, y Matthew Reece han sugerido que los cambios evolutivos podrían estar causados igualmente por la materia oscura (Randall & Reece, 2014). La materia oscura no solo circunda el exterior de las galaxias, sino que también está presente en el interior de ellas. Randall cree que en nuestra galaxia existe una membrana delgada de materia oscura que la divide en dos partes, una superior y otra inferior. Nuestro sistema solar se encuentra más o menos a la mitad de distancia entre el centro y el borde de la Vía Láctea, y mientras gira alrededor del centro galáctico se mueve no solamente en el plano horizontal, sino también en el vertical, oscilando de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba. Cada ciclo de millones de años, el sistema solar atraviesa esa membrana

de materia oscura, lo que provocaría un empuje gravitacional que perturbaría la nube de Oort, con el consiguiente aumento en los impactos de meteoritos sobre la Tierra. Según Randall, estos impactos fueron los causantes de la extinción de los dinosaurios, y no tuvieron lugar solo una vez, sino varias veces, lo cual justificaría la relación existente entre las grandes extinciones halladas en los registros fósiles y los movimientos de la órbita galáctica. Esto demuestra que todo el universo está conectado entre sí, de modo que los grandes cambios evolutivos en la Tierra reflejan los ciclos de nuestra galaxia, cuyos patrones crean discontinuidades que producen procesos caóticos y estructuras fractales.

Por el análisis de los registros fósiles, los paleontólogos creen que las especies han pasado por cinco grandes extinciones causadas tanto por procesos geológicos internos como externos. Algunos biólogos han supuesto incluso que estamos atravesando por una sexta extinción por culpa del impacto descontrolado de la actividad humana, una de cuyas principales manifestaciones es el cambio climático del planeta. Los investigadores que están detrás de esta teoría han publicado un artículo en la revista *Biological Reviews* en el que aseguran haber encontrado evidencias de dicha extinción (Cowie, Bouchet & Fontaine, 2022). En este sentido, la sexta extinción entraría dentro de la era geológica que los biólogos han denominado Antropoceno. Se considera que esta era comenzó con la Revolución Industrial, y ha sido marcada por el aumento de la temperatura global y un cambio de los patrones climáticos. El cambio climático es una de las principales preocupaciones que puede desembocar a un punto crítico de bifurcación, que se refiere al momento en el que un sistema se debate entre la supervivencia o la extinción.

Basándose en la hipótesis de Gaia, los astrofísicos Frank, Grinspoon y Walker (2022) postulan que la inteligencia colectiva de los organismos funciona como una especie de inteligencia a gran escala que permite alterar las condiciones de nuestro planeta. Actualmente, una de las especies que están alterando esas condiciones son los seres humanos. Para formular su hipótesis, los astrofísicos sostienen que los planetas evolucionan a través de etapas inmaduras y maduras, tanto al nivel de la biosfera como de la tecnosfera. Nuestro planeta ha alcanzado una biosfera madura, pero es aún una tecnosfera inmadura, debido a que los humanos no han sabido alcanzar la etapa de una inteligencia a gran escala (inteligencia planetaria) que pueda resolver problemas globales, como la crisis climática. Para sobrevivir, el ser humano debería aspirar a una tecnosfera madura, que sería aquella que implica la integración con la biosfera mediante un bucle de retroalimentación, lo que conformaría un gran sistema complejo.

El doctor Lipton (2010) cree que la creencia de que todo está separado también es una limitación para nuestra supervivencia. Una clave importante para solventar el problema reside

en la reconciliación de los polos opuestos, que se basa en la integración de la ciencia y la antigua sabiduría espiritual. Pero antes de integrarlas y restablecer la armonía sobre el planeta, deberíamos incluir el campo invisible en nuestra realidad visible. La conciencia formaría parte de la información cuántica de ese campo, y sus manifestaciones estarían ubicadas en los sistemas culturales.

8.2. *Los Memes*

Según Charles Darwin, existe una interesante similitud evolutiva entre los genes y la cultura. De hecho, la fractalidad emerge no solo en la estructura molecular de ADN, sino también en las configuraciones socioculturales humanas. Frente a la información genética proporcionada por la herencia biológica, estaría también la información cultural que proporcionan las unidades de información cultural o memes, que se transmiten de una persona a otra a través de la comunicación verbal o escrita, la observación o la imitación. Eso quiere decir que el ser humano tiene una dimensión biológica natural y una dimensión cultural interrelacionándose en un circuito recursivo de retroalimentación. Bajo esta perspectiva asentada en la idea de complejidad, la barrera entre lo natural y lo artificial se presenta difusa. En cierto modo, la creación artificial del ser humano comparte con la naturaleza algunas analogías que tienen que ver con la fractalidad, tanto en su forma como en su función. Esto es así porque las creaciones naturales y culturales comparten características comunes de autosemejanza que las hacen estar interconectadas. Y como existe un reflejo autosemejante entre ambas creaciones y la mente humana, solo alcanzando la coherencia hemisférica la relación con nuestro entorno natural y cultural será armoniosa.

El zoólogo británico Dawkins (2002) acuñó el término “meme” para referirse a los replicadores de información del acervo cultural. Los memes, al igual que los genes, transmiten y almacenan la información siguiendo un proceso autosemejante, pero no a través de la herencia genética, sino a través de la herencia memética (la educación, los medios de comunicación, etc.), que se conserva dentro del ámbito de la cultura creada por la actividad de la mente humana. Así como la biosfera está compuesta por todos los seres vivos y sus interacciones, Teilhard de Chardin acuñó el término “noosfera” para designar la esfera de información donde todas las mentes humanas interactúan. Esta gran esfera sociocultural de la conciencia está estrechamente relacionada con el campo holográfico de información, que se basa en los conceptos de complementariedad y entrelazamiento de la física cuántica. Siendo así, es un medio interpuesto entre nuestro holograma individual y el holograma colectivo, que funciona como vía de transmisión y almacenamiento de la información humana, a modo de una

nube de internet a la que estamos sincronizados. Es más, el ciberespacio es una extensión de nuestra mente humana que actúa como un “cerebro global” que integra la conciencia individual con la conciencia colectiva. Este cerebro global se concibe como una manifestación física de la interconectividad del campo de información que envuelve nuestro planeta, un complejo sistema no local en donde existe una sincronización del inconsciente individual con el inconsciente colectivo gracias a la actividad del sistema límbico y del hemisferio derecho del cerebro, que están estrechamente relacionados entre sí. Fue Joseph M. Fericgla (1989, como se citó en Puente Vigliola, 2014) quien planteó esta relación sistémica entre la cultura, el inconsciente individual y el colectivo junto a los estados alterados de conciencia.

El cerebro dispone de una memoria implícita de origen natural y de una memoria explícita de origen cultural. Toda personalidad es el resultado de la coevolución y armonización entre ambas. La conciencia individual y colectiva comprenden el conocimiento acumulado como memoria a nivel explícito (noosfera artificial), que contiene los productos de la mente humana como reflejo de la memoria a nivel implícito (noosfera natural), la cual incluye los diferentes estados alterados de conciencia, que son interpretables como crisis emergentes. Para el psicólogo transpersonal Manuel Almendro (2002, como se citó en Puente Vigliola, 2014), una crisis emergente es una auto-organización del desorden mental que forma parte de las estructuras disipadoras alejadas del equilibrio, cuyos procesos llevan intrínsecos una gran potencialidad creativa. Ello supone una bifurcación que implica la generación de nuevas ideas emergentes, de donde brotan las intuiciones y los pensamientos naturales que cada individuo vuelca sobre su cultura. Esta memoria está presente en cada individuo, y la manifestación concreta de las mentes individuales provocan interacciones intersubjetivas con la conciencia colectiva, que transforman las propiedades de la estructura cultural. Tales interacciones se retroalimentan recursivamente, porque la conciencia individual permite el surgimiento de la conciencia colectiva, y viceversa. El conocimiento, tanto intuitivo como racional, se da en el encuentro de una memoria y otra. De esta manera, la evolución del conocimiento es similar a la evolución de la naturaleza.

Vivimos en un universo de signos, símbolos, indicios e imágenes, que son los mediadores en las relaciones con nuestro mundo. El mundo de las ideas inmanifiestas, y el libre juego creativo que conllevan, constituye la noosfera natural. La noosfera natural es la fuente de los aspectos que se encuentran en el orden implícito, como las manifestaciones psíquicas, tales como las sensaciones o representaciones perceptivas internas, las emociones, los sueños, la fantasía, la imaginación, los recuerdos o los pensamientos mágicos. La naturaleza de estas manifestaciones psíquicas es diferente a la de los productos culturales, pues contienen un

aspecto universal cuyo trazo se rastrea en la dimensión inconsciente de todos los seres humanos. Cuando se da concreción a las cosas de la noosfera natural, emerge la noosfera artificial como realidad objetiva o explícita, que contiene símbolos, ideas, lenguajes, conocimientos, dogmas, creencias, mitos, valores, normas morales, prohibiciones, estereotipos, prejuicios, tabúes, doctrinas, reglas lógicas, teorías, paradigmas, técnicas, tecnologías, etc., que están en constante evolución. La noosfera artificial emergió tras el proceso de hominización, es decir, tras toda la serie de transformaciones evolutivas que dieron lugar a los primeros homínidos, un proceso que confluyó en el surgimiento de la cultura. De alguna forma, representa la relación entre la conciencia individual y colectiva, es decir, actúa como mediador entre las mentes humanas y la cultura, una especie de cerebro externo que se ubica en los sistemas culturales, y que está estrechamente relacionado con las regiones internas de nuestro cerebro. Esta interrelación puede tener lugar de forma opuesta o complementaria, por lo que nos puede separar o unir al mundo, y se articula según la dualidad conciencia individual/colectiva. La conciencia individual se refiere a la noosfera de un individuo o grupo social. La conciencia colectiva se entiende como todas aquellas manifestaciones de la noosfera de una sociedad que contienen las ideas preconcebidas de la producción cultural y el poder normativo de una época.

Los dos componentes de la noosfera artificial son la cultura cognoscitiva e instrumental, que conciernen a la teoría y a la práctica, al saber teórico y a la habilidad práctica, a la actividad intelectual y a la tecnológica. Ambas se manifiestan en la realidad cultural como ciberesfera y tecnosfera, que son prolongaciones artificiales de la noosfera natural que interactúan con nuestras mentes y cuerpos para permitir la adaptación con el entorno. En la cultura cognoscitiva el conocimiento se organiza en sistemas de ideas y conceptos (teorías, doctrinas...). Estos sistemas son intermediarios entre la realidad subjetiva (el espíritu humano) y la realidad objetiva (el mundo), las cuales se corresponden con la conciencia individual y la colectiva. De ahí que la cultura cognoscitiva se comporte como una gran mente contenida en el cerebro de cada individuo. De alguna manera, la cultura cognoscitiva es producto del juego complejo de las instancias individuales y colectivas de la conciencia. Respecto a la cultura instrumental, contiene el desarrollo de todos los productos que tienen la finalidad de satisfacer determinadas necesidades materiales o espirituales.

Los memes culturales, entre los que se incluyen las ideas y los conceptos apuntados, participan en la constitución de la noosfera artificial, que es una red sociocultural que aumenta con el aumento de sus unidades. La agrupación de muchos memes forma macrorredes de carácter conceptual que se articulan en una totalidad sistémica, auto-organizada fractalmente

bajo los principios de complementariedad de la física cuántica. Estas macrorredes constituyen los sistemas de creencias o esquemas cognitivos de una cultura, que se transmiten de un cerebro a otro por conducta imitativa y que se propagan como si fueran virus que intentan inocularnos ciertas ideas, beneficiando o perjudicando nuestro pensamiento y comportamiento, dependiendo de la coherencia e incoherencia de los memes. Como nuestras creencias parten de los sentimientos que reflejan la unión o la separación de la vida, esto significa que pueden reforzar o debilitar ciertas conexiones entre las neuronas de nuestra mente a través de la frecuencia energética que emiten, así como activar o desactivar la expresión de nuestros genes corporales. Esto es así porque un meme equivale a una configuración de conexiones neuronales, por lo que puede crear en la estructura cognitiva de un individuo un remodelaje que le lleve a cambiar su visión del mundo. Este fenómeno se debe, fundamentalmente, a la integración o disgregación del conocimiento científico con respecto a las creencias espirituales, aquellas que llegaron a formar parte de las religiones, y que tienen que ver más con las emociones que con la razón. En la integración la ciencia y la experiencia religiosa integran sus contribuciones, pasando a configurar una imagen total de la realidad humana (Rubia, 2009); mientras que en la disgregación los dos ámbitos están en conflicto, proclamándose una como verdadera y otra como falsa. El diálogo comprendido entre ciencia-religión supone una complementariedad o coherencia hemisférica, y la falta de diálogo una contradicción o incoherencia. La ciencia de la complejidad representaría la base del diálogo, ya que intenta incluir la religión y la ciencia. La clave de tal inclusión estaría en el principio de complementariedad de Bohr, que extrapola el comportamiento dual de la luz a cuestiones relacionadas con la dualidad de la psique, una idea que ya había advertido Freeman Dyson (como se citó en Martínez, 2008) cuando afirmaba que la religión y la ciencia eran dos perspectivas válidas a la hora de explicar el universo, pero incompatibles.

La noosfera se considera como un sistema complejo que presenta analogías con la biosfera de donde emergió, ya que, dentro de su ámbito, obedece a los principios evolutivos de mutación aleatoria y selección natural de la evolución de los niveles biológicos, en cuyo caso se refiere a la generación de ideas al azar y a la retención selectiva de las mismas, comportando que los memes se propaguen por imitación y sobrevivan en el tiempo. Asimismo, la biosfera contiene una variadísima diversidad de especies dentro de una unidad intrínseca debido a la fragmentación del ambiente (ecológico o geográfico), al igual que la noosfera tiene múltiple diversidad de disciplinas por causa de la fragmentación del conocimiento. Pero esa diversificación disciplinar comporta el problema de la ambigüedad, lo que hace que en sus relaciones haya coherencias e incoherencias, disciplinas integradas y disgregadas. Además,

cualquier producción mental o manual está dotada de una existencia propia, vive por sí misma en el seno de un entorno cultural, en donde se organiza bajo leyes sistémicas. Allí se transforman en memes que nacen, se desarrollan y mueren. Durante este deambular cíclico se relacionan dialécticamente con otras producciones meméticas, y una especie de selección cultural determina su supervivencia o su extinción. Por lo general, las ideas que abarcan conceptos universales o cualidades axiológicas, como la estética y la belleza, logran sobrevivir por más tiempo; sin embargo, las que obedecen a la moda del momento son más susceptibles de extinguirse.

Junto con la biosfera, la evolución de la noosfera comparte la propiedad de existir en el borde del caos, allí donde parece situarse el proceso creador (Moriello, 2009). Y al igual que la noosfera sigue un proceso evolutivo similar a la evolución de la biosfera, el código cultural de una sociedad es semejante al código genético de los seres vivos. El código cultural asegura la integridad organizativa de la sociedad frente a la incertidumbre y la ambigüedad. Sin embargo, puede verse modificado por sucesos aleatorios que perturban su estabilidad, como los intercambios culturales o la aparición de una minoría creativa que, al superar las ideas preconcebidas, introduce nuevos memes, lo cual significa una propiedad emergente, una ruptura o discontinuidad del equilibrio cognitivo previo que contribuye al cambio social. Las ideas emergentes, de donde surgen formas diferentes de percepción y cognición, son posibles en la medida en que salimos de las categorías impuestas por el orden sociocultural y entramos en el ámbito de las infinitas posibilidades del campo, que nos conecta con la formación del inconsciente colectivo y los arquetipos platónicos -los valores-. Las categorías culturales inhiben la creatividad del individuo, porque establecen una estructura dada que suprime las expectativas individuales de libertad cuántica. Esta estructura impuesta de forma artificial establece términos y fronteras en el mundo, lo que trae consigo una restricción que impide el desarrollo evolutivo. Por esta razón, el proceso de liberación de las categorías es la base de la evolución de una sociedad.

La complejidad cultural se ha ido desplegando según principios emergentes análogos a la complejidad de la naturaleza, en donde hay a la vez orden y desorden. La dualidad orden-desorden de la naturaleza se expresa en la dualidad tradición-ruptura de la dialéctica de la masa y la minoría en la noosfera, que se suele dar en todos los campos del conocimiento, incluido el desarrollo del conocimiento científico. Esta minoría se denomina “creativos culturales”, expresión introducida por los estudios del sociólogo Paul Ray y por la psicóloga Sherry Anderson con relación a una nueva élite de vanguardia surgida dentro de las sociedades americanas y europeas (Ray & Anderson, 2001). El segundo estudio sobre los creativos cul-

turales fue realizado por el filósofo de sistemas Ervin Laszlo. Por lo general, los creativos culturales son capaces de tolerar la ambigüedad, la ambivalencia, y de hacer una síntesis de los conceptos contrarios que la cultura de Occidente ha separado: la intuición y la razón, lo tradicional y lo moderno, lo global y lo local, porque son capaces de estimular el desarrollo de los dos hemisferios cerebrales, que reproducen la unidad y dualidad típica de los sistemas complejos. Al enfatizar la relevancia de los dos aspectos desde un enfoque dialéctico, los creativos culturales tienden a mitigar el dualismo de la lógica formal, por lo que se acercan parcialmente a los planteamientos holísticos de la Nueva Era (New Age), un pretexto que han empleado sus detractores para desestimar sus ideas. Pero el interés por el holismo de los creativos culturales tiene que ver más con el estudio de las leyes sistémicas que con todo aquello que no puede ser demostrado científicamente, como la pseudociencia. Son precisamente estas leyes las que blindan los creativos culturales para superar las contradicciones de la filosofía reduccionista y mecanicista.

Con el paso del tiempo, la noosfera ha pasado por evoluciones graduales donde apenas ha habido cambios, y por grandes transformaciones o cambios abruptos (revoluciones), de donde han surgido diferentes noosferas culturales dentro de otras noosferas, todas ellas incluidas dentro de una noosfera mayor. Algunas de ellas se han impuesto y otras han desaparecido o se han transformado. Esas noosferas se han formado gracias al diálogo recursivo de complementariedad y oposición entre la conciencia colectiva y la conciencia individual. Una pequeña ruptura de simetría de las determinaciones categóricas de una cultura puede provocar una revolución noosférica, un punto crítico de inflexión como condición inicial de un punto de bifurcación que se retroalimenta hasta amplificarse, creando un balanceo del destino que decidirá si un sistema sobrevive o se extingue.

Las bifurcaciones ocurren no solo en los fenómenos físicos, sino también en los mentales y culturales. Esas bifurcaciones se sustentan en un sistema binario que reduce las muchas posibilidades a solo dos alternativas posibles. Como en la naturaleza, los puntos críticos de bifurcación en el progreso cultural son impredecibles, pudiendo llevar hacia un estancamiento del pensamiento, donde se repiten por imitación las mismas ideas del pasado, o por el contrario hacia un salto de ideas emergentes que lleva a una transformación de la complejidad organizacional de una cultura. La elección de una posibilidad u otra, de la repetición de los esquemas rígidos o de la innovación creadora para transformar la sociedad, depende de manera decisiva de la voluntad, tanto individual como colectiva. De este análisis se desprende que el acto voluntario ejerce un papel fundamental en las elecciones de las bifurcaciones. Laszlo (2009) examinó esta idea al decir que:

En el mundo humano, a diferencia de lo que sucede en la naturaleza, una bifurcación puede estar influida de manera decisiva por una voluntad y un propósito conscientes. La voluntad y el propósito humano deciden si el mundo se dirige hacia el colapso o hacia el avance. (p.48)

La posibilidad de ruptura de las determinaciones del conocimiento impuestas por la sociedad se encuentra en el diálogo (Bohm, 2012), que comporta un intercambio dinámico de ideas, que, dicho sea de paso, son ideas que se oponen, se complementan, o ambos a un tiempo, en un juego dialéctico de libre elección. Esta libertad de elección oscila entre la incoherencia y la coherencia. El resultado de la incoherencia son los conocimientos disgregados (especialización disciplinar), que provocan una escisión jerárquica entre el sujeto y el objeto, como hace la mayoría de las disciplinas académicas ancladas en el viejo paradigma que nos legó la física de Newton, que se centran en una parte del sistema y se desentienden de sus interconexiones con otras áreas del conocimiento. De la coherencia se derivan, por contra, los conocimientos integrados, los cuales producen la unión relacional entre sujeto-objeto, que considera la totalidad del sistema y las conexiones entre sus partes. Y el resultado final de ambas es un conocimiento sistémico, una intermediación dialógica que se extiende hacia muchos ámbitos dispares, ya que clama por los estados intermedios donde se superponen los opuestos. Estas síntesis metacreativas, al concebir la complejidad, van más allá de las creencias simplificantes dominantes en una sociedad, lo que genera nuevas propiedades emergentes (atractores) que presentan autosemejanzas.

El conocimiento experimenta permisiones y restricciones por parte de la sociedad. Por eso, se dice que la noosfera puede ser abierta o cerrada. La permisibilidad de las sociedades abiertas favorece la concreción manifiesta de la noosfera natural y el libre intercambio de ideas, y con ello las posibilidades de crecimiento de una sociedad. En cambio, los sistemas de represión de las sociedades cerradas anulan la manifestación de los factores aleatorios del orden implícito, es decir, la libertad que lleva a los descubrimientos y las revelaciones creativas. Debido a que la libertad creadora va más allá de las categorías establecidas de los sistemas cerrados, la creatividad resulta contraproducente a la hora de facilitar el control del comportamiento humano. Las condiciones favorables para la estabilidad de la noosfera pueden darse cuando las sociedades son abiertas, ya que son más permisivas para lo nuevo. En estas condiciones, los individuos pueden liberarse de los convencionalismos culturales para dejar paso al pensamiento creador. Y tanto más favorables serán esas condiciones cuanto más novedosas y rompedoras sean las ideas concebidas. Muchas ideas novedosas desencadenan revoluciones de pensamiento en poco tiempo. No obstante, otras no llegan a ser comprendidas

por la sociedad, porque se adelantan a las estructuras cognitivas de su época, necesitando un período evolutivo más lento. De esta manera, son rechazadas hasta el advenimiento de las generaciones futuras, que las asumen como logros culturales de otras épocas.

Las ideas novedosas amenazan las ideas del orden establecido, y con ello el poder de las creencias dominantes. En consecuencia, la sociedad suele rechazar e inhibir cualquier nueva idea que trasgreda las determinaciones categóricas, para evitar así los conflictos cognitivos que impiden manejar a la sociedad a su conveniencia. No obstante, en ciertos momentos de inestabilidad o permisibilidad se dan cabida a trasgresiones por parte de una minoría que cuestiona la credibilidad de los fundamentos del grupo. Esa minoría se mueve en el ámbito de las ideas creativas, y necesita perderse en la intuición para emanciparse de las estructuras del conocimiento dado e idear soluciones novedosas a los problemas. En un principio, la expansión de las nuevas ideas obedece a fenómenos de sincronicidad (Peat, 2003), es decir, se producen descubrimientos similares entre creativos independientes entre sí. Estos fenómenos dependen directamente del campo de información de la noosfera. Mediante la sincronicidad, las personas acceden a la misma información, tanto por medio de la noosfera artificial (intercambio de información cultural) como de la noosfera natural (campo holográfico). Cuando una persona relaciona conceptos para dar una explicación a un fenómeno o solucionar un problema, esa información se almacena en el campo holográfico de nuestra especie. Si otra persona busca trabajar con la misma información accederá a la información que su análogo emitió al campo a través de coincidencias significativas. Ello explicaría por qué algunos inventos aparecen al mismo tiempo, incluso si no hay comunicación aparente entre ellos. Por poner un ejemplo, tal fue el descubrimiento del cálculo infinitesimal por Leibniz y Newton o la invención de la fotografía por Joseph Niépce y por Louis Daguerre.

Cuando la emergencia de una idea empieza a alcanzar una masa crítica de personas, entonces las nuevas ideas se difunden por sincronicidad entre más y más gente debido a los efectos de coherencia de la conciencia colectiva (el término “efecto Maharishi” hace referencia a esos efectos de coherencia, aunque aplicado a la meditación). Estas sincronías refuerzan las creencias que cada individuo tiene acerca del mundo. Y si las condiciones son adecuadas, las nuevas ideas comienzan a gozar de cierta aceptabilidad, y se acomodan al entorno socio-cultural. A partir de entonces, son evaluadas y, por medio de un intercambio de retroalimentación dentro del sistema, se van desarrollando hasta reorganizar la esfera del conocimiento en un nuevo orden fractal, donde existen muchas variaciones en la resolución de los problemas (valores marginales), algunas de las cuales resultan estables y son seleccionadas por el entorno. Una idea con éxito crea las condiciones que permiten repetirla, y una vez repetida se

hace rutinaria, transformándose en categorías. Puesto que las trasgresiones contra las determinaciones categóricas se convierten con el tiempo en nuevas categorías que hay que superar, este orden estará destinado a ser reorganizado por otro más coherente, y así continuamente. Ello da lugar a una serie de jerarquías de nuevos órdenes con nuevas estructuras, cuyo proceso tiende a formar, en palabras del físico teórico Bohm (2002), “totalidades armoniosas y unificadas que se consideran hermosas y capaces de conmover a quien las comprenden [...]” (p.50). Esto nos muestra que la dinámica de lo novedoso y lo establecido atiende a un patrón fractal en forma de espiral con características holográficas, con fundamento en una serie de ciclos de tradición-ruptura que vuelven a generar la evolución de otros ciclos. El desarrollo evolutivo en espiral lleva hacia la apertura de niveles de conciencia cada vez más avanzados. Como bien afirmó Nassim Hamein (como se citó en Melchizedek, 2017), “el nivel de conciencia de una civilización es siempre igual a su capacidad para alcanzar nuevas escalas fractales de relación en su mundo”.

Parte II

El Paradigma de la Complejidad respecto al Sujeto

En el contexto del sujeto cognoscente, el paradigma de la complejidad sugiere que el aparato neurocerebral del ser humano emerge evolutivamente de la dialéctica del mundo interior y exterior, de la sensorialidad y la motricidad, ya que está constituido por el desarrollo de las redes intermediarias entre neuronas sensoriales y neuronas motoras. Con ello, se explica el sistema motor llevado a cabo a través de la retroalimentación de los nervios aferentes y eferentes. El cerebro está, por tanto, en el centro de la dialéctica interior/exterior, porque es un sistema complejo cuya dinámica se caracteriza por flujos de energía entrantes y salientes intercambiados con el medio entorno. Ello conlleva procesos de información no locales y cuánticos, que siguen el modelo holístico de la realidad, y procesos de información locales y clásicos, que atienden al modelo mecanicista. De alguna manera, el cerebro es el producto de la configuración del ADN neuronal, que contiene una parte ondulatoria y otra parte molecular de tipo fractal.

9. El Cerebro como Sistema Complejo

Según la teoría de la complejidad, el cerebro es un sistema complejo que se encarga de controlar y coordinar las funciones mentales y corporales de los seres humanos. Dentro de la psicología del siglo XX, el psicoanálisis y el conductismo adoptaron el reduccionismo de la física de Newton para reducir los fenómenos psíquicos a sus componentes físicos, defendiendo el dualismo cartesiano con relación a la distinción entre mente y cuerpo. De esta forma, el psicoanálisis y el conductismo se convirtieron en la primera y en la segunda fuerza que dominaron la nueva disciplina científica. Sin embargo, la insatisfacción por el método científico llevó al desarrollo de la tercera y la cuarta fuerza con las corrientes psicológicas de orientación humanista y transpersonal. Ambas corrientes defienden la hipótesis de que el acto de la creación constituye un nivel de proporción y armonía entre las contraposiciones psicofísicas, por tanto, se aproximan a una visión más holística, acorde con los presupuestos de la física cuántica-relativista y los nuevos paradigmas de la complejidad. La psicología humanista busca la armonía interna que lleva a la autorrealización como desarrollo personal, en tanto que la transpersonal se encarga de armonizar la dualidad más allá de las fronteras personales, hacia su medio entorno, para alcanzar el desarrollo transpersonal. En el primer caso, estamos ante

el resultado de la unificación interna de las dualidades (autorrealización), en el segundo, ante el de la unificación externa, que trasciende lo individual para conectarse con las personas, la naturaleza y el universo, una unificación que encuentra una especial resonancia en el ámbito de la ecología. Ambas unificaciones constituyen dos principios éticos complementarios que pretenden reemplazar a la fragmentada ética materialista (Maslow et al., 1985). En cierto sentido, el futuro de la humanidad y de los ecosistemas dependerá de nuestra capacidad por alcanzar una coherencia entre los principios éticos internos, propios del sujeto, y los externos, referentes a su entorno social o natural.

9.1. El Cerebro Holo fractal

El cerebro holo fractal es un concepto que se relaciona con el paradigma de la complejidad, y se refiere a la idea de que el cerebro combina las características de la geometría fractal, ya que tiene una estructura que se repite a diferentes escalas, y el modelo holográfico, pues parece codificar la información de manera holográfica. El sistema nervioso es un sistema autosemejante, es decir, un sistema que tiene estructuras similares en diferentes niveles de organización. Así por ejemplo, todo el sistema nervioso es una agrupación constituida por un sistema binario constituido por los sistemas periféricos y central, integrados mediante el cerebro. Desde el punto de vista mecanicista, el sistema nervioso y el cerebro revelan los diferentes niveles fractales de la materia en un espacio tridimensional, pero no manifiestan una conciencia, sino una conexión entre las distintas áreas de la jerarquía cerebral. La conciencia se manifiesta desde la perspectiva del modelo holográfico de la realidad, que se desenvuelve en las dimensiones adicionales al espacio y el tiempo. Pero siendo una recreación del mundo interior y exterior en los diferentes niveles de la materia, la conciencia misma es un fractal que se extiende hacia abajo y hacia arriba, tal y como sugiere Hameroff. Esto significa que las vibraciones ondulatorias de la conciencia pueden moverse libremente hacia un procesamiento inconsciente y hacia un procesamiento consciente en la jerarquía del cerebro, resonando a través de sus niveles espaciales, desde los microtúbulos hasta las neuronas y las redes neuronales. Un reciente estudio dirigido por neurocientíficos de la Escuela Politécnica Federal de Lausana, en Suiza (Herzog, Drissi-Daoudi & Doerig, 2020) ha demostrado incluso que la conciencia sigue un ciclo en donde se intercalan momentos de procesamiento inconsciente con períodos de pensamiento consciente. Durante el procesamiento inconsciente, el cerebro analiza la información en todas sus facetas, usando diferentes regiones cerebrales que se especializan en aspectos como los sonidos, los colores, las formas o el lenguaje, en principio inconexas. Cuando los procesos inconscientes finalizan, sobreviene el pensamiento conscien-

te, por el cual el cerebro logra integrar la información que registró el inconsciente en cada una de las partes. Y al integrarla en un todo puede comprender la realidad.

Los mecanismos de la conciencia pueden tener sus raíces en el diálogo entre el cerebro y el medio entorno. Para Vitiello (2015), físico del Instituto Nacional de Física Nuclear de Italia, el cerebro es una estructura disipadora que está en continuo diálogo con el medio, definido como su “doble”. En el modelo cuántico disipativo del sistema cerebro/entorno, se requiere que el cerebro alcance un equilibrio con su entorno. Este esfuerzo del cerebro por alcanzar una relación armoniosa con su doble define una experiencia estética. Dicha experiencia se va renovando una y otra vez, porque el diálogo entre el cerebro y su doble es continuo. Gracias al diálogo continuo con el medio entorno, el cerebro construye conocimientos con significado. En la construcción de ese conocimiento con sentido entra a formar parte la coherencia cuántica del estado fundamental del cerebro. En opinión de Vitiello, la ruptura de simetría es el mecanismo implicado en el proceso de crecimiento de los fractales, que están controlados por la sincronización en fase conjugada de los bosones en el estado fundamental de mínima energía (el vacío), o sea, por los estados cuánticos coherentes. Por tanto, la coherencia cerebral se manifiesta en las propiedades de autosimilitud de las estructuras fractales, ya que es el producto de la ruptura espontánea de simetría inducida por los estímulos externos a los que el cerebro está expuesto continuamente. Cualquier estímulo produce una ruptura de la simetría y, como consecuencia, un nuevo aprendizaje, entendido como la reorganización de un nuevo atractor fractal. El desarrollo del conocimiento se realiza en cada proceso de reordenación del nuevo atractor dentro del conjunto de atractores fractales, es decir, en cada nueva formación de significado (coherencia). Los niveles estructurados de significados producen un nivel superior de conocimiento, cuya novedad puede revelar nuevos modos de ver el mundo. Al parecer, la coherencia cerebral resulta ser una formación de significados que lleva a una visión ordenada o significativa del mundo.

9.1.1. El Cerebro Fractal. La estructura del cerebro humano tiene características autosemejantes de naturaleza fractal, puesto que es un sistema de organización que se extiende a lo largo de varias escalas de observación, no solo en términos de estructura, sino también de funcionamiento, como el resto de los órganos anatómicos y los distintos sistemas, de modo que lo que inferimos para el todo también podemos inferirlo con respecto a cada una de sus partes componentes. Por ejemplo, la primera escala del sistema nervioso está constituida por las neuronas, cuyos terminales se extienden en diferentes direcciones para establecer conexiones sinápticas con otras neuronas. Este patrón complejo de ramificación conforma redes

dinámicas de información que permiten la comunicación entre las distintas áreas de la jerarquía neuronal, que van desde las regiones sensoriales a las cognitivas. Una nueva investigación llevada a cabo por los físicos que estudian el cerebro en la Universidad de Washington en St. Louis ha confirmado estas características fractales al demostrar que la actividad cerebral de muchas neuronas concuerda con la actividad de una sola neurona (Ogliore, 2019). Esta fractalidad no se produce solo a nivel estructural, sino también funcional. Esto significa que el cerebro puede procesar y almacenar la información a través de patrones similares en diferentes niveles. En este sentido, un estudio desarrollado en el Dartmouth College de Estados Unidos (Owen, Chang & Manning, 2021) ha revelado que las redes neuronales se organizan siguiendo patrones fractales cuando el cerebro se involucra en altos niveles de complejidad conceptual. A medida que se van interrumpiendo estos pensamientos complejos, los patrones fractales van perdiendo su integridad, comprometiendo con ello las interacciones de orden superior de las estructuras cerebrales. Ello es una muestra significativa de que el pensamiento complejo está íntimamente relacionado con los patrones fractales del cerebro.

El cerebro puede ser visto como un sistema complejo que se auto-organiza y que emerge a partir de la interconexión de sus diferentes partes. Según un artículo llevado a cabo por un equipo de investigadores de la Universidad de Nueva York (Joglekar et al., 2018), las conexiones entre las distintas partes del cerebro exhiben un equilibrio dinámico entre las neuronas excitatorias e inhibitoras. Huelga señalar que el mismo equilibrio dinámico se manifiesta en las siguientes escalas, las cuales están constituidas por las divisiones del sistema nervioso en el sistema nervioso central y periférico, las subdivisiones del sistema nervioso periférico en sistema nervioso somático y autónomo, y las subdivisiones del sistema nervioso autónomo en sistema nervioso simpático y parasimpático, que se consideran respectivamente como el sistema de alerta y de reposo del organismo. Dichos grupos conforman un sistema mayor, el sistema nervioso, del que forma parte el cerebro, que a su vez se divide en dos zonas, la corteza cerebral y las estructuras internas. La corteza cerebral se localiza en la zona externa, y está formada por sustancia gris, mientras que la sustancia blanca se encuentra en las estructuras internas. Esta distribución es contraria en la médula espinal, en donde la sustancia blanca está localizada en la zona externa, mientras que la gris en la interna. En consecuencia, el cerebro presenta una organización fractal en su estructura, porque encontramos las mismas características de autosimilitud, a saber, elementos individuales y antagónicos que se unen en pequeños grupos para trabajar en equilibrio dinámico como un todo, que a su vez son componentes de grupos mayores, y así sucesivamente. Eso quiere decir que la estructura del

cerebro tiene una configuración fractal dual, y esta configuración geométrica puede ser útil para describir las características de autosimilitud que comparte con los fractales naturales.

Desde el punto de vista funcional, también existe autosemejanza en diferentes escalas en la dinámica auto-organizadora de la información del cerebro. Esta información se transmite por medio de frecuencias electromagnéticas, de tal modo que los estados vibracionales de las neuronas se amplifican coherentemente gracias a los bucles de retroalimentación continua entre un orden fractal y otro, hasta alcanzar la totalidad del fractal cerebral. Dada la estructura fractal del cerebro, es muy probable que estos procesos de transmisión de información entre neuronas ocurran a través de una escala de magnitud, desde los microtúbulos del ADN neuronal a las redes neuronales, dando lugar a la emergencia de las ondas electromagnéticas del cerebro. Esto significa que las funciones cerebrales son expresión del proceso de autosimilitud de los niveles fractales del sistema nervioso, que empiezan en las mismas neuronas, que a su vez derivan de la dinámica paradójica de los microtúbulos y los átomos. De alguna forma, la complejidad de la conciencia humana se correspondería con un nivel fractal superior que emerge de los patrones simples de los diferentes niveles jerárquicos del cerebro. En este sentido, la conciencia podría ser entendida como el resultado de una resonancia entre las estructuras fractales del cerebro.

El campo electromagnético cerebral se genera por los impulsos eléctricos de las neuronas cuando se comunican entre sí. Gracias a los investigadores de la Universidad de Cambridge se sabe que estos impulsos eléctricos se producen de manera autosimilar a diversas escalas temporales y espaciales. Los neurocientíficos Kitzbichler, Smith, Christensen y Bullmore (2009) hallaron que la medida temporal y espacial en la conectividad de banda ancha del sistema cerebral mostraba patrones fractales bien definidos. Esto quiere decir que el tiempo que los grupos de neuronas pasan sincronizados, y el espacio que recorren estas conexiones a través de las regiones del cerebro, conforman un patrón fractal, lo que sugiere un posible mecanismo para la conectividad de banda ancha que compartimos con el resto de la naturaleza. En la medida en que la dinámica fractal en la sincronización de banda ancha existe en todas las escalas de la realidad, desde la cuántica a la cósmica, tal vez la conciencia sea simple y profundamente un portal a través del cual fluye dicha conectividad fractal.

Cuando los diferentes grupos de neuronas del cerebro se comunican entre sí a través de impulsos eléctricos sincronizados, se crean campos electromagnético-cuánticos. Según asevera la teoría del campo de información electromagnética consciente desarrollada por McFadden (2020), profesor de Genética Molecular y Director del Centro de Doctorado en Biología Cuántica de la Universidad de Surrey, en el Reino Unido, la dinámica global de los

campos electromagnéticos constituye la base de la conciencia. De hecho, la conciencia es información físicamente integrada y codificada en el campo electromagnético generado por la actividad neuronal sincrónica, es producto de un dualismo entre energía y materia. Exteriormente, estos campos electromagnéticos del cerebro son mensurables como ondas cerebrales, las cuales crean una serie de ritmos oscilatorios que se pueden registrar mediante electroencefalografía (EEG), una técnica que utiliza electrodos colocados en la cabeza para detectar la actividad eléctrica del cerebro. En conjunto, las fases de actividad eléctrica cerebral definen nuestros estados de conciencia, que reflejan la producción de diferentes frecuencias de ondas cerebrales, desde las más lentas a las más rápidas.

Las frecuencias de ondas del cerebro están directamente relacionadas con los ritmos biológicos y el ciclo de las fases del sueño y la vigilia. Las ondas cerebrales de la fase del sueño tienen las frecuencias más bajas, y son básicamente dos: las ondas delta (de 0 a 4 Hz) y theta (de 4 a 7 Hz). Las ondas delta predominan durante el sueño profundo, y las ondas theta, al producirse durante la transición entre la vigilia y el sueño, son propias del sueño ligero. Según Church (2019), las ondas delta son frecuencias que se activan en la meditación trascendental, y las ondas theta crean un estado propicio para la sanación, ya que se corresponden con la visualización creativa. Por otro lado, en la fase de la vigilia surgen las ondas de frecuencia más alta, las ondas alfa (de 7 a 13 Hz) y beta (de 13 a 39 Hz), que son características de una vigilia de reposo y de una vigilia activa respectivamente. Las ondas alfa se consideran el puente entre el sueño y la vigilia, debido a lo cual se asocian con el pensamiento creativo y la intuición. Y las ondas beta se vinculan con el pensamiento lógico y el razonamiento. Se ha demostrado que las primeras se dan con predominancia en el hemisferio derecho, mientras que las segundas tienen su dominancia en el hemisferio izquierdo. Por último están las ondas gamma, que siguen a las ondas beta, desde los 39 Hz hasta los 100 Hz o más. Las ondas gamma integran a un tiempo la información de las diferentes regiones del cerebro, permitiendo los procesos cognitivos de alto nivel (Tezanos, 2011). En esta integración de varios grupos neuronales juega un papel importante la sincronización cerebral, que es un fenómeno por el cual las frecuencias de las ondas de ambos hemisferios funcionan al unísono (Figura 92). Ello supone fuertes fluctuaciones internas que llevan a una interconexión cerebral más compleja.

De acuerdo con los estudios de Pletzer, Kerschbaum y Klimesch (2010), todas las frecuencias de ondas del EEG forman una serie geométrica con una relación que se aproxima a la proporción áurea (El Naschie et al., 2015; Weiss & Weiss, 2003). En los estados de reposo del cerebro la relación con phi es prominente. Presumiblemente, esta relación permite que la sincronía de las distintas áreas cerebrales experimente una tendencia hacia lo desordenado,

que se entiende como una desincronía, lo que propicia la posibilidad de un acoplamiento espontáneo entre ondas cerebrales y una rápida transición del estado de reposo al activo. Este hecho da lugar a diferentes tipos de oscilaciones o ritmos que se sincronizan y desincronizan, un fenómeno armónico entre distintos estados mentales que se llama en neurociencia computacional “metaestabilidad”, una sincronización parcial que enlaza con el concepto de coherencia cerebral (Deco & Kringelbach, 2016). El correcto funcionamiento del cerebro depende de que ciertas áreas cerebrales se sincronicen mientras que otras permanezcan desincronizadas. En 2021, Andrzejak señaló que esta sincronización y desincronización cerebral se confina dentro de los límites fractales. En conjunto, la reducción de ondas alfa y el incremento de ondas beta del estado de vigilia supone una desincronización cerebral que impide los estados alterados y la conexión con el campo universal no local. Esto hace que la conciencia esté atada a nuestra realidad local (Church, 2019).

En tanto fenómeno de interconexión neuronal, la sincronía crea una coherencia de la actividad cerebral. Esta coherencia se corresponde con un estado de conectividad global en todo el cerebro, un estado que comporta efectos de entrelazamiento cuántico. Es por ese estado de conectividad global que está relacionado con el “quinto estado” de C. Maxwell Cade (1979, como se citó en Laszlo, 2009), un estado alterado de conciencia que consiste en una gran cantidad de ondas alfa y una cantidad más moderada de ondas theta y beta. En dicho estado, las ondas alfa son intermediarias entre las dos frecuencias bajas, theta y delta, y las dos frecuencias altas, beta y gamma, es decir, forman un puente que sincroniza las diferentes frecuencias producidas en las dimensiones fractales del cerebro. Por lo tanto, generar gran cantidad de ondas alfa es la clave para conectar nuestra mente consciente con los recursos del inconsciente y del campo universal (Church, 2019). En la gran mayoría de las prácticas de meditación se forman estas pautas de sincronización cerebral, no solo en ambos hemisferios a la vez, sino también en cada uno por separado, un aspecto que ha sido corroborado por los científicos de la *Maharishi European Research University*. Algunos de estos científicos ya sugirieron hace tiempo que los estados de coherencia cerebral alcanzados por la meditación presentan analogías con el estado fundamental del vacío, el estado de excitación mínima que se asocia con la función de onda cuántica a gran escala, como si el cerebro fuera un superfluido de baja entropía (Domash, 1975). No en vano, las técnicas de meditación tienen como objetivo llevar la mente hacia un estado de vacío o vacuidad. Ello hace posible los procesos del pensamiento complejo y, sobre todo, las experiencias cumbres que nos sincronizan con los campos del planeta y del universo.

Para la neurociencia actual, el trazado de las ondas cerebrales del EEG se corresponde con una determinada dimensión fractal. Cuando el cerebro procesa información de un estímulo, las neuronas se conectan unas con otras para formar redes neuronales que describen estructuras y cavidades geométricas multidimensionales, un total de once dimensiones según un estudio realizado por científicos del Blue Brain Project de Suiza (Markram, 2006), de modo que cuantas más conexiones neuronales existan en el cerebro, mayor será la dimensión de estas estructuras y cavidades (los recuerdos parecen estar escondidos en esas cavidades de gran dimensión). La dimensión fractal del EEG sugiere que la conciencia comprende una gran cantidad de dimensiones espaciotemporales con patrones autosimilares, todas ellas relacionadas con la propiedad de conectividad de las neuronas y los diversos estados de conciencia. Ello significa que los estados de conciencia se mueven hacia abajo y hacia arriba en la jerarquía fractal del cerebro, desde los microtúbulos a los altos niveles neuronales, a través de las diferentes dimensiones. Dichas dimensiones de la conciencia se correlacionan con las distintas frecuencias energéticas del EEG, las cuales facilitan diferentes modos de cognición. Esta idea ya fue expresada por Ken Wilber (Maslow et al., 1985, p.169) al decir que los diferentes modos del conocer corresponden a diferentes niveles y dimensiones de la conciencia. Cada nivel sería un despliegue fragmentado de la energía del vacío que, a medida que asciende por los niveles del espectro, va adoptando configuraciones duales, como consecuencia de las cuales emerge la conciencia dual, que actúa reprimiendo la unidad subyacente en el inconsciente (Wilber, 2005).

Algunos neurocientíficos consideran que el trazado del EEG tiene una configuración con una dimensión fractal que lo relaciona con un estado de conciencia (Ibáñez-Molina e Iglesias-Parro, 2014). Así por ejemplo, los trabajos del equipo de neurocientíficos compuesto por Mölle, Marshall, Wolf, Fehm y Born (1999) muestran que el pensamiento divergente presentado por Joy Paul Guilford (asociación libre de ideas), que precede al pensamiento convergente, se relaciona con una dimensión fractal mayor que el pensamiento convergente (focalizado en un objetivo). Los recién nacidos y los niños tienen una mayor dimensión fractal, lo que significa que existen mayores conexiones neuronales como consecuencia del proceso de enseñanza-aprendizaje derivado de la educación y la experiencia con el entorno. Conforme se va dejando atrás la niñez, la dimensión fractal se ve reducida, debido en parte a que el aprendizaje sociocultural modifica permanentemente el patrón de las conexiones neuronales. Prácticamente, los convencionalismos dados por las categorías duales del lenguaje son los que parecen determinar la nueva organización del cerebro adulto. Salir del ciclo de cate-

gorización del pensamiento significa desarrollar nuevas conexiones neuronales, lo que es indicativo de una mayor dimensión fractal.

La mayoría de neurocientíficos coinciden en que el conocimiento adquirido a través del aprendizaje y la memoria favorece el nacimiento de nuevas neuronas a partir de células madres neuronales, un fenómeno conocido como “neurogénesis”. Estas nuevas neuronas pueden integrarse entre sí, contribuyendo a la plasticidad cerebral o neuroplasticidad, una propiedad que emerge del cerebro cuando las neuronas establecen conexiones sinápticas entre las neuronas ya existentes o forman otras nuevas en respuesta a las experiencias con el entorno, tanto interno como externo. La neurogénesis juega un papel importante en el proceso de la neuroplasticidad. En este proceso intervienen dos mecanismos que influyen en la interconexión de las neuronas, y que son los encargados de potenciar la transmisión de información a través de la sinapsis interneuronal (actividad de las neuronas excitatorias), o de inhibirla (actividad de las neuronas inhibitorias). Para que la corteza cerebral funcione con normalidad, la actividad de las neuronas excitadoras tiene que equilibrarse con la de las inhibitorias en la misma medida. Los recuerdos se crean cuando una red integrada de neuronas potencia la intensidad de las sinapsis a medida que vamos acumulando vivencias a lo largo de la vida. Y al igual que el balance entre neuronas excitadoras e inhibitorias, esa intensa actividad neuronal tiende a restablecer su equilibrio a través de un patrón de actividad opuesto a la memoria y al aprendizaje, configurando una antimemoria, como asevera un grupo de científicos de la Universidad de Oxford y del University College London (UCL) liderado por Helen Barron (Barron et al., 2016).

Para potenciar la creación de nuevas conexiones neuronales y mejorar la plasticidad cerebral, es necesaria la intervención de las emociones, ya que en la base de los procesos cognitivos, racionales, se encuentran los emocionales. Los estados emocionales positivos o negativos influyen de forma decisiva en la neuroplasticidad. Es sabido, por ejemplo, que las emociones negativas, como el miedo, la tristeza o la depresión, debilitan las sinapsis que conectan las neuronas; al contrario que las emociones positivas, como la felicidad, la gratitud o el amor, que fortalecen el funcionamiento de los circuitos neuronales existentes y contribuyen en la renovación celular. Como expuso el neurólogo portugués Damasio (2001), de la Universidad de Iowa en Estados Unidos, el filósofo Descartes había rechazado los procesos emocionales por parecerles incompatibles con la razón, cuando en realidad estos forman un todo junto con los procesos de razonamiento, porque las emociones dirigen nuestras tomas de decisiones trabajando con la mente racional. Damasio arremete así contra el error que cometió Descartes al establecer la separación entre la mente y el cuerpo. El equilibrio entre las emo-

ciones y la razón en la toma de decisiones lo volvió a exponer el periodista y antiguo académico Goleman (2003), autor del libro *Inteligencia emocional*, cuando plantea que tenemos dos cerebros o dos clases diferentes de inteligencia: la inteligencia racional, aquella relacionada con el concepto de coeficiente intelectual y con el rendimiento académico; y la inteligencia de las emociones, cuya habilidad sería reelaborar la información emocional en el mundo interior y exterior mediante habilidades como la empatía, la autoconciencia y el control de los sentimientos. Ambas inteligencias son necesarias para llevarnos bien con nosotros mismos y con los demás, y el correcto funcionamiento mental depende de que aprendamos a repartir la actividad entre las dos. Recientemente, investigadores de la Universidad de Boston, en EE.UU., y de la Universidad Autónoma de Madrid (Joyce et al., 2020) han descubierto que el cíngulo anterior, una región que se encuentra en la parte frontal del cerebro, desempeñaría una función mediadora en su integración. En suma, el proceso de aprendizaje y memoria se sustenta sobre el binomio emoción-cognición, a través del cual se construye el conocimiento de nuestro entorno interno y externo.

El aprendizaje humano puede ser mecánico o significativo. El aprendizaje mecánico se refiere a la adquisición de conocimientos y habilidades de forma mecánica, sin comprenderlos. El aprendizaje significativo, por otro lado, requiere que los conocimientos y habilidades adquiridas se conecten de forma comprensiva con otros datos previos almacenados en la memoria a largo plazo. Para potenciar las conexiones sinápticas, es necesario que el aprendizaje sea significativo y que los estímulos se repitan mecánicamente para consolidar su recuerdo en la memoria a largo plazo. La repetición de lo aprendido es lo que ayuda a garantizar la memorización, y con ello, también se corrigen los posibles errores, un evento imprescindible para seguir aprendiendo. Si no se repite lo que se aprende, las conexiones de los circuitos neuronales se debilitan, produciéndose la poda neuronal. Es bajo ese patrón de conexiones de datos que una neurona se conecta con la otra y con la siguiente, y esta con la siguiente y la siguiente, un entrelazamiento de la información que constituye el punto de partida para sumar nuevos aprendizajes al patrón existente y ampliarlo, a modo de un nuevo atractor fractal. Este es el modo recursivo de construir sobre el conocimiento.

La estructura y función cerebral se determinan a veces, de manera que cuando se generan nuevos circuitos neuronales a través de la plasticidad sináptica se dan cambios en la estructura del cerebro que aumentan su volumen, lo que afecta directamente la función cognitiva (causalidad descendente). Se cree que estos cambios tienen un fuerte vínculo con la actividad de ondas gamma, un patrón de actividad eléctrica en el cerebro que está relacionado con una alta activación emocional y con procesos cognitivos superiores. Más aún, un estudio

dirigido por los neurocientíficos John Kounios, de la Universidad de Drexel, y Mark Beeman, de la Universidad de Northwestern, concluyó que las llamaradas de intuición, o los momentos ¡Eureka! que se producen durante el proceso creativo, se correlacionan positivamente con las ondas gamma (Kounios & Beeman, 2014), ya que se ha observado que estas ondas provocan una percepción integrada de la realidad, producto de la sincronización simultánea de varias regiones cerebrales en diferentes escalas. Se podría decir incluso que esa percepción integrada estimula el desarrollo de la conciencia espiritual. En la práctica Zen, esta integración se denomina satori, la identificación con el universo en su totalidad.

La creatividad responde al llamado pensamiento divergente, por el cual se generan ideas novedosas a partir de la búsqueda de un amplio rango de posibilidades en la resolución de los problemas. La neuroplasticidad atañe precisamente a las infinitas posibilidades combinatorias con las que las neuronas se conectan entre sí para comunicarse. Según un equipo austriaco y estadounidense dirigido por Roger Beaty (Das et al., 2019), experto en neurociencia cognitiva de la Universidad de Harvard, el pensamiento creativo implica tres redes neuronales: la red neuronal de la imaginación (red neuronal por defecto), la red del razonamiento (red de control cognitivo) y la red de intermediación, que es clave en la alternancia entre unas redes y otras (red de prominencia). La red neuronal por defecto permite dirigir la atención hacia nuestro interior para generar nuevas ideas, de ahí que esté involucrada en el pensamiento sobre uno mismo y la creatividad. Pero un nuevo estudio dirigido por Edward Vessel y otros investigadores señala que la red neuronal por defecto también se activa cuando contemplamos objetos bellos (Vessel, Starr & Rubin, 2012). Por otra parte, la red de control cognitivo se encarga de seleccionar las ideas generadas. Normalmente, estas redes no funcionan simultáneamente, sino por separado, es decir, cuando se activa la red de control cognitivo se desactiva la red neuronal por defecto. Pero la investigación dirigida por Roger Beaty desveló que la creatividad o pensamiento divergente surgía como resultado de la colaboración entre la red neuronal por defecto y la red de control cognitivo. Esto significa que en las personas creativas la interacción entre ambas redes es mayor en relación con la gran mayoría de las personas. En conjunto, el proceso creativo consistiría en el equilibrio entre la capacidad de generar ideas y la capacidad de evaluarlas. Este estudio entronca con otro realizado por Mayseless, Eran, y Shamay-Tsoory (2015), de la Universidad de Haifa en Israel, según el cual la creación de ideas originales requiere la activación simultánea de dos redes diferentes del cerebro, incluso contradictorias: la red asociativa o espontánea y la red normativa o conservadora. La red asociativa es más activa cuando una persona no presta atención a los estímulos externos, mientras que la actividad de la red normativa responde a reglas o normas sociales. Los inves-

tigadores sugieren que cuanto más fuerte es la conexión entre ambas redes, mayor es la originalidad de las ideas.

Cuando cambian las ondas cerebrales, también cambian los circuitos neuronales. Las personas creativas, al romper con las estructuras cognitivas convencionales, desarrollan hábitos de plasticidad para relacionar ideas mediante la creación de nuevas conexiones entre las neuronas. Dado que alternan los dos procesos neuronales en la exploración de muchas posibilidades, les permite producir grandes puentes alfa en donde intervienen los circuitos neuronales de ambos hemisferios cerebrales. Cuanto más se potencien dichos circuitos, mayor integración de ideas habrá y, por tanto, mayor unidad funcional del cerebro para alcanzar explosiones de inspiración creativa. Eso supone mayor capacidad para establecer analogías, es decir, para captar conexiones, correspondencias y similitudes entre las cosas a diferentes escalas, lo que hace posible los procesos fractales del pensamiento complejo. Estos saltos asociativos crean las condiciones necesarias para establecer patrones autosemejantes de resonancia que remodelan las redes neuronales en nuevos atractores fractales, lo cual conduce a un gran potencial creativo. Por este motivo, la estructura cerebral de las personas muy creativas muestra una mayor dimensión fractal, un alto estado de conciencia. Desde ese estado elevado de conciencia, una persona creativa puede conectar su conciencia con el campo de información no local.

Los datos del EEG apuntan a que la dimensión fractal de la conciencia está más allá de las cuatro dimensiones del espacio y del tiempo. Eso significa que se requieren dimensiones adicionales para explicarla por completo. Estas dimensiones adicionales del EEG responden a diferentes frecuencias de vibración energética a nivel cuántico. Dichas frecuencias guardan relación con los diferentes estados de conciencia. En la medida en que la dinámica fractal de la sincronización cerebral involucra dimensiones adicionales en la geometría espaciotemporal, tal vez estos estados de conciencia sean medios a través del cual fluye la conectividad con los múltiples universos. Nuestro universo está sintonizado con las frecuencias que corresponden a su nivel de realidad. No obstante, hay un número ilimitado de universos paralelos que coexisten con el nuestro pero que no podemos percibir, porque están sintonizados con otras frecuencias vibratorias. El multiverso conforma un gran campo holográfico con infinitud de frecuencias de vibración en multitud de dimensiones y planos de existencia, estando todos íntimamente vinculados entre sí a nivel cuántico. Todas estas frecuencias del multiverso ocurren simultáneamente, es decir, están en un estado de superposición, y, por consiguiente, abarcan todas las posibilidades susceptibles de existir. La creatividad o pensamiento divergente podría definirse como la capacidad de captar la información de esas infini-

tas posibilidades cuánticas, ya que todo lo imaginado o intuitivo ya existe en el multiverso. Por lo tanto, es probable que lo que llamamos intuición no pertenezca solo al ámbito privado, sino también a un espacio transpersonal que permite la interacción con otros universos o realidades paralelas. Esa interacción se produciría a través de las frecuencias que emiten las diferentes dimensiones fractales del cerebro, que se corresponden por analogía con las frecuencias dimensionales de esos mundos paralelos. Al imprimir los límites entre lo real y lo irreal, lo familiar y lo desconocido, la intuición captura todas las posibilidades del multiverso para crear otras realidades posibles a través de nuestras elecciones, cuyas frecuencias sintonizan con una determinada longitud de onda de nuestra conciencia.

La imaginación es un proceso mental que tiene acceso a un multiverso de posibilidades infinitas, porque se concibe como un emulador de las condiciones de probabilidad de la física cuántica. Las elecciones de todas las posibilidades están libres de los condicionamientos espaciotemporales, pues la mente puede imaginar las consecuencias reales de cada elección, pudiendo tener la libertad de volver hacia atrás y hacia delante para seleccionar cualquier otra opción. Cada vez que hacemos una elección final, se produce una escisión en la realidad multidimensional de la conciencia que afecta a nuestra realidad tridimensional, puesto que las elecciones de la conciencia generan sentimientos y pensamientos que se plasman en acciones. Al mismo tiempo, las acciones repetidas se convierten en hábitos estereotipados que forjan nuestro carácter y que determinan nuestra experiencia futura, generando una realidad u otra acorde a los itinerarios escogidos. Esas elecciones son fruto de nuestras creencias acerca del mundo, tanto en un nivel personal como cultural, que constituyen la base sobre la que se asientan nuestros sentimientos, pensamientos y acciones. En este sentido, podemos elegir sintonizarnos con la creencia de que las cosas están separadas y aisladas, o con la creencia de que están integradas como un todo. En el primer caso, nos predisponemos a tomar decisiones disgregadas, injustas e imprudentes, y en el segundo, nos predisponemos en el sentido contrario. Las primeras predisposiciones son los llamados vicios, y las segundas son las que denominamos virtudes. Los vicios disminuyen el sentido de coherencia e integración, y las virtudes lo aumentan. Las auténticas virtudes se descubren durante el acto creativo, que es la forma en la que mejor se materializa los sentimientos y los pensamientos mediante la voluntad de rebasar los límites de nuestra realidad, una transformación de la mente individual que puede producir un cambio a nivel neuronal y corporal. Ese es el verdadero secreto del poder de la mente sobre la materia: crear nuevas conexiones neuronales que sean capaces de cambiar nuestra percepción de la realidad y que nos lleve a trascender nuestro carácter. Solo así podremos orientar su formación hacia una ética de máximos que nos lleve a realizar ac-

ciones coherentes. A través de esas acciones, los seres humanos pueden alcanzar una coherencia interna o autorrealización personal, gracias a la cual logran compartir con los demás unos principios mínimos para convivir en coherencia, dentro de un entorno social que lleve a un estado de armonía entre el ser humano y la naturaleza.

9.1.2. El Cerebro Holográfico. La conciencia es un fenómeno complejo que ha sido objeto de estudio por parte de muchas disciplinas, como la filosofía. Uno de los problemas fundamentales que trata la filosofía es cómo se relaciona la conciencia, que se considera un fenómeno subjetivo y no físico, con el cerebro, que se considera un órgano del cuerpo físico. Esto se conoce como el problema de la dualidad cerebro-mente. Las diferencias entre las concepciones materialistas y espiritualistas de la conciencia por parte de la filosofía griega modeló el problema cerebro-mente, que puede agrupar los estudios sobre su relación en tres teorías básicas: la teoría monista, la dualista y aquellas otras que intentan ir más allá de las explicaciones monistas y dualistas. La versión monista sostiene que mente y cuerpo son dos aspectos de una única sustancia. No obstante, el monismo se puede dividir en un materialismo monista (reduccionismo), según el cual todo proceso mental tiene un sustento material, localizado en el cerebro; y en un idealismo monista (holismo), que afirma que tras los procesos materiales subyacen los mentales. El materialismo marxista es un ejemplo del primer tipo de monismo, y el idealismo hegeliano es un ejemplo del segundo. Por contra, el dualismo sostiene que mente y cuerpo son dos entidades completamente distintas. Un ejemplo sería el dualismo cartesiano, que separa el pensamiento de la extensión, dando supremacía a la mente sobre el cuerpo. Cuando estas dos entidades interaccionan a través de un mediador, estamos ante la postura del dualismo interaccionista, que fue primeramente formulado por Descartes y defendido en el siglo XX por el neurofisiólogo Sir John Eccles y otros, como el filósofo Karl Popper a partir de la teoría de los tres mundos de conocimiento. Y dado que para el interaccionismo existe una interacción entre el cerebro y la mente, debe existir un lugar localizable donde se produzca. Para Descartes, ese lugar se encontraba en la glándula pineal. Sin embargo, Eccles propone que la interacción ocurre en los microespacios sinápticos mediante procesos cuánticos a través de dendrones (unidades neuronales) y psicones (unidades mentales). Esa interacción sigue una causalidad bidireccional: una descendente, de arriba a abajo, de lo mental a lo físico; y otra ascendente, de abajo a arriba, de lo físico a lo mental. En filosofía, la causalidad descendente es la influencia que el todo ejerce sobre las partes del sistema, al contrario que la causalidad ascendente, en donde las partes determinan al sistema completo. Para Eccles, las unidades mentales se interconectan para producir una experiencia unitaria en la

conciencia, siendo los agrupamientos de dendrones las estructuras receptoras que amplifican sus campos cuánticos de probabilidad.

Algunas formas de dualismo reaccionaron al interaccionismo de Descartes, como fue el caso del ocasionismo de Malebranche o el paralelismo psicofísico de Leibniz. La tesis central del ocasionismo es que el cerebro y la mente no interaccionan directamente, sino a través de Dios. Con respecto al paralelismo psicofísico, Leibniz formuló la teoría de la armonía preestablecida, según la cual el cerebro y la mente actúan en paralelo, porque Dios estableció una sincronización perfecta entre ellos. Otros enfoques se posicionaron más allá de las dicotomías introducidas por los planteamientos del monismo (materialismo e idealismo) y el dualismo de Descartes, como el monismo intermedio de Spinoza. El monismo intermedio predica que el pensamiento y la extensión son dos aspectos duales que se correlacionan a través de una tercera sustancia que comprende a Dios, que identifica con el concepto de Naturaleza. Y así como Dios se concibe bajo los aspectos del pensamiento o de la extensión, de manera similar se puede concebir el ser humano. El dios de Spinoza es, por tanto, un dios no personal que se revela en los principios de organización del universo y en la belleza de la naturaleza. Es el dios que decía compartir Einstein con Spinoza, un dios que está presente en el sentimiento religioso cósmico. Este sentimiento cósmico es un sentimiento de misterio ante una fuerza superior de naturaleza espiritual que, según Einstein, es la fuente que impulsa la investigación científica y el arte. Siendo un sentimiento tan universal, trasciende cualquier dogma o creencia en un dios personal que intercede en el destino humano. Propone por ello un refinamiento de la concepción antropomórfica de Dios para que la espiritualidad se manifieste en la ciencia (Benítez, 1999). Hoy, algunos teóricos de la física cuántica muestran una cosmovisión holística que conecta con muchas tradiciones espirituales, permitiendo explicar la experiencia mística como aquello que conecta la conciencia individual con una conciencia universal de carácter holográfico capaz de crear orden, auto-organización y complejidad. Dicha conciencia universal apunta a un dios impersonal.

En la actualidad, los descubrimientos de la física cuántica y los nuevos paradigmas científicos de la complejidad sirven de orientación a la hora de encontrar una explicación al problema de la relación cerebro-mente. En este sentido, se pueden reconocer dos bifurcaciones principales que tienen sus antecedentes en la filosofía occidental de Baruch Spinoza, así como en varias posturas orientales no duales: el monismo neutral y el monismo de aspecto dual. El monismo neutral es un modelo abarcador que aborda el problema de la relación entre mente y cuerpo de forma neutra, pues afirma que existe una tercera entidad subyacente de

donde surgen tanto la mente como la materia. El máximo representante de este enfoque es el filósofo Bertrand Russell. Por otra parte, el monismo de aspecto dual es un enfoque según el cual la mente y la materia son los dos aspectos indisolubles de una misma sustancia. Algunas teorías del monismo de aspecto dual son la teoría del orden implicado de David Bohm y la conjetura Pauli-Jung (Atmanspacher, 2012). El punto de partida de la teoría del orden implicado de Bohm es que el universo es una totalidad con dos órdenes: el orden implícito y el explícito. Los fenómenos cuánticos no locales interconectarían los aspectos mentales y físicos a través de una dimensión en donde prevalece el orden implicado. En cuanto a la conjetura Pauli-Jung, sugiere que los aspectos mentales y materiales del dominio subyacente se deben de entender como aspectos duales que se complementan, al igual que la naturaleza dual de las partículas subatómicas. Para Atmanspacher (2012), es posible que la actividad mental sea cuántica y que esté correlacionada con una actividad cerebral clásica. Dichas correlaciones deben entenderse como transiciones producidas por las rupturas de simetría de un campo neutro subyacente. Según él, estas correlaciones tienen que ver con las sincronicidades de Pauli y Jung, es decir, con la conexión significativa que se produce entre dos sucesos.

La red de conexiones neuronales del cerebro no solamente forma una estructura auto-similar a cualquier escala, sino también una red holográfica de interconexiones, por la que cada parte del sistema está entrelazada con el todo, de tal modo que los diferentes niveles del cerebro están bajo su influencia. Esta idea se basa en la teoría del cerebro holográfico propuesta por Pribram, según la cual el cerebro funciona como un holograma, es decir, que procesa la información de manera holística, en vez de fragmentada. Ampliando las teorías del cerebro holográfico de Karl Pribram y del interaccionismo de Eccles, el neurólogo y neurocirujano Di Biase (2009, 2015) desarrolló un concepto dinámico de conciencia basado en el flujo holoinformacional del universo. Para Di Biase, la información comporta dos aspectos diferentes, un aspecto interno, como información no local (cuántica-holística), y otro externo, como información local (mecanicista-newtoniana). El flujo holoinformacional es aquella información que es simultáneamente cuántico-holístico no local y mecanicista-newtoniana local. Es un campo informativo con significado comparable a una conciencia universal, cuyos códigos participan, desde el Big Bang, en el proceso de auto-organización negantrópica que ha ido generando complejidad a lo largo de la evolución del universo y la vida (evolución física, biológica, sociocultural y espiritual). Pero también modela los procesos auto-organizativos de la mente humana, ya que el flujo holoinformacional genera un estado sincronizado altamente armónico de ondas que conecta ambos hemisferios cerebrales. Gracias al flujo auto-organizado que subyace a la coherencia de las ondas cerebrales, se puede optimizar

el tratamiento holográfico de la información neuronal, lo que genera un campo cuántico de entrelazamiento que interconecta el cerebro con los patrones holográficos presentes en todos los niveles fractales del universo. Ello se logra mediante prácticas de meditación profunda, oración y otros estados superiores de conciencia. Este hecho lleva a Di Biase a manifestar que la interacción entre los dendrones y psicones es un proceso cuántico que no se limita a los microespacios de la sinapsis, sino que se extiende hacia el tejido espacio-temporal del cosmos mediante entrelazamientos. La comprensión de esta interconexión del cerebro cuántico y el universo holográfico, le permite explicar el colapso de la función de onda por parte del observador, resolver el dualismo cartesiano, así como integrar la ciencia, la filosofía y la espiritualidad dentro de un paradigma transdisciplinario y holístico.

La teoría del cerebro holográfico tiene similitudes con la teoría del cerebro cuántico, que es una hipótesis que entra dentro del concepto de emergentismo psicológico, una posición en la relación cerebro-mente donde se encuadra el modelo de Penrose-Hameroff. Este modelo fue propuesto hace más de 20 años por Roger Penrose, profesor de matemáticas de la Universidad de Oxford, y Stuart Hameroff, profesor de anestesiología de la Universidad de Arizona. En un artículo titulado *Quantum computing in microtubules: Self-collapse as a possible mechanism for consciousness. Toward a science of consciousness* ambos autores propusieron que la conciencia se podía explicar como una propiedad que emergía de la actividad cuántica de los grupos de microtúbulos presentes en las neuronas del cerebro, es decir, de procesos de entrelazamiento sincronizado, por lo que se integraba bastante bien a la concepción de los sistemas complejos (Penrose & Hameroff, 1995). Podríamos situar el modelo de Penrose-Hameroff dentro del monismo neutral, porque se acomoda bastante bien a la visión tanto holista como reduccionista de la realidad. Según este modelo, la entidad subyacente común que hace que surjan las realidades mentales y materiales se corresponde con un campo primario de experiencia protoconsciente, un campo incorporado desde el origen del universo en la geometría espacio-tiempo a escala de Planck, de donde surgirían, en opinión de Penrose, los valores platónicos de bondad, verdad y belleza que influyen en nuestras elecciones perceptivas y cognitivas. El fenómeno de Reducción Objetiva sería el puente que permitiría pasar de una realidad a otra.

El modelo de Penrose-Hameroff plantea que la superposición cuántica desempeña un papel fundamental en los microtúbulos de las neuronas del cerebro. Esta idea fue rebatida por el físico teórico Max Tegmark, objetando que los microtúbulos no podían estar en superposición cuántica, debido a que la temperatura del cerebro provocaría el colapso de la función de onda. Por tanto, es de suponer que la conciencia no se regiría por leyes cuánticas, sino clásicas.

cas. No obstante, el modelo del cerebro cuántico ha sido revisado y corroborado recientemente por los estudios de Bandyopadhyay (Ghosh, Sahu & Bandyopadhyay, 2014), del Instituto Nacional de Ciencias de los Materiales en Tsukuba, Japón (ahora en el MIT), después de que se descubrieran vibraciones cuánticas a temperaturas ordinarias en los microtúbulos. De acuerdo con el modelo de Penrose-Hameroff, las ondas cerebrales se derivan de las resonancias de los microtúbulos contenidos en el interior de cada neurona, por tanto, los microtúbulos serían los elementos primarios responsables de nuestra conciencia. Los microtúbulos son polímeros cilíndricos ubicados en el citoesqueleto de las células vegetales y animales, especialmente las neuronales, y juegan un papel importante en su sostén. Están compuestos por patrones repetitivos de dos subunidades de dímeros proteicos llamadas tubulinas alfa y beta (Figura 93). Estas proteínas se autoensamblan para crear largos cilindros huecos compuestos por 13 cadenas lineales de tubulinas que se alinean una al lado de otra, formando una estructura de celosía hexagonal con dos patrones en espiral que se cruzan en sentido opuesto conforme a la sucesión de Fibonacci (5 : 8). Los científicos Penrose y Hameroff (2011) han planteado que esos patrones de simetría helicoidal de los microtúbulos se encuentran ampliamente en la naturaleza, y son simpatizantes de procesos cuánticos a gran escala, pudiéndose comparar con computadoras cuánticas biológicas. Precisamente, las resonancias que siguen los caminos helicoidales de geometría de Fibonacci en los microtúbulos posibilitan la computación cuántica topológica, y es la disposición más óptima para la corrección de errores, quizá por tener la capacidad de evitar la decoherencia de manera efectiva e indefinida. Esta idea de que la estructura fractal de los microtúbulos permite llevar a cabo procesos cuánticos ha sido recientemente revisado por unos científicos chinos liderados por el profesor Xian-Min Jin, de la Universidad Jiaotong de Shanghai (Xu et al., 2021). En un entorno de laboratorio, han hallado cómo las partículas cuánticas podrían moverse dentro de pequeñas estructuras fractales diseñadas artificialmente, lo que revela que los fractales cuánticos tienen un comportamiento muy distinto a los clásicos. En cuanto seamos capaces de medir el comportamiento de los fractales cuánticos en las neuronas del cerebro, las mediciones cuánticas de su estudio permitirán comprobar experimentalmente si la conciencia es un fenómeno cuántico o clásico.

En los microtúbulos, cada celosía hexagonal de dímeros de tubulina está en continuo movimiento y reorganización, ya que conforma un proceso de polarización positiva y negativa de tipo dieléctrico, capaz de modificar su mapa interno a partir de la información que le llega de otras neuronas. A través de este proceso de polarización de las tubulinas, se genera una nube electrónica de partículas con una función de onda que puede presentar dos estados conformacionales diferentes (arriba o abajo), como en los bits computacionales. Esos dos

estados pueden hallarse brevemente en una superposición coherente de estado abajo y estado arriba, haciendo que las tubulinas funcionen como cúbits biológicos. En ese corto intervalo de tiempo, las tubulinas operan en un estado fundamental de coherencia cuántica, en el que se acoplan entre sí para el procesamiento de la información. A través del acoplamiento cuántico entre tubulinas, la información se extiende simultáneamente por todo el sistema neuronal, convirtiendo a los microtúbulos de las neuronas adyacentes en conductores coherentes. Debido a la extensión de la coherencia por los microtúbulos, la información cuántica de cada una de las neuronas se va acoplando por fenómenos de retroalimentación a lo largo del fractal cerebral, conformando un solo estado cuántico a gran escala. Todo este proceso recursivo de retroalimentación se hace posible gracias a la resonancia sincronizada a nivel electromagnético y cuántico. Y el estado ordenado de las moléculas de agua del interior y exterior de los microtúbulos actuaría como intermediario para permitir esa conexión electromagnética y fotónica, porque el agua atómicamente ordenada puede crear dominios altamente coherentes que amplifican la señal por todo el cerebro. Esta idea concuerda con un estudio científico dirigido por Kerskens (2022), que sugiere que los espines de los protones del agua presentes en el cerebro humano están entrelazados cuando se producen procesos cognitivos, como la conciencia y la memoria.

De acuerdo con la hipótesis de Penrose-Hameroff, durante el tiempo de coherencia las tubulinas pierden su individualidad para entrar en un estado cuántico unitario, que se extiende por un campo electromagnético y cuántico gracias a las moléculas de agua entrelazadas. Pero cuando los estados de superposición combinados de las tubulinas alcanzan ciertos umbrales críticos, relacionados con la curvatura gravitacional a nivel cuántico, se origina el proceso de decoherencia cuántica o Reducción Objetiva Orquestada, que es un concepto que implementa la Reducción Objetiva de la física al cerebro, y que sugiere que la conciencia depende de procesos biológicos sincronizados a nivel cuántico entre los microtúbulos. A partir de entonces, los efectos cuánticos del sistema se vuelven clásicos y la información en forma de cúbits se transforma en bits, o sea, en estados bien definidos (arriba o abajo). Durante este proceso de decoherencia, se manifiesta la emergencia de pequeñas unidades discontinuas de experiencia consciente, que cuando se sincronizan o acoplan entre sí, derivan en una secuencia continua de conciencia. Esas unidades fundamentales serían colapsos de la función de onda que se dan dentro de un campo protoconsciente fuera del cerebro, que deriva de la geometría espacio-tiempo a escala de Planck desde los orígenes del universo. Están además condicionadas por una gama determinada de intensidades y frecuencias, dando como resultado los diversos estados de conciencia.

Según el modelo de Penrose-Hameroff, la conciencia está en relación con la frecuencia de colapsos cuánticos en el cerebro, que serían el resultado de los efectos de la gravedad cuántica dentro de los microtúbulos. Un estado de colapso cuántico que ocurre cuarenta veces por segundo, o más, produce en el cerebro humano una sincronía gamma, que requiere interconexiones de muchas neuronas, lo que le permite actuar como una sola neurona. Un nivel alto de sincronía gamma significa que el cerebro está teniendo experiencias más intensas de consciencia. Estas experiencias más intensas requieren un gran tamaño de superposiciones - en términos de la cantidad de microtúbulos y neuronas involucradas y el volumen del cerebro- con el fin de alcanzar los umbrales críticos con rapidez (frecuencias más altas); mientras que las experiencias más débiles requerirán superposiciones con tiempos más cortos para alcanzar los umbrales (frecuencias más bajas). Cuanto mayores sean las superposiciones, tanto más profunda será la percepción y la cognición para acceder a la información implícita a nivel de los microtúbulos, la cual está entrelazada con el campo holográfico de la realidad, que de alguna manera es protoconsciente.

Las investigaciones del doctor Fritz-Albert Popp (como se citó en McTaggart, 2006) pusieron de manifiesto que los biofotones no solo coordinan los procesos corporales, sino también gobiernan nuestra conciencia. Es más, recientemente un grupo de científicos chinos liderados por Zhuo Wang (Wang et al., 2016) han descubierto que los fotones de origen biológico están implicados en los fenómenos cuánticos del cerebro, existiendo una relación entre la inteligencia y la frecuencia de los biofotones en el cerebro de los animales. Para Adams y Petruccione (2020), estos biofotones del cerebro muestran que la conciencia estaría relacionada con la radiación electromagnética de la luz. Aparte de ser energía electromagnética, la luz es también información. Y donde hay información hay algún tipo de conciencia. Los biofotones son de hecho las unidades mínimas de información de la conciencia, que siempre son duales, debido a la doble naturaleza de la luz.

Los recientes descubrimientos señalan que las neuronas cerebrales de los mamíferos, además de sinapsis electroquímicas compuestas por impulsos nerviosos y neurotransmisores, tienen la capacidad de producir biofotones para comunicarse entre sí. La comunicación por ondas electromagnéticas entre neuronas se realiza mediante los microtúbulos, cuyo interior es un espacio aislado del entorno en donde los biofotones pueden mantener un estado de coherencia relacionado con la superposición cuántica. La radiación biofotónica de esas neuronas es la responsable de crear los estados de coherencia o superposición, resultando efectos de entrelazamiento que permiten la transmisión instantánea de la información, la cual, partiendo de las neuronas, se va retroalimentando hasta llegar a las redes neuronales, formando lo que

se conoce como conciencia. Este estado de coherencia cuántica se produce, presumiblemente, gracias a una red electromagnética de entrelazamiento no local, a través de la que se procesa la información cerebral a nivel implícito. Según Parisa Zarkeshian, de la Universidad de Calgary en Canadá, las fibras de mielina que recubren los axones serían las responsables de transmitir biofotones entre las neuronas, ya que, aparte de fortalecer las conexiones neuronales entre ambos hemisferios, tiene propiedades ópticas para permitir la transmisión de una gran cantidad de bits de información, incluso de entrelazamientos cuánticos (Zarkeshian et al., 2017). Esas fibras de mielina son ejemplos de cristal líquido, lo que significa que pueden resonar en armonía con los campos electromagnéticos.

La conciencia mantiene un fuerte vínculo con el fenómeno de entrelazamiento de los biofotones del cerebro. Por medio del entrelazamiento, los biofotones de los microtúbulos captan bits de información cuántica a partir del vacío cuántico. Esa información puede ser transmitida al cerebro cuando las infinitas posibilidades de los niveles implícitos colapsan al alcanzar un determinado umbral de la conciencia. Cada umbral está en relación con un nivel de información y energía del campo holográfico universal, lo que crea diferentes niveles de conciencia. Una alta conciencia significa una capacidad mayor de las neuronas para producir biofotones. Cuanto mayor sea el nivel de biofotones, mayor coherencia habrá en el estado de sus vibraciones cuánticas y, en consecuencia, mayor será la resonancia personal para acceder a la información del campo, lo que obligará a incrementar las interconexiones de las redes neuronales con el fin de procesarla correctamente. Dicho nivel tiene que ver directamente con la luz de la conciencia o iluminación, un estado mental que mantiene similitudes con la luz del mundo físico, porque comparten un territorio en común: un territorio cuya esencia es la luz (Russell, 2001).

La propuesta del Dr. Hameroff y Penrose sugiere que la consciencia no local es un fenómeno cuántico que proviene de la actividad de los microtúbulos del cerebro. El hecho de que los efectos cuánticos de los microtúbulos se amplifiquen con rapidez hasta alcanzar las neuronas, los grupos neuronales y el conjunto del cerebro, implica la existencia de un proceso holográfico basado en ondas de luz coherente. Este proceso no solo se extiende hacia las ondas cerebrales que derivan de la mente de un individuo, sino fuera de la estructura física del cerebro, hacia la mente colectiva, e incluso hacia el campo planetario y cósmico, gracias a la resonancia cuántica de fase. La hipótesis de los científicos Meijer y Geesink (2017), de la Universidad de Groninga en Holanda, va más allá del modelo de Penrose-Hameroff. Según ellos, la conciencia reside en un campo de energía localizado alrededor del cerebro (campo estructurado holográfico), que parece existir en otras dimensiones. Ese campo de energía tie-

ne forma de toroide, y se comporta de forma similar al horizonte de sucesos de un agujero negro, que es la frontera que separa el mundo interior del exterior. De hecho, según Meijer, la conciencia es la condición límite entre el cerebro y el campo mental. La estructura del toroide, que se encuentra constituida por espirales circunscritas a una esfera, se encuentra en todas las escalas de la física, desde la microescala de los fotones y átomos, hasta la macroescala extrema de los agujeros negros y el universo como un todo. Esa autosimilitud geométrica de los toroides en todos los niveles del universo es la que permite que el campo mental ajuste sus frecuencias a los campos que le rodean a través del acoplamiento anidado toroidal. Gracias al campo estructurado holográfico, nuestra mente puede compartir información instantánea con el cerebro, y con otros cerebros, a través de fenómenos cuánticos, como el entrelazamiento. Pero asimismo se puede vincular con el resto del universo, ya que puede acoplarse a los campos del cosmos, como el gravitacional, el de la energía oscura, el del vacío cuántico o el campo magnético terrestre, y recibir información continua de ellos en forma de ondas para actualizar su sistema, una idea que comparte características con el principio holográfico. Además, el acoplamiento anidado del cerebro con las diversas energías de campos permite guiar la estructura del cerebro con el fin de coordinar sus funciones, así como para alcanzar la sincronía de la red neuronal. Estos científicos también recurren a la naturaleza dual de las partículas subatómicas para explicar la relación de separación y unión que existe entre el cerebro y el campo mental, un planteamiento que ya fue formulado por Michael Talbot. Para Meijer, la conciencia y el cerebro están separados aunque unificados, es decir, la conciencia forma parte del cerebro físico, como si se tratase de una partícula localizada en el espacio y en el tiempo; pero, al mismo tiempo, puede volverse inmaterial, como los fenómenos ondulatorios no locales. Ello significa que la conciencia individual no es exclusiva de una manifestación local del cerebro, sino que surgiría de una conciencia no lineal difundida por todo el universo a escala invariante, lo que estaría emparentado con la autosimilitud del modelo fractal. Esta forma de pensar se vincularía con el concepto de protoconciencia de Penrose-Hameroff, una propiedad intrínseca a la realidad que es accesible por medio de los fenómenos cuánticos asociados a la actividad cerebral de los microtúbulos. También podría relacionarse con el concepto de orden implicado de Bohm, un campo subyacente que mantiene unida la conciencia individual y colectiva con una conciencia más grande mediante fenómenos no locales de entrelazamiento. Y, posiblemente, la denominada “energía oscura” del cerebro, un término que acuñó el neurólogo Raichle (2006) en referencia a la gran cantidad de energía consumida por el cerebro que no se sabe para qué se utiliza, estaría vinculada al campo holográfico que lo rodea. Algunos científicos creen que esa energía la utilizaría el cerebro para

regular la homeostasis o equilibrio interno del organismo con el entorno, y quizá podría estar relacionada con el funcionamiento del inconsciente.

La conciencia es un fenómeno de naturaleza multidimensional, porque se puede extender por todas las dimensiones espaciotemporales, de las cuales solo podemos percibir nuestra realidad tridimensional. Todas las dimensiones del universo se encuentran entrelazadas entre sí, diferenciándose unas de otras por su frecuencia vibratoria, lo que da como resultado los diversos niveles de la realidad, que están vinculados con la conciencia. Cuando la conciencia se localiza en el cerebro se percibe un mundo tridimensional en el que no se evidencia ninguna conexión entre las cosas. Bajo esta perspectiva, la conciencia emerge como un epifenómeno producido por los mecanismos cerebrales y, por ende, es inseparable del cuerpo, no pudiendo sobrevivir sin él. Pero nuestra conciencia también tiene la habilidad de sincronizar con el dominio multidimensional de energía por medio del entrelazamiento cuántico y de operar en concordancia con la información no local del campo holográfico, experiencia que permite percibir la conexión entre todas las cosas. Los patrones de memoria no local de esa experiencia trascendida son imperecederos, es decir, sobreviven al cuerpo, una idea que fue declarada por el Dr. Hameroff en un documental narrado por Morgan Freeman (*Science Channel*, 2014), cuando dijo que la información cuántica de los microtúbulos “simplemente se distribuye y se disipa por el universo”. Si es así, ello explicaría las experiencias cercanas a la muerte, en donde se describen momentos de conciencia no local (o estados expandidos de conciencia).

Lanza (2007), un experto en medicina regenerativa y director científico de Advanced Cell Technology Company, es el creador de una nueva teoría denominada el Biocentrismo, que afirma que la vida y la conciencia son fundamentales para el universo. Lanza cree que la información entrelazada del cerebro, la memoria no local, no se pierde tras la muerte del cuerpo biológico, simplemente se distribuye por las diferentes dimensiones de los campos cósmicos, que están en relación con el multiverso o los múltiples universos que pueden existir simultáneamente. Los físicos teóricos creen que el universo se divide en múltiples universos con diferentes versiones de uno mismo y escenarios que tienen lugar al mismo tiempo. Como todas las posibilidades del multiverso están ocurriendo a la vez, esto quiere decir que la muerte no existe realmente. En un universo el cuerpo biológico puede estar muerto y en otro similar puede estar vivo, absorbiendo los grados de conciencia que emigró a ese universo. Y así recursivamente, como en un fractal.

La perpetuidad de la conciencia tras la muerte del cuerpo está relacionada con la creencia hindú de la reencarnación, que es un sistema de trasmigración del alma por medio

del cual esta acumula conocimientos y experiencias a través de sucesivos vehículos físicos. De acuerdo con esta creencia, la vida terrenal forma parte del ciclo de reencarnaciones (*samsara*), que representa multiplicidad y la dualidad. La conciencia evoluciona en cada nuevo ciclo mediante la ley del karma, que puede entenderse como una serie de leyes universales que hace que todas las acciones pasadas tengan reacciones apropiadas en el futuro, ya sean negativas o positivas. Esto significa que si realizamos acciones negativas y egoístas, tendremos más posibilidades de sufrir dificultades y sufrimiento en el futuro, mientras que si realizamos acciones positivas y altruistas, tendremos más posibilidades de tener una vida feliz y plena. Para trascender el ciclo de reencarnaciones, hay que superar la ignorancia (*avidya*), que surge al confundir la realidad ilusoria de la dualidad por la unidad de la verdadera realidad. Solo así se puede entrar en el estado final del *nirvana*. En este sentido, las leyes universales del karma se ajustan bastante bien al modelo holofractal, puesto que consisten en una cadena de retroalimentaciones de causas y efectos articulada mediante fenómenos no causales de sincronicidad, pudiendo producir resultados muy complejos.

Debido a la ley del karma, la conciencia intrínseca del universo evoluciona hacia niveles de mayor complejidad, esto es, de la materia inorgánica hacia la materia orgánica, hacia los seres vivos, hacia el hombre. Y conforme se desarrolla la conciencia de los humanos, el universo tiende a un mayor conocimiento de sí mismo. A este auto-conocimiento del ser humano lo denominamos autorrealización. Para ello, es necesario que la conciencia individual y colectiva logren compensar el karma negativo (lo que hay que aprender) acumulando karma positivo (lo ya aprendido). Con todo, el propósito de la conciencia sería promover la evolución de la conciencia universal a través del ciclo recursivo de reencarnación. En palabras de Laszlo (2017):

Estamos aquí para hacer evolucionar la conciencia del cosmos haciendo evolucionar nuestra conciencia [...]. Durante las fases encarnadas, cuando la conciencia parece residir en nuestro cuerpo, podemos hacer evolucionar nuestra conciencia promoviendo su capacidad de entrar en los dominios profundos en los que aparecen las intuiciones no locales y las experiencias de unidad y de amor incondicional [...]. Cuando la fase desencarnada finaliza, nuestra conciencia encuentra las condiciones óptimas para la reencarnación en una existencia terrenal. En la nueva fase encarnada, se dan oportunidades para experimentar y para aprender, y para evolucionar a formas más elevadas de conciencia. (pp.284-285)

Laszlo va incluso más allá al decir que la evolución de la conciencia a través de la re-encarnación continúa hasta el final del universo manifiesto. Entonces la conciencia se hace una con la inteligencia del estado fundamental del cosmos.

9.2. El Inconsciente Individual y Colectivo

En el idealismo cuántico, una partícula existe en forma de onda hasta que el acto de observación o medición la hace colapsar. Antes de ser observada o medida la partícula puede considerarse como no local, ya que está en una superposición de estados; y es solo tras la observación que la partícula está localizada, pues se concreta en un estado en particular. El comportamiento de la conciencia es análogo a la naturaleza dual de las partículas subatómicas, es decir, puede comportarse bien como una onda o como una partícula. Cuando la mente de una persona actúa como un instrumento de medición de la información que recibe de la realidad externa, la función de onda de la mente inconsciente colapsa en el estado particular de la mente consciente, comportándose como si fuera una partícula localizada. Entonces, se produce una polarización entre el observador (el sujeto) y lo observado (el objeto), que se manifiesta en el principio de incertidumbre de Heisenberg. Pero cuando la mente de esa persona permanece en un estado de no localidad, se activa la función de onda de la mente inconsciente, por lo que la realidad se percibe desde una superposición de estados. En este estado inconsciente de posibilidad, no hay conciencia de tal polaridad (Goswami, 2018), puesto que el observador forma parte de lo observado.

El psicoanalista Sigmund Freud (1946, como se citó en González Garza, 2005) postuló la existencia de dos sistemas psíquicos opuestos en su obra *Interpretación de los sueños* (1976): el sistema inconsciente y el sistema consciente. Freud sostenía que el sistema inconsciente era el lugar fuera de nuestra conciencia donde se ocultaban nuestros impulsos negativos mediante el proceso de represión. Esa información inconsciente podía transferirse al sistema consciente, y de sus interacciones dinámicas derivaba el proceso de desarrollo del ser humano. El neurólogo y psiquiatra Víktor Frankl (1969, como se citó en Chacón Ortiz, 2015) intentó ampliar el concepto del inconsciente elaborado por Freud. A través del psicoanálisis, Freud pretendía hacer consciente los impulsos reprimidos en el inconsciente, sin embargo, Frankl creía que el inconsciente no solo contenía impulsos, sino también un elemento espiritual que está en relación con la religiosidad. Al encontrarse en el inconsciente, a ese elemento espiritual lo llamó “inconsciente espiritual”. Para Frankl, el inconsciente espiritual está vinculado al sistema inconsciente del individuo, que es visto como el centro existencial que da sentido último a la vida a través de la voluntad, incluso en los momentos más adver-

El ser humano tendría la libertad y la responsabilidad de aceptar o rechazar ese sentido (voluntad de sentido) mediante los valores axiológicos. Cuando es aceptado, la voluntad de sentido es el bastión de una vida plena de significado, lo que permite experimentar la auto-trascendencia, que es el estadio más alto del desarrollo humano. No obstante, si se rechaza, la voluntad de sentido se bloquea, creando un vacío existencial. Con la finalidad de hacer consciente aquello que está reprimido en el inconsciente espiritual, Frankl utiliza el análisis existencial o logoterapia, una especie de psicoterapia centrada en la libertad y la responsabilidad, y que ofrece una serie de instrumentos para ayudar a captar los valores que dan coherencia a la existencia. Las aportaciones de la psicología existencial de Frankl fueron incluidas dentro de la teoría del psicólogo humanista Abraham Maslow, que plantea que el desarrollo humano sigue un orden de niveles jerárquicos cada vez más complejo, en donde una serie de necesidades básicas deben ser satisfechas antes de alcanzar un nivel de autorrealización. Ello enfatiza el potencial de los seres humanos para progresar hacia niveles superiores, haciéndoles descubrir nuevos significados con sentido que van acompañados de una sensación de armonía, integración y unidad. Ambos psicólogos dieron origen a la psicología transpersonal.

La teoría del psicólogo suizo Carl Gustav Jung también enfatiza la existencia de una dimensión espiritual del hombre en el inconsciente. En su opinión, el inconsciente de Freud es un estrato superficial del individuo que descansa sobre otro estrato más profundo que lleva incorporado una carga emocional regida por aspectos del espíritu humano, al que denominó el “inconsciente colectivo”. En general, se puede decir que el inconsciente individual es el inconsciente que deriva de la experiencia personal de un individuo, en tanto que el inconsciente colectivo es el inconsciente compartido por la humanidad entera, cuyo patrón estaría contenido en el inconsciente individual, por tanto, se estima innato y universal. Para acceder a él, Jung ideó una técnica denominada “imaginación activa”, que consiste en suprimir la conciencia crítica para producir un vacío, un estado mental que tiene equivalencias con el “mundo imaginal” del filósofo francés Henry Corbin, que se define como un lugar intermedio entre el mundo inteligible y el mundo sensible, accesible a través de la imaginación y la intuición. En ese lugar intermedio se encuentran los arquetipos que influyen en las experiencias espirituales que nos conectan con lo sagrado. El mundo imaginal también puede ser la fuente de la creatividad.

Pero la parte que más nos interesa de la teoría del inconsciente de Jung es aquella que la identifica con la física cuántica. Utilizando el razonamiento por analogía, Jung planteó la idea de que los eventos acausales que existían en el ámbito subatómico también se manifestaban en el ámbito psíquico, lo que vino a demostrar la existencia de una relación analógica

entre la mente y la materia. En opinión de Jung, la mente inconsciente sería psicoide, esto es, participaría de dos ámbitos, pues es a la vez mental y material. Este estado intermedio aparentemente contradictorio se desarrollaría gracias al fenómeno de la sincronicidad o principio de conexión acausal, un fenómeno que se manifiesta como una analogía o correspondencia significativa entre dos o más sucesos. Con el tiempo, Jung denominaría inconsciente psicoide al arquetipo, que interactúa con el mundo exterior mediante sincronicidades. De alguna forma, el arquetipo compartiría analogías con la doble naturaleza de la luz, la onda y la partícula, porque, según él, está formado tanto de dinamismo como de forma estática, puesto que sufre transformaciones y a la vez persiste a lo largo del tiempo.

Wolfgang Pauli, premio Nobel de física en 1945, mencionó en una ocasión que para comprender completamente la física cuántica sería necesario incluir la psicología, debido sobre todo a la relación que parecía existir entre el entrelazamiento cuántico y el concepto de sincronicidad de Carl Gustav Jung. De este modo, Pauli creía que la sincronicidad permitiría establecer una comunicación entre la psicología y la física, integrando lo subjetivo en la física y lo objetivo en la psicología. Precisamente, el tema principal del diálogo postal que mantuvieron Jung y Pauli giró en torno a la sincronicidad y la causalidad, unos conceptos en los que confluyen planteamientos de la psicología y la física, hasta el punto de que hoy en día existe una clara analogía entre ambas que justifica sus relaciones. Juntos elaboraron un diagrama psicofísico que destacaba las diferencias y similitudes entre la sincronicidad y la causalidad (Peat, 2003). La sincronicidad se refiere a un conjunto de coincidencias entre acontecimientos significativos que no tienen relación causal aparente, mientras que la causalidad se refiere a la relación de causa y efecto entre dos acontecimientos. A la derecha e izquierda del diagrama la sincronicidad y la causalidad están equilibradas, asumiendo una relación con el mundo no local de la física cuántica (energía indestructible) y el mundo local de la física clásica (continuo espaciotemporal). Para Jung, lo mismo que para Pauli, la sincronicidad era la expresión del *unus mundus*, una noción prestada del logos universal del filósofo Heráclito, término que tiene el significado general de medida y proporción. Esta expresión hace referencia al principio unitario de una realidad subyacente, de la cual brota una conexión acausal del dualismo que otorga significado al mundo, de modo similar a la antigua idea teleológica de la naturaleza (o finalismo). Desde la sincronicidad, las fronteras entre la conciencia y la realidad, entre el observador y lo observado, permanecen abiertas, porque surgen de la misma realidad unificada. Esa apertura se concreta en la noción de “entrelazamiento” como mecanismo de unión. El proceso de la mente inconsciente se extiende más allá de un individuo por fenómenos cuánticos de sincronización, de modo que a través del entrelazamiento la mente de un indivi-

duo se conecta al inconsciente colectivo, que está en estrecha relación con la información arquetípica que fundamenta la realidad tangible. La naturaleza cuántica de la mente es la que permite la creatividad, y se refiere al inconsciente colectivo, al campo holográfico que subyace en un nivel fundamental al nivel físico, en una dimensión fuera del espacio-tiempo.

Jung y Pauli establecieron una similitud entre el comportamiento dual de la luz y la relación contradictoria entre la inconsciencia y la conciencia. El paso del inconsciente al consciente es semejante a la transición de los dos dominios. El orden implicado entraría en el dominio de las ondas de luz, de lo continuo y homogéneo, que es la otra cara de la dualidad, a saber, el orden explicado, que manifiesta el dominio de las partículas cuánticas, de lo discontinuo y heterogéneo. Desde este razonamiento, Germinario (2004, como se citó en Meijer, s.f.) ha equiparado la mente inconsciente con el orden implicado y la mente consciente con el orden explicado. Al igual que el orden implicado se oculta bajo el orden explicado, el inconsciente se esconde bajo la conciencia de un individuo. El inconsciente permite conocer los estados superpuestos del orden implicado, y la mente consciente actúa como instrumento de medición que colapsa la onda de probabilidad de la mente inconsciente en un estado particular, con el fin de poder analizarla y darle sentido. La información inconsciente tiene un carácter caótico y desordenado, pero puede trabajar con la información implícita a nivel de los microtúbulos, lo que implica un estado de coherencia que disminuye el colapso de la función de onda del cerebro, permitiendo participar de manera no local con el campo holográfico. Como mantiene Laszlo, la transferencia de esa información cuántica hacia la conciencia requiere entrar en estados alterados de conciencia, que pueden llevarse a cabo voluntariamente a través de tecnologías espirituales pasivas, como la relajación, los ejercicios de diferentes tipos de respiración, la privación sensorial, la contemplación, la concentración, la meditación, la hipnosis, la oración; o tecnologías espirituales activas, como la danza y los cánticos, así como a través de las experiencias estéticas, lógicas y éticas. En tales estados se producen experiencias cumbres que dan paso a puntos críticos (crisis emergentes), seguidos de fenómenos emergentes de auto-organización potencialmente creativos, por los cuales se superan las contradicciones psíquicas (el concepto junguiano de sincronicidad se corresponde con la idea de auto-organización). De esta forma, las ondas cerebrales de los hemisferios derecho e izquierdo se sincronizan, hasta alcanzar un estado de coherencia denominado “sincronización hemisférica”. Y la sincronización hemisférica supone un estado cuántico de entrelazamiento a nivel cognitivo que proporciona el acceso a los procesos informacionales no locales que trascienden el espacio-tiempo. Este hecho origina percepciones intuitivas, momentos de una conciencia más global, que pueden definirse como el punto de unión entre el inconsciente y el

consciente, el mundo cuántico y el clásico, el orden implícito y explícito, pues parecen transitar del desorden aparente al orden. La conciencia como un todo surgiría en aquellos puntos fronterizos donde se establece la transición entre un mundo y otro, justo como pensaba Pauli al constatar que en la conciencia tenía lugar la síntesis del pensamiento místico/irracional y analítico/racional (Pauli, 1994, p. 153). Resulta de la condición fronteriza entre la dimensión cuántica de los estados alterados de conciencia y la dimensión clásica de los estados ordinarios. El tránsito de una dimensión a otra es también el tránsito por el cual la naturaleza se auto-organiza fractalmente. Precisamente, la evolución de los sistemas complejos está regida por dicho tránsito, lo que les hace mostrar un equilibrio armónico entre las propiedades del mundo cuántico y el clásico. Por tanto, mente y materia están íntimamente relacionados y forman una unidad.

9.3. Los Hemisferios Cerebrales

En el siglo XX, el neurocientífico y psiquiatra norteamericano Paul McLean (como se citó en Robertson, 2002) descubrió que el cerebro de los mamíferos superiores era producto de las sucesivas evoluciones de las especies. A modo de una jerarquía de cerebros contenidos en otros, el cerebro humano está integrado por tres estructuras anatómicas interconectadas, dado que lleva en sí la herencia de un cerebro reptil o reptiliano, de un cerebro mamífero o límbico y de un cerebro primate o neocórtex (Figura 94). Por MacLean sabemos que en el cerebro reptiliano, que se corresponde con el tallo encefálico, el cerebelo y la parte más central del cerebro, se encuentra el complejo neural más primitivo que los humanos comparten con los reptiles. Es responsable de las funciones vitales del cuerpo, como la respiración y el ritmo cardíaco, de la saciedad del hambre y de los deseos sexuales o de la defensa del territorio. También es el encargado del sistema de reacción de lucha y huida, que juega un papel imprescindible para la supervivencia. Rodeando esta capa se sitúa el cerebro mamífero o sistema límbico, que es el centro de las emociones, tanto positivas como negativas. Incluye básicamente el hipotálamo, el tálamo y la amígdala cerebral. La amígdala permite interpretar los estados emocionales de otras personas, y se ha observado recientemente que el hombre tiene su amígdala derecha funcionalmente más conectada con el resto del cerebro que la mujer, y que la mujer tiene su amígdala izquierda más conectada con el resto del cerebro que el hombre (Cahill et al., 2004). El cerebro mamífero o emocional está en constante interacción con el cerebro primate o neocórtex, que se ha desarrollado por encima de este en el *Homo Sapiens*, y que compartimos con los chimpancés. La región del neocórtex más reciente en términos evolutivos es la corteza prefrontal, que es el responsable de los procesos cognitivos

complejos. A través de ella, el cerebro emocional conecta con el neocórtex, siendo crucial para moderar las reacciones emocionales desde el control racional, particularmente la parte medial de la corteza situada entre ambos hemisferios. Los tres estratos del cerebro parecen corresponderse con la división tripartita de Aristóteles con relación al alma humana (la parte concupiscible, irascible y racional), y se adaptan bastante bien a los sistemas de la psique conocidos como inconsciente, subconsciente y consciente, a los que Freud denominó el ello, el yo y el superyó. Entre ellos no hay líneas divisorias netas, sino un continuo con umbrales críticos. Esos umbrales cierran el acceso al inconsciente, a la vez que facilitan el intercambio entre este y la conciencia, un aspecto indispensable para alcanzar la autorrealización psicológica.

Además del aparato neurocerebral triúnico, cuyas instancias mantienen una relación entre las pulsiones, los estados afectivos y el sistema cognitivo, el cerebro es biúnico, en el sentido de que el neocórtex está dividido en dos hemisferios cerebrales, cuyas conexiones se entrecruzan para coordinar la mayoría de las funciones del cuerpo (el movimiento, la percepción del dolor...), de manera que el hemisferio izquierdo coordina la mitad derecha del cuerpo y viceversa (Figura 95). Aparte de las funciones corporales, cada uno de los hemisferios controla los nervios del ojo contrario. Por lo general, el uso de un ojo sobre otro está relacionado con la lateralidad visual, que, en función del hemisferio cerebral dominante, puede ser diestra o zurda. Aunque existen excepciones, lo normal es que en las personas con lateralidad diestra el ojo derecho sea el ojo dominante, aquel que tiene mayor agudeza visual. Por esta razón, cuando enfocamos de lejos, se suele utilizar el ojo dominante, y cuando enfocamos de cerca, se suele usar el ojo no dominante o periférico. Sin embargo, algunas personas tienen la capacidad de usar ambos ojos de manera equilibrada al realizar tareas visuales. Y lo mismo puede decirse del oído derecho e izquierdo, que también tienen distintas capacidades auditivas. A grandes rasgos, el oído derecho está más especializado en escuchar los sonidos del habla, en tanto que el izquierdo en escuchar los sonidos de la música. No obstante, conviene aclarar que la visión y la audición son funciones complejas que envían información de manera simultánea tanto al hemisferio del mismo lado como al opuesto.

Los procesos intelectuales superiores también se llevan a cabo en los hemisferios cerebrales, que parecen tener un carácter contradictorio a la hora de procesar la información. El resultado de esta confrontación ha llevado a creer que nuestro cerebro tiene dos mentes separadas, pero de la misma forma, interconectadas. Esta teoría fue anticipada por el psiquiatra inglés Arthur Wigan, y ha quedado sobradamente confirmada por la neurociencia del siglo XX gracias a las investigaciones sobre personas callosotomizadas del neurocirujano Roger

Wolcott Sperry (Sperry, Gazzaniga & Bogen, 1969), cuyos datos llevaron a la concepción del aparato neurocerebral triúnico. Según los que han investigado o investigan esta cuestión, cada hemisferio opera con la misma información, pero dicha información es interpretada de dos formas muy distintas. En las personas diestras, el hemisferio derecho del cerebro procesa la información de manera simultánea y sintética, lo que el neurocientífico norteamericano Eugene d'Aquili (1975, como se citó en Rubia, 2009) llama operador "holístico" o el psicólogo Guilford pensamiento "divergente", y es responsable del pensamiento intuitivo, no lineal y analógico; en tanto que el hemisferio izquierdo procesa la información secuencial y analíticamente (operador "binario" o pensamiento convergente), y domina en las funciones del pensamiento racional, lineal y lógico, que disgregan la unidad de todo lo existente en pares de opuestos. Esto es así porque el hemisferio derecho encuentra soluciones a los problemas a partir de largos recorridos neuronales con patrones complejos que derivan en la autosimilitud, mientras que el hemisferio izquierdo va de un punto a otro en la solución de un problema. Esa habilidad para crear patrones autosimilares permite la inclusión de analogías, recursos que dejan percibir las infinitas posibilidades existentes entre el sujeto y el objeto, lo que desemboca en la difusión de su línea divisoria. Siguiendo una analogía computacional, algunos autores, como Jill Taylor (2009, como se citó en Braidot, 2011), han expresado que el hemisferio derecho funcionaría como un procesador en paralelo, aquel que procesa simultáneamente la información, y el izquierdo como un procesador en serie, aquel otro que la procesa secuencialmente. Por esta misma razón, el hemisferio derecho nos conecta con la dimensión implícita y cualitativa de las cosas, todo lo contrario al hemisferio izquierdo, que se vincula con la dimensión explícita y cuantitativa, aquello que pone el énfasis en la comprobación empírica. Esta dualidad puede ser aplicada como una analogía para entender la relación entre los hemisferios cerebrales y la naturaleza dual onda/partícula del mundo subatómico.

Los dos hemisferios mantienen una posición de igualdad, es decir, están al mismo nivel; sin embargo, según los recientes estudios de Gereon Fink, de la Universidad de Dusseldorf en Alemania, y John Marshall, de la Universidad de Radcliffe en Oxford, el hemisferio derecho se dirige hacia el todo, porque procesa desde la imagen completa hasta los detalles; en tanto que el izquierdo tiende hacia la parte, ya que procesa desde los detalles hasta la imagen entera (Fink et al., 1996). Puesto que el hemisferio derecho parece centrarse en el todo más que en las partes, el historiador de arte Michael Stephan (como se citó en Edwards, 2006) ha concluido que la experiencia estética se origina en él, como una respuesta a la armonía existente entre las partes y el todo. No en vano, gran parte de los juicios estéticos parecen situarse en un posición intermedia entre los juicios que son de carácter subjetivo, como

aquellos que implican los gustos personales de los individuos, y los juicios que tienen una base universal común a cada uno de ellos. Esta posición intermedia entre los juicios subjetivo y objetivos se referiría al papel del hemisferio derecho en la experiencia estética.

Durante tiempo, se ha pensado en el mito de que la mayor parte de las personas cuentan con una dominancia específica que determina dos tipologías de personalidad contrapuestas: la de las personas esencialmente afectivas e imaginativas por un lado, y la de las personas racionales y lógicas por otro. Y se ha creído también que las personas afectivas se veían atraídas hacia actividades creativas, como el arte, en tanto que aquellas otras más racionales lo hacían hacia la ciencia y la tecnología. Pero investigaciones posteriores pudieron determinar que esa dominancia no es tan rígida como se pensaba, pues ambas partes suelen repartirse sus funciones para desempeñar tareas complejas, aunque no en el mismo porcentaje. Recientemente, un estudio realizado por los científicos Karolis, Corbetta y De Schotten (2019) ha determinado que cuanto más dominante es un hemisferio, menos conexiones existen con el otro hemisferio, indicando menor eficiencia en sus funciones. Ello quiere decir que las funciones de ambos hemisferios son más eficientes cuando trabajan juntos. A la hora de optimizar la producción creativa, los dos deben cooperar entre sí para formar una unidad funcional. Esto es, el proceso creativo necesita tanto del pensamiento divergente en la resolución de un problema a través del hemisferio derecho, como el pensamiento convergente a la hora de evaluar y poner en práctica las ideas intuitivas, lo cual requiere el trabajo del hemisferio izquierdo. La profesora de neurociencia de la University Southern California en los EE.UU., Lisa Aziz-Zadeh, se refiere a este supuesto cuando dice que el procesamiento creativo necesita de ambos hemisferios (Aziz-Zadeh, Liew & Dandekar, 2013).

En cualquier importante actividad creadora debe estar presente el diálogo continuo del aparato triúnico y los dos hemisferios cerebrales, lo cual nos remite a la dialógica de la filosofía moriana. Y quien hace posible la comunicación constante es el cuerpo caloso (Figura 96), una estructura central de un millón de fibras nerviosas que son prolongaciones de las neuronas, y que forman parte de la sustancia blanca localizada en la zona interna del cerebro, aunque los estudios desarrollados por el estadounidense Richard Haier et al. (2005, como se citó en Braidot, 2011) sugieren que el cuerpo caloso de las mujeres tiene más sustancia blanca que el de los hombres, que tiene más sustancia gris. En cualquiera de los casos, las fibras nerviosas del cuerpo caloso conectan regiones similares o análogas de la corteza cerebral de ambos hemisferio para transmitir información de unas regiones a otras. Al actuar como puente anatómico intermediario, en él radica la coordinación e integración de los dos hemisferios, que se logra a través de la coherencia hemisférica, un estado de sincronización de la parte

izquierda y derecha del cerebro que permite las condiciones favorables para la síntesis creadora. De hecho, se estima que el cuerpo caloso es la banda ancha que proporciona la conectividad entre los diferentes niveles fractales del cerebro. En este sentido, el cuerpo caloso es una estructura importante para el pensamiento complejo, cuya capacidad consiste en permitir las conexiones de las parejas contrarias de cada hemisferio en todos sus niveles. Todas las actividades que involucran estas conexiones contrarias intervienen en el desarrollo del cuerpo caloso. Precisamente, un cuerpo caloso más grande de lo normal es la posible causa de la alta conexión entre los hemisferios cerebrales que le permitió a Einstein resolver problemas y realizar operaciones complejas (Men et al., 2014).

El sociólogo brasileño De Gregori (s.f.) se basó en los estudios de la física cuántica sobre los quarks, que al reunirse en grupos de tres conforman los protones y neutrones, en la cibernética y en la teoría de los sistemas complejos, así como en las investigaciones sobre el cerebro triúnico y los descubrimientos de la funcionalidad hemisférica, para estructurar una dialéctica sistémica, un enfoque transdisciplinar que concibe una ley del tres o “principio triádico” que se repite y complejiza por todo el universo. Por esta razón, el principio triádico se puede aplicar a todos los campos de la realidad, especialmente en las ciencias humanas y sociales. Con la intención de relacionar las propiedades de los sistemas complejos a las ciencias humanas y sociales, De Gregori propone un nuevo paradigma que se fundamenta en la teoría tricerebral y trigrupal, y que encuentra su aplicación práctica en la teoría “cibernética social proporcionalista”, una dinámica que retoma los conceptos del cerebro triúnico y del juego triádico de poder de Jacobo Moreno, donde se evidencian tres subgrupos sociales: el oficial, el antioficial y el oscilante o intermedio. Para la teoría tricerebral de De Gregori, la aplicación de la ley del tres del universo se resume en el cerebro humano, que considera como un sistema fractal, recursivo y dialógico que funciona como un todo integrado, ya que está formado de partes interdependientes y complementarias cuya acción conjunta puede causar una totalidad mayor a la suma de sus partes. A su juicio, la estructura vertical de nuestro cerebro se divide en tres estratos con características diferentes pero enlazadas: el neocórtex, el sistema límbico y el cerebro reptiliano, que se corresponden respectivamente con la estructura lateral del cerebro: el cerebro izquierdo, el cerebro derecho y el cerebro central. En estos tres cerebros están presentes tres funciones mentales básicas, que conforman el “capital mental triádico”, a saber, las funciones lógico-analíticas (la parte racional, lógica, analítica, lineal, científica, etc. del cerebro), las funciones intuitivo-sintéticas (el lado emocional, intuitivo, sintético, no lineal, artístico, espiritual, etc.) y las motoras-operativas (la parte del cerebro donde se desarrollan los procesos operativos o prácticos). La mente es el conjunto de los tres

procesos mentales del cerebro triádico, el pensamiento, el sentimiento y la actuación, de los cuales uno puede ser dominante u oficial, otro subordinante o antioficial y otro un tercero articulador, intermediario u oscilante, dependiendo de los requerimientos intencionales del sujeto (por ejemplo, la actividad que esté realizando) o del entorno (cada cultura puede influir en el desarrollo tricerebral de las personas), lo que hace de cada individuo un ser diferente. Para que estos tres procesos estén equilibrados, es decir, para que se integren en un conjunto armónico, es necesario que existan diferencias proporcionales, sin importar la función dominante del cerebro de cada persona. De Gregori piensa que la ley de proporcionalidad o justa medida de la proporción áurea y la sucesión de Fibonacci expresarían esta proporcionalidad cerebral triádica. Según él, por el cerebro derecho la proporcionalidad es lo bello, lo armónico, lo agradable, como la belleza de una obra de arte o de la naturaleza. Por el cerebro izquierdo la proporcionalidad es la ley matemática de la media y extrema razón (la proporción áurea). Y por el cerebro central es un orden justo en la composición de las partes de un todo y en el reparto de las funciones tricerebrales del grupo. Cuando los tres procesos mentales de un individuo están integrados como resultado de la proporcionalidad, se forma un “ciclo cibernético de transformación” que gira en forma de espiral, trayendo consigo una mayor capacidad de aprendizaje y creatividad. Ello permite establecer un equilibrio que mejora la actuación del ser humano en la sociedad. Y si los cerebros individuales y grupales guardan la proporcionalidad tricerebral, reina la proporcionalidad de los tres subgrupos sociales o trigrupal: el oficial, el antioficial, que se muestran como polos opuestos, y el oscilante, que oscila entre el oficial y el antioficial.

Usando el modelo de la física cuántica, Martin, Carminati y Carminati (2010) ven el inconsciente, el subconsciente y la conciencia como conjuntos de bits cuánticos (cúbits) que se entrelazan para establecer relaciones. Los sistemas neurocerebrales triúnico y biúnico son aparatos de procesamiento y transmisión de información en forma de cúbits y de bits, lo que permite que entre los dos sistemas haya complementariedad en sus relaciones y oposición en la falta de relaciones, comprometiendo el potencial creador. Esa distribución del cerebro pone de manifiesto los principios monocotómicos, dicotómicos y tricotómicos de la realidad, que están gobernados por los arquetipos de la unidad, dualidad y ternario de las ideas creadoras. El principio dicotómico separa la estructura y función de los dos hemisferios, pero esta lateralidad no es tan rígida como se piensa, porque el cerebro actúa también conforme a un principio monocotómico, por el cual cada parte está en el todo y el todo en cada parte, como los hologramas. Con el principio monocotómico se adquiere un nivel global de creatividad, a través del cual las ideas interaccionan con otros ámbitos del saber; y con el principio dicotó-

mico un nivel local, por el que las ideas se producen en el ámbito de un área en concreto. Para el investigador en neurociencias Nitamo Federico Montecucco (1997, como se citó en Laszlo, 2017), el modelo dicotómico del paradigma newtoniano es el resultado de “una comunicación neurocognitiva dividida entre áreas del cerebro, de una interacción fragmentada y disfuncional entre el cerebro instintivo reptiliano, el cerebro emocional mamífero y el cerebro mental humano, y de una división entre los hemisferios racional e intuitivo del cerebro” (p.183). El ideal cerebral consistiría en equilibrar los dos hemisferios cerebrales del neocórtex con el cerebro emocional y el reptiliano armonizando los dos principios, acorde a un principio tricotómico. El nuevo paradigma holístico forma parte de este ideal metafísico de la mente humana, como principio armónico y equilibrado de la ciencia unificada.

Si bien el cerebro de los hombres y las mujeres son semejantes, los mapas de circuitos neuronales constatan que, en promedio, existen diferencias con respecto a la comunicación cerebral. Según un estudio realizado por los científicos estadounidenses (Ingalhalikar et al., 2014), el cerebro masculino tiene mayor lateralidad, es decir, utiliza más conexiones entre las regiones frontales y posteriores de cada hemisferio, como si cada uno estuviese más especializado. Por su parte, el cerebro femenino tiene mayor bilateralidad, ya que tiene más conexiones entre los dos hemisferios. La cantidad y forma de las conexiones neuronales del cerebro de ambos tienen mucho que ver en estas diferencias. En el hombre, las conexiones entre hemisferios son menores y más cortas, por lo que tiene una visión más focalizada, esto es, en tareas complejas utiliza el hemisferio adecuado. Sin embargo, en la mujer, las conexiones neuronales son numerosas y más largas, por esta razón, integran con mayor facilidad el hemisferio derecho con el izquierdo y tienen una visión más global. Estas diferencias entre conexiones cortas y largas radican en la distribución de las sustancias que presentan ambos hemisferios. El hemisferio derecho tiene más materia blanca y el izquierdo más materia gris. Las células nerviosas forman la materia gris, mientras que la materia blanca está compuesta por fibras nerviosas mielinizadas, que son las que recubren los axones. Aunque los estudios realizados en todos los mamíferos han determinado que la proporción entre sustancia blanca y gris es casi la misma, la distribución varía según el género: el cerebro de los hombres tiene mayor cantidad de materia gris, mientras que el de las mujeres tiene mayor cantidad de materia blanca. Existen además algunas investigaciones que indican que las diferencias en la actividad cerebral se deben al tamaño del cuerpo calloso, que es comparativamente más grande en mujeres que en hombre, debido a que en ellas los haces de tejidos conjuntivos del cuerpo calloso son más abundantes. Estas diferencias también dependen de la orientación sexual de cada persona. Estudios recientes realizados por el neurocientífico británico Simon LeVay

(como se citó en Alonso, 2011) y la neurocientífica canadiense Witelson et al. (2008) revelaron que el cuerpo calloso era más grande en los hombres homosexuales que en los heterosexuales, salvo inversión hemisférica, lo que sugiere que los hombres homosexuales diestros tienden a hacer uso de ambos hemisferios por tener una asimetría funcional menos marcada. Añadido a todo esto, los científicos Savic y Lindström (2008) concluyeron en un estudio que los dos hemisferios cerebrales eran más simétricos en gays y mujeres heterosexuales, mientras que el hemisferio derecho era ligeramente mayor que el izquierdo en lesbianas y hombres heterosexuales. E igualmente, las conexiones neuronales que establece la amígdala con el resto del cerebro son similares en gays y mujeres heterosexuales, por un lado, y en lesbianas y hombres heterosexuales por otro.

En relación con la actividad neuronal que provocan los estímulos estéticos, existe un estudio coordinado por parte de los investigadores españoles Camilo José Cela-Conde, de la Universidad de las Islas Baleares, y Francisco Ayala (como se citó en Valero, 2009), de la Universidad de California en Irvine, en Estados Unidos, que confirma que los hombres y las mujeres no perciben de la misma forma la belleza. Normalmente, se ha venido asociando la sensibilidad intuitiva y estética con el hemisferio derecho, pero este estudio revela que mientras que los hombres solo utilizan el hemisferio derecho para percibir la belleza, las mujeres utilizan ambos hemisferios cerebrales. Esto puede ser debido a que las reacciones emocionales de los hombres se encuentran en el hemisferio derecho, y las de las mujeres entre ambos hemisferios, ya que las mujeres tienen mayor bilateralidad que los hombres.

La bilateralidad de nuestro cerebro está regida por el principio monocotómico y la lateralidad por el principio dicotómico, que usa un lenguaje similar al lenguaje binario de la computación clásica. Mas el proceso creativo supone un principio tricotómico a través de unos sistemas intermediarios que permitan el equilibrio dinámico del sistema cerebral, como son el sistema límbico, cuyas dos mitades están unidas por la comisura del hipocampo, y el cuerpo calloso, que une los dos hemisferios cerebrales. Una de las características de esta intermediación es la autorrealización psicológica, un estado mental que representa el flujo de todas las instancias duales de la psique, y que armoniza la personalidad a través de la enantiodromía, un término utilizado en la filosofía de Heráclito para describir el proceso por el cual una cosa se transforma en su opuesto. Jung se refería a este estado de armonía al manifestar que la salud psicológica consistía en mantener un equilibrio dinámico entre todos los elementos opuestos de psiquismo. Particularmente importante para él era la armonización entre el sentimiento y el pensamiento, entre la intuición y la sensación, como así también el equilibrio entre las características ideales de introversión (vueltas hacia adentro) y las de ex-

troversión (vueltas hacia afuera), entre la sombra y la persona, o entre la parte inconsciente y consciente de la psique. Estas polaridades psíquicas debían conservar su oposición dentro de un sistema coherente gracias a la actividad del yo profundo (self), que constituía el centro de la creatividad y la integración del individuo. La integración se realizaba adoptando una perspectiva holística, con la ayuda de una imagen arquetípica o símbolo unificador que enlazaba al individuo con el inconsciente colectivo. El trabajo de integración, o proceso de individuación, era una parte esencial de la autorrealización. En la psicología junguiana, las tendencias negativas están representadas por la sombra, los aspectos destructivos de nuestra personalidad que se encuentran reprimidos en el inconsciente, como la ira, el miedo o la envidia, y que tienden a ser proyectados hacia el exterior. La persona que conseguía reconocer y aceptar su sombra, evitando tanto la liberación como el rechazo, y asumir la ausencia de represión de la sombra de los rasgos contrastantes entre el anima/animus, la sombra femenina o masculina inconsciente de un hombre o una mujer, adquiriría una integración armoniosa que lo convertía en un ser completo. Siendo así, la persona podía alcanzar las experiencias cumbres de la autorrealización o self. Dichas experiencias solían ir acompañadas de interesantes sincronicidades, como las coincidencias significativas, que son fenómenos de entrelazamiento que permiten el surgimiento de nuevas propiedades emergentes involucradas en el equilibrio armónico de la psique. De ahí que el self se manifestara en la imagen simbólica del mandala, una forma simétrica que representa el arquetipo por excelencia de la armonía y la unidad de los opuestos.

La psicósíntesis del psicólogo italiano Assagioli es una técnica terapéutica similar al objetivo del proceso de individuación de integrar los opuestos de la psique. Plantea que en el inconsciente existen dos instancias: el subconsciente, que conecta con el inconsciente individual planteado por Jung, y el supraconsciente, una instancia que conduce a las tendencias constructivas de los diversos niveles mentales, hasta alcanzar la síntesis total de polaridades del self y, consecuentemente, la potencialidad creativa. En medio de esas dos instancias estaría el campo de consciencia, que relaciona con la voluntad, y rodeándolas se encontraría el inconsciente colectivo. La terapia Gestalt es otro método terapéutico que consiste en una idea semejante, pues considera que el individuo y su entorno se deben percibir como un todo. Desde la perspectiva de la terapia Gestalt, el punto de equilibrio entre las polaridades está dentro del concepto de punto cero o indiferencia creativa de Friedlaender (como se citó en Madrona y Hearn, 2012), que es el punto medio que integra todos los niveles polares de la personalidad para que esta pueda adaptarse a su entorno de forma creativa y logre alcanzar una mayor plenitud psíquica. Otro enfoque terapéutico relacionado con la terapia de la Ges-

talt es la terapia dialéctica conductual de la Dra. Marsha Linehan, la cual se centra en ayudar a las personas a alcanzar un equilibrio entre la mente emocional y la mente racional a través de la denominada “mente sabia”, que es un estado de la mente que se encuentra en un punto intermedio entre la intuición y la razón, y que permite que se desarrolle un sentimiento coherente de unidad interna.

El psicólogo húngaro-americano Csikszentmihalyi (2005), de la Universidad de Chicago, señala que las personas muy creativas tienen muchos rasgos en común con lo que Jung consideraba un hombre individualizado que ha logrado en sí la realización personal o la *coiunctio oppositorum*, en referencia a la hierosgamia, o matrimonio sagrado, del Sol y la Luna que la alquimia muestra en la figura del andrógino. En concreto, la capacidad de integrar el animus y el anima consiste en una predisposición hacia la androginia psicológica, que, según dice Csikszentmihalyi, no debe confundirse con la homosexualidad, sino que es una característica de las personas altamente creativas para ser a la vez agresivas y sensibles, competitivas y colaboradoras, dominantes y sumisas; sin importar el género masculino o femenino de esas personas, razón esta que trasciende las categorías establecidas por la sociedad. Por tanto, ser altamente creativo es una relación de simetría entre aspectos contrarios de la personalidad que sigue las leyes sistémicas de la proporción. Esto equivale, a nuestro modo de ver, a una armonía entre ambos hemisferios. La experiencia de flujo sería otro nombre para este estado de integración cerebral. Una experiencia de flujo da como resultado una personalidad compleja, lo que significa ser capaz de encontrar un equilibrio entre la diferenciación y la integración. Dicho equilibrio conduce al crecimiento interno, que tiene que ver con el sentimiento de plenitud psíquica o autorrealización. De alguna manera, una experiencia de flujo está relacionada con la “fluidez fractal” que definió Richard Taylor (Taylor & Spehar, 2016), aquel efecto universal que se produce cuando nuestros ojos procesan con facilidad un paisaje fractal de la naturaleza.

De acuerdo a la hipótesis manejada, los seres humanos reflejan los órdenes del cosmos en su capacidad de procesar sus señales, porque los niveles del cerebro, sus operadores cognitivos, están bien adaptados para conocer los niveles de la realidad. Dicho de otra manera, el concepto físico de orden implicado-explicado se refleja en el ámbito mental del ser humano, ya que existe una relación de autosemejanza (isomórfica) entre los niveles de cognición y los de la realidad, una relación que fue interpretada por la filosofía oriental como “lo que está abajo es como lo que está arriba, y lo que está arriba es como lo que está abajo”. En este aspecto, la teoría hemisférica se convierte en una metafísica, una forma de idealismo científico. Con relación al orden explícito de la realidad, el ser humano tiene la capacidad de

procesar sus señales y comprender sus principios mediante el uso del pensamiento racional del hemisferio izquierdo, porque hay relaciones autosemejantes, resonantes o analógicas entre el razonamiento, donde las ideas se estabilizan en la organización lógico-matemática y la categorización de la información explícita del mundo. De ese tipo de ordenamiento nace el pensamiento racional, que tiende a categorizar o cosificar el mundo que le rodea, dividiendo la realidad en fragmentos aislados. Estas relaciones de autosemejanza son descritas a continuación por Nadeau y Kafatos (1999):

Los estudios indican que las operaciones lógicas y matemáticas resultan de la interiorización de las operaciones ejecutadas originalmente con los cuerpos sólidos. Las operaciones lógicas y matemáticas que normalmente interiorizamos a través de nuestro trato con los objetos sólidos visibles tratan estos objetos como unidades categóricamente discretas con identidades separadas en el espacio y el tiempo. (p.97)

En cuanto al orden implícito, el ser humano es capaz del procesamiento de sus señales y de entender sus principios mediante el uso del sentimiento intuitivo de unidad del hemisferio derecho, que está ligado por resonancia a la unicidad del campo holográfico, pues este funciona como un procesador holográfico de información, como demuestran los trabajos de Karl Pribram y los estudios de otros investigadores, como Itzak Bentov (1988, como se citó en McDonnell, 1983), quien describe el hemisferio derecho como el receptor primario de la entrada holográfica. En la intuición se combinan las ideas al azar bajo un discurso analógico que es contrastado con lo analítico más que con lo sintético, con lo concreto más que con lo abstracto, con lo individual más que con lo general. Es una facultad holística que percibe directamente la íntima conexión entre las cosas, sus correspondencias, en suma, la unidad de los contrarios. Esto es así porque el hemisferio derecho promueve la complementariedad para que el cerebro funcione como una unidad, lo que permite formar un sistema de orden superior que integra el sentimiento con el pensamiento, la intuición con la razón. Mediante esa integración emoción-intelecto, se puede captar de manera implícita la unidad inherente a todo lo que existe, donde todas las partes se relacionan con un mismo fin.

9.3.1. La Comunicación Analógica y Lógica. Nuestro cerebro se comporta como un sistema complejo, porque no solo sigue un enfoque lineal y formal, sino también no lineal y dialéctico. Tal dualidad determina una relación entre el cerebro y la lingüística que permite distinguir dos sentidos en el lenguaje humano: uno lógico, vinculado con el principio formalizador del razonamiento, y otro analógico, relacionado con las emociones y la intuición. El lenguaje lógico establece una serie de reglas lógicas que son útiles para transmitir informa-

ción de forma concreta y verificable, mientras que el lenguaje analógico se basa en una similitud entre dos cosas, transmitiendo información más abstracta y creativa. Esta doble articulación del lenguaje se asemeja al lenguaje genético, ya que el nivel implicado y explicado del genotipo y el fenotipo mantienen relaciones de semejanza con las dos funciones del lenguaje. El fenotipo indica el nivel fenoménico del lenguaje lógico. Sin embargo, las cualidades fenoménicas del lenguaje lógico del fenotipo surgen gracias a los procesos emergentes del lenguaje analógico del genotipo. Los dos tipos de lenguaje se excluyen, pero pueden compartir un espacio común en sus interacciones. Para resolver problemas complejos que requieran de creatividad, es necesario recurrir a ambos, pues, a decir del psicólogo Rodríguez Pascual (2005, p.33), la creatividad se concibe como el enfrentamiento entre la libertad analógica y las restricciones lógicas.

A cada hemisferio le corresponde un tipo de lenguaje. El hemisferio derecho es más propenso a funcionar sobre la base del lenguaje analógico, en tanto que el lenguaje lógico es más propio del hemisferio izquierdo. El lenguaje de las emociones confiere flexibilidad y abre las posibilidades de la invención, la imaginación y la creación, pues permite la similitud y la metáfora. De esta forma se pueden buscar afinidades entre dos objetos diferentes como comprensión de sus múltiples dimensiones. Por el contrario, el lenguaje del razonamiento es un lenguaje formalizado indispensable para el desarrollo de la lógica y el conocimiento científico, pero no puede captar las relaciones afines de los niveles de realidad que el lenguaje analógico sí puede. Si la comunicación lógica opera analizando, dividiendo, seleccionando, clasificando, excluyendo y delimitando la realidad, la comunicación analógica lo hace sintetizando, asociando, relacionando, incluyendo, en suma, aportando sentido acausal, expresivo. De ahí que el lenguaje analógico converja hacia la unidad, y, por el contrario, el lenguaje lógico se dirija hacia la dualidad.

Debido a los vínculos entre lenguaje y mente le es posible al lenguaje actuar sobre la organización del cerebro, porque puede crear conexiones neuronales específicas. Ello permite que el lenguaje nos condicione a la hora conocer todas las posibilidades de la mente y, por consiguiente, del mundo. El conocimiento se organiza a través de la naturaleza del lenguaje, que cuando se racionaliza en extremo constituyen las categorías lógicas. Toda separación y fragmentación entre los dos términos es resultado de una categorización de la lógica. Este hecho impone una demarcación entre los opuestos que ignora el pensamiento analógico del mundo. Asimismo, el lenguaje es un factor epigenético que puede influir en la desactivación o activación de los genes del ADN, ya que, como descubrió el Dr. Jeff Delrow (como se citó

en Murphy, 2012), los pares de bases comparten estructuras fractales similares al lenguaje humano, lo que permite establecer un intercambio de información con su estructura, cerrándonos y abriéndonos a sus posibilidades. Desde hace tiempo, el biofísico y biólogo molecular Peter Gariaev, de la Academia rusa de Ciencias Naturales y de la Academia de las Ciencias Médicas, ha reconocido la misma idea (Gariaev et al., 2001). Dado que las reglas gramaticales del lenguaje humano parecen surgir de la propia estructura del ADN, existe un vínculo entre nuestra conciencia y nuestros genes. Epigenéticamente hablando, parece ser que el lenguaje lógico interfiere en la interacción gen-entorno, porque exige dividir la realidad en dos categorías lógicas. Ello impide que podamos alterar la expresión de nuestros genes. Sin embargo, el lenguaje analógico posibilita esa interacción y, por tanto, puede atraer la información coherente del campo holográfico para incorporarla a los genes corporales.

La dualidad onda/partícula de la física cuántica puede ser vista como un reflejo de la doble naturaleza derivada del lenguaje, que implica dos formas básicas de comunicación. Estas maneras de comunicarse se relacionan con los mecanismos duales en el modo de pensar de los hemisferios cerebrales: el pensamiento intuitivo y el pensamiento racional. El pensamiento racional se puede relacionar con la partícula, puesto que está localizado y diferenciado, debido a lo cual tiende a fragmentar las cosas usando conceptos contrarios mediante la creación de categorías. Este pensamiento fragmentado se va volviendo más indiferenciado conforme penetramos en la percepción intuitiva de las cosas, que nos brinda la habilidad de crear analogías para relacionarlas o conectarlas, como hace la onda. Un tipo de pensamiento y otro se interrelacionan de forma compleja. La persona creativa es capaz de usar esas dos modalidades de pensamiento para llevar a cabo tareas complejas. No obstante, hay quienes se decantan hacia los pensamientos extremos (lateralizados), pero también hay quien busca intermediaciones. Desde la intermediación, no hay diferenciación entre los opuestos, pues los límites se entremezclan en una superposición de estados.

En todas las sociedades humanas, incluidas las comunidades primitivas, el pensamiento intuitivo ha estado unido al desarrollo de las estructuras del pensamiento racional, junto con la aparición de las artes y oficios, pero este tipo de pensamiento no empezó a desarrollarse verdaderamente hasta el despunte de la lógica formal. Esto quiere decir que es un tópico pensar que la evolución del pensamiento racional haya seguido únicamente un proceso lineal que va desde la intuición a la razón, del dominio de la espiritualidad al dominio de la ciencia. Por el contrario, ha ido también a la par con el desarrollo del pensamiento intuitivo, porque la estructura de la psique humana incluye a ambos en sus retroalimentaciones, independientemente de la época y del lugar. Luego, el pensar racional e intuitivo evolucionan juntos, ali-

mentados por los estímulos del mundo externo e interno. Sin embargo, el proceso de socialización nos ha llevado a un estado en el que las capacidades racionales y lógicas están más desarrolladas, tal y como refiere el sociólogo francés Cazeneuve (1967). Puesto que el hombre moderno está inmerso en una cultura tecnocientífica donde predomina la actividad del hemisferio izquierdo del cerebro, está menos capacitado para las experiencias espirituales, que son activadas por el lenguaje analógico del hemisferio derecho y el sistema límbico o emocional, que radica en la vinculación armónica de los contrarios. El antropólogo francés Lucien Lévy-Bruhl (1927, como se citó en Rubia, 2009) menciona al respecto: “El hombre arcaico utilizaría más el cerebro emocional, es decir, el sistema límbico con la parte de corteza límbica y del cerebro derecho, mientras que el hombre moderno habría desarrollado más las capacidades lógico-analíticas características del cerebro izquierdo” (p.51). La analogía, en su estado original, se advierte en los llamados pueblos primitivos, en sus mitos y rituales mágicos, que permitían el vínculo del hombre con el grupo social y la naturaleza, lo que Jung llamó “inconsciente colectivo”. En la mentalidad primitiva, el lenguaje analógico no hacía distinción entre el sueño y la realidad, el espíritu y la materia, porque era la disposición de la imaginación o intuición para expresar la fusión entre los mundos interno y externo. Lévy-Bruhl señala como atributo principal de la mentalidad primitiva la participación mística con su entorno, con la naturaleza, una percepción holística de la realidad que supone una proyección animista hacia todo lo que existe. Para Rubia (2009), esta percepción holística del mundo se relaciona especialmente con el predominio del hemisferio del cerebro derecho.

El pensamiento mágico de los niños es similar al pensamiento intuitivo de los pueblos primitivos. Los niños poseen una mayor intuición, que caracteriza típicamente una forma creativa de pensar, a través de la cual crean un mundo imaginario. Por esa razón, tienen la capacidad de abarcar el conjunto de una estructura más que analizar los elementos componentes. El arte infantil atiende asimismo a la estructura total sin preocuparse de los detalles. Pero conforme el niño madura, esta visión deja de ser total para volverse analítica con el predominio del pensamiento racional del cerebro izquierdo, que gestiona mejor los conocimientos y las experiencias dadas. El contacto con el pensamiento intuitivo del cerebro derecho tiende entonces a disminuir, dado que la experiencia acumulada bloquea el potencial creador del inconsciente. Y a medida que envejecemos el pensamiento racional domina aún más y es más difícil ser creativo. No obstante su incremento en la lateralización, la madurez también se puede beneficiar de la experiencia acumulada para generar ideas novedosas, al menos así lo afirma un estudio reciente llevado a cabo por los profesores de Economía Weinberg y Galenson (2019), de la Universidad Estatal de Ohio y de la Universidad de Chicago, que señala que

existen dos ciclos polares de creatividad a lo largo de la vida que se revelan en la juventud y en la madurez, una desde un enfoque conceptual, que genera ideas poco convencionales, y otra desde un enfoque experimental, que se vale de la experiencia acumulada para generarlas.

Los procesos analógicos y lógicos del lenguaje y del pensamiento reflejan el más profundo conflicto sobre la naturaleza del conocimiento en sí, ya que ponen de manifiesto el funcionamiento recursivo de nuestras mentes en los dos grandes sistemas básicos de conocer: el conocimiento intuitivo y el racional, también conocidos como “conocimiento no dual, íntimo o directo” y “conocimiento dualista, simbólico o inferencial” (Maslow et al., 1985; Wilber, 2005). El conocimiento intuitivo es un tipo de conocimiento que se alcanza a través de la experiencia directa y las emociones, sin necesidad de procesos lógicos y racionales, lo que permite tener una comprensión profunda y empática de las cosas. Sin embargo, el conocimiento racional se adquiere a través del razonamiento lógico, utilizando métodos científicos para llegar a conclusiones, y se basa en hechos y pruebas sólidas. Cada sistema tiene sus reglas propias y conducen a distintas formas epistemológicas en el modo de conocer la realidad. Este conocer puede formularse a través de imágenes o conceptos por medio de las facultades de la intuición y la razón. La facultad intuitiva está preparada para decodificar los mensajes del conocimiento intuitivo, por medio de un sistema de imágenes fundado sobre relaciones analógicas; y la facultad racional es capaz de decodificar el conocimiento racional mediante conceptos asociados entre sí según operaciones de inferencia guiadas por principios lógicos. El conocimiento intuitivo sintetiza e integra, reúne; el conocimiento racional analiza y desintegra, separa. Uno ve solamente con los sentidos internos, vislumbra la relación, la totalidad y la unidad, pues se mueve en el ámbito del orden implícito (energía o espíritu). El otro acepta solo lo que los sentidos externos pueden verificar, pues capta únicamente la parte y lo diverso del orden explícito (materia). El conocimiento intuitivo habla a través de imágenes, analogías, símbolos o metáforas, que se manifiestan cuando rompemos con las categorías lógicas producidas por nuestros condicionamientos. El conocimiento racional se comunica por medio del pensamiento conceptual, que se aproxima al estudio de los fenómenos y las cosas a través de sus categorías racionales. La ciencia moderna se ha basado exclusivamente en el conocimiento racional del método científico, pero tras los descubrimientos de la física cuántica, el conocimiento intuitivo ha ido ocupando su lugar, porque su naturaleza es la unión del sujeto que conoce y el objeto conocido, siendo el modo a través del cual puede alcanzarse el conocimiento pleno de la realidad. En nuestra época, la pseudociencia gira en torno a estos conocimientos intuitivos. No obstante, cabe especular que así como no hay fronteras bien delimitadas entre un hemisferio y otro, tampoco debe existir una delimitación tajante entre un

tipo de conocimiento y otro, sino más bien una escala de graduaciones donde ambos tipos se involucran simultáneamente, tal y como lo hacen la onda y la partícula en el campo de la física cuántica. En este sentido, para el profesor Michael Gordin (como se citó en Serrano, 2021, 23 de noviembre), de la Universidad de Princeton, no existe una clara línea divisoria entre la ciencia y la pseudociencia, puesto que las pseudociencias son doctrinas marginales derivadas del avance científico que con el tiempo pueden ser avaladas por el método de la ciencia.

Metafóricamente, la dicotomía entre Oriente y Occidente representa los dos hemisferios cerebrales y sus respectivos conocimientos (Ortega Villaseñor y Quiñones Trujillo, 2005), tal y como anticipó en 1970 el psicólogo estadounidense Robert E. Ornstein (1977, como se citó en Springer y Deutsch, 2006) cuando asoció el pensamiento intuitivo y sintetizador del hemisferio derecho con los orientales, y el racional y analítico del izquierdo con los occidentales. En la misma línea de razonamiento, el psicólogo británico Stan Gooch (1975, como se citó en Pérez-Rubín, 2001) identificó el hemisferio derecho y el izquierdo con el apelativo de “oriental” y “occidental”, una idea que concuerda con el pensamiento del filósofo japonés Daisetsu Teitaro Suzuki (como se citó en Pérez-Rubín, 2001), quien resumió las características de ambas mentalidades: la mente oriental se caracteriza por ser totalizadora, sintetizadora, subjetiva...; en tanto que la mente occidental es discriminativa, analítica, objetiva... En esencia, la mente oriental se consagra al conocimiento intuitivo, porque piensa del todo a la parte, mientras que la mente occidental se ha centrado, desde la ciencia moderna, en el conocimiento racional, cuyo pensamiento va de la parte al todo (Robinson, 2009). Esta perspectiva unilateral de Occidente ha permitido un florecimiento de la ciencia y la tecnología, que supone una visión más material que espiritual, a costa de dejar atrás el conocimiento intuitivo de Oriente. Aunar el conocimiento intuitivo y el conocimiento racional significa integrar en una totalidad los diferentes niveles de conciencia. Siendo así, las polaridades opuestas se complementan y se refuerzan mutuamente. Shinoda Bolen (2005), doctora en medicina, analista junguiana y profesora clínica en la Universidad de California, lo explica del modo que sigue:

Oriente y Occidente son dos mitades de un todo; representan los dos aspectos internos de cada individuo, hombre o mujer. La escisión psicológica puede curarse a través de una unión interior, que permita un flujo entre los hemisferios izquierdo y derecho, entre lo científico y lo espiritual, lo masculino y lo femenino, el yin y el yang. (p.31)

9.3.2. Las Relaciones, o Falta de Relaciones, Hemisféricas. La naturaleza recursiva del conocimiento conduce a la autosemejanza de apertura/cierre y, por lo tanto, facilita la

descripción de formas fractales. Esta autosemejanza la volvemos a encontrar en el nivel más abarcador de la cultura. Así como las funciones hemisféricas, sus correspondientes lenguajes y producciones, se abren-cierran a las posibilidades del conocimiento, la cultura de una sociedad también potencia-inhíbe las posibilidades dimensionales de nuestra percepción y cognición a través de la sinestesia. La sinestesia es un término del ámbito neurológico y estético que se refiere a la capacidad de asociar modalidades cognitivas y sensoriales diferentes. Sugiere un sistema de analogía universal, en donde todos los objetos fenoménicos están profundamente relacionados con otros objetos.

Al igual que el cerebro, la cultura condiciona la formación y el desarrollo del pensamiento cultural de cada individuo de forma fractal y holográfica. Fractal: la cultura interna de cada individuo es una porción del grupo, el cual es un elemento de la cultura externa, que existe gracias a las retroalimentaciones mutuas. Holográfica: la cultura externa está contenida en su totalidad en la cultura interna de cada parte. La realidad sociocultural puede modelar las conexiones neuronales del cerebro mediante sus categorías. Por esa razón, una cultura puede hacer que se establezcan o no relaciones hemisféricas a través del conocimiento, esto es, puede influir en la organización del cerebro, ya que el conocimiento dado en un contexto sociocultural determinado va a potenciar o inhibir la dominación de un hemisferio sobre otro. Esto hace que la cultura influya en el nivel de conciencia del cerebro y, por tanto, sobre el modo de conocer mismo. Con palabras de Robinson (2009): “La cultura no solo influye en lo que pensamos acerca de lo que vemos, sino en lo que en realidad vemos del mundo. La cultura nos condiciona de forma imperceptible” (p.205).

El conocimiento es un proceso que está en continua transformación. Su dominio está compuesto por disciplinas fragmentarias, encerradas en su propia especialidad, que, al subestimar las mediaciones o nexos con las restantes disciplinas, acentúan la incoherencia entre las polaridades hemisféricas; y también por disciplinas que reconocen una unidad, que al abrirse hacia otras especialidades incentivan la coherencia. Ello permite que se bloquee la comunicación entre los hemisferios o que se fluidice a través del cuerpo calloso. La cultura modela las estructuras cognitivas, porque los memes de todo tipo pueden crear caminos y circuitos neuronales que potencian o inhiben las capacidades cognitivas a la hora de examinar un evento. Precisamente, las condiciones de relaciones o falta de relaciones de los hemisferios están ligadas a las condiciones culturales del conocimiento (Troyán, 2015b).

El esquema del conocimiento se vertebra en dos niveles relacionados con las funciones básicas del cerebro: la integración, en donde prima las posibles relaciones entre las dife-

rentes disciplinas, entendidas como una red de interconexiones que forman un todo coherente y significativo; y la disgregación, en donde las disciplinas se separan y fragmentan, desconectándose de las demás partes del saber. Cuando el conocimiento está integrado se potencian las conexiones hemisféricas, dado que se activan redes neuronales relacionadas con las sensaciones de complementariedad y unión. Esta unidad complementaria favorece la proporción equilibrada de los distintos campos del conocimiento, induciendo a la coherencia hemisférica. Sin embargo, cuando el conocimiento está disgregado las conexiones hemisféricas se inhiben, influyendo en la percepción de la realidad mediante las categorías culturales del conocimiento, que clasifican, diversifican y disocian la información, impidiendo la armonía interna. No obstante, lo más conveniente sería situarse en un tercer nivel intermedio, es decir, en una posición central más sistémica que fuera capaz de reunificar la integración y la disgregación (Troyán, 2015b).

10. El Proceso Creativo

La creatividad es un componente importante del proceso creativo, que es el conjunto de pasos que se siguen para generar ideas de forma original o novedosa. Es un concepto adoptado primeramente por la filosofía, pero los diferentes enfoques de la psicología de la segunda mitad del siglo XX fueron los que empezaron a abordar su estudio. Entre los diversos enfoques se encuentran la psicología psicoanalítica, humanista y transpersonal. Para el psicoanálisis (Freud, 1973), el proceso creativo se presentaba como una manera de sublimar los instintos hacia actividades intelectuales. Tomando los aspectos positivos del psicoanálisis, la psicología humanista (Jung, 1981; Maslow, 1991) entiende la creatividad como un proceso que comporta el difícil equilibrio entre el instinto y el intelecto, una conjugación que desembocaba en la autorrealización, una clase de experiencia cumbre caracterizada por la disolución de las fronteras afectivas y cognitivas de la mente. A partir del estudio de la autorrealización de Maslow surge la necesidad de ir más allá de uno mismo, pues las experiencias cumbres llevaban a la visión de muchas corrientes espirituales. De ahí nace la psicología transpersonal (Grof, 2001; Wilber 2001), centrada en la integración del pensamiento intuitivo y racional, una síntesis que disuelve las distinciones entre el individuo y la colectividad, y que aparece constantemente en la filosofía, la mística, la ciencia y el arte. Es más, la visión transpersonal constituye un intento por integrar los conocimientos psicológicos provenientes de la ciencia occidental, especialmente de las psicologías individualistas, y la sabiduría oriental, centradas en las psicologías espiritualistas.

En los modelos actuales, el fenómeno de la creatividad no se restringe solo al ámbito psicológico, sino que se amplía desde los principios propuestos por la física cuántica y el paradigma de la complejidad (Cabrera, 2014), en donde autores como Prigogine, Bohm, Laszlo, Sheldrake, Mandelbrot, Morin, entre otros, conciben la creatividad, no como una propiedad exclusiva de la mente humana, sino como un proceso sistémico que participa de un todo dinámico, complejo y coherente. Los sistemas complejos, regidos por la no linealidad, son capaces de auto-organizarse dentro de un complejo juego de interacciones entre el desorden y el orden. A partir de un desorden total, puede darse espontáneamente un salto de nivel hacia una nueva estructura organizada. En este proceso sistémico emergen nuevas propiedades, frecuentemente más complejas, generando así nuevos atractores fractales. La emergencia de esas propiedades revela un potencial creativo, que Prigogine denominó “caos activo”, ya que de lo caótico y fragmentado aflora la unidad y coherencia en un todo orgánico. Para Bohm, el holomovimiento es el dinamismo en donde reside esa totalidad armónica, y la creatividad sería su expresión. En resumidas cuentas, el desorden juega un papel constructivo en el proceso de creación del orden en la naturaleza, y de modo similar se produce durante la actividad creadora de la mente humana, donde desorden y orden concurren en un punto medio de sinergia. Siendo así, podríamos colegir que los patrones fractales representan el carácter recursivo y jerárquico de la creatividad.

Muchas estructuras fractales que encontramos en la naturaleza son producidas por un proceso creativo como manifestación de la unión del desorden y el orden, que es, aunque natural, la misma generatividad que encontramos en nosotros mismos, pues el acto de la creación trata de ordenar la información que aparece en una situación problemática después de un período de desorden mental. Este desorden se presenta en la mente como un punto crítico de bifurcación que hay que superar mediante la búsqueda de la reorganización psíquica. Ello supone una ruptura de los esquemas cognitivos tradicionalmente aceptados por una determinada cultura y un salto a un orden superior, que se experimenta en forma de intuiciones. Siendo así, la creatividad del ser humano se regiría por principios similares a la auto-organización de los sistemas complejos, porque depende de la capacidad para convertir el desorden en información ordenada a fin de crear novedades emergentes (Hutchinson, 1990). La capacidad para establecer orden desde el desorden se desarrolla a lo largo de dos fases bien definidas, que se enmarcan dentro de los procesos psíquicos expuestos por Freud (1976) en su obra *Interpretación de los sueños*: el proceso primario, de generación azarosa de ideas; y el proceso secundario, de selección de las mismas. El primero se produce en el pensamiento

onírico, en donde existe una yuxtaposición entre conceptos contrarios; el segundo en el pensamiento que analiza racionalmente el entorno, dividiéndolo en términos contradictorios.

La división que estableció Freud en relación con el pensamiento humano constituye la base de los dos tipos de inteligencia que estableció Goleman (2003): la inteligencia emocional y la inteligencia racional, que, aunque diferentes, al final terminan por complementarse. Para ello, es fundamental que los dos procesos se unifiquen o integren a través de un tercer proceso llevado a cabo por un tipo de inteligencia superior: la inteligencia espiritual. El término “inteligencia espiritual” tiene sus antecedentes en el concepto de “inconsciente espiritual” de Víctor Frankl y de “autorrealización” de Maslow. Posteriormente, el neuropsicólogo Gardner (1995) incluyó este tipo de inteligencia dentro de su teoría de las inteligencias múltiples (lingüística, lógico-matemática, musical, espacial, cinestésico-corporal, interpersonal, intrapersonal y naturalista), refiriéndose a ella como la novena inteligencia o como inteligencia existencial o trascendente. Pero fueron los profesores Zohar y Marshall (2001) quienes acuñaron el término “inteligencia espiritual” y lo desarrollaron con detalle. La inteligencia espiritual actuaría como un proceso terciario capaz de trascender la inteligencia emocional, que comprende la empatía, y la racional, de la que forma parte la comprensión, para permitir que trabajen sincronizadamente a través de la comprensión empática. Por sí solas, ambas inteligencias son incapaces de dar sentido a la propia existencia humana, pero la inteligencia espiritual tiene la capacidad de encontrar conexiones significativas que nos ayudan a descubrir valores trascendentales. Sería algo así como el equivalente de lo que Edgard Morin denominó pensamiento complejo.

La fase de generación azarosa del proceso primario consiste en la producción de relaciones de ideas libres de censura, sin condicionamientos, que es lo que se llama el “libre albedrío”. El libre albedrío es un fenómeno de la conciencia que hace uso del principio de incertidumbre de la física cuántica. Para ello, es crucial entrar en estados alterados de conciencia con el fin de tantear muchas posibilidades en la concepción de nueva información. El caos que caracteriza a estos estados contiene un orden oculto que reconcilia los opuestos mediante saltos discontinuos de la mente, en forma de ideas creativas, para lo cual se requiere de un procesamiento inconsciente. Según el físico idealista Goswami (2018), profesor jubilado del Departamento de Física Teórica de la Universidad de Oregón, estas ideas llegan en la forma de relaciones con sentido o significado, y pertenecen al dominio de la causalidad descendente, un dominio en donde la conciencia no local puede elegir entre un amplio abanico de posibilidades cuánticas. La segunda fase, la fase de selección del proceso secundario, ayuda a que las ideas generadas a nivel inconsciente puedan ser revisadas y concretadas en la realidad

manifiesta a través del pensamiento analítico-racional y la experiencia consciente. Comprende procesos selectivos (elecciones), los cuales permiten colapsar la información a un estado concreto, tales como la planificación, evaluación, elaboración, etc. Algunos patrones rígidos del pensamiento analítico-racional pueden influir en la selección de las ideas e inhibir la capacidad de asimilar nuevas relaciones con sentido. Esto crea una frontera entre el creador y el campo holográfico, estrechando el rango de elección de entre todas sus posibilidades.

La creación no solo implica la evolución cultural mediante productos externos, sino también la evolución de la conciencia (De la Torre, 2003). Según la psicología transpersonal, el desarrollo de la conciencia es una imagen de la evolución cósmica que atraviesa un proceso emergente y espiralado a lo largo de tres etapas (Maslow et al., 1985): prepersonal, personal y transpersonal, que significan, respectivamente, unidad primordial inconsciente, conciencia dual y consciencia de la unidad sin perder la anterior consciencia de la dualidad (esta última etapa solo puede ser descrita por la psicología transpersonal). En la primera etapa, el recién nacido no asimila la separación biológica con su madre después del nacimiento. En esa situación, el infante no distingue la separación entre él mismo, los otros y su entorno, porque se ve como parte de una totalidad. Esta sensación de simbiosis total que experimenta nos recuerda al sentimiento de unidad libre de dualismo propio de las experiencias cumbres o transpersonales. En la segunda etapa, el niño comienza a percibir que en el mundo hay límites separativos, debido a que empieza a verlo como diferente de sí mismo. Es entonces cuando la función cognitiva de su consciencia empieza a fragmentar la experiencia adquirida en categorías restrictivas, una fragmentación necesaria para desarrollarse como individuo independiente (el ego). Dicha fragmentación es propia de la tendencia del ser humano de ver las cosas de manera binaria o a establecer dicotomías. Finalmente, en la tercera etapa se vuelve a dar una fase de unidad que concibe las dualidades cognitivas anteriores, pero dentro de un proceso recursivo que culmina en una estructura de nivel superior, más organizada, compleja y unificada. Esa estructura sigue el crecimiento fractal de las formas espirales encontradas en la naturaleza, ya que durante el desarrollo de la conciencia se van alternando desorden y orden. En la mente se dan gracias a la sincronización hemisférica, al libre juego de las facultades contrapuestas como condición de la experiencia interna y la autorrealización, que son activaciones del cerebro límbico y el hemisferio derecho asociado. En este sentido, la sincronización sería la clave a la hora de unificar el conocimiento, cuya evolución se produce en la medida en que se traspasan los límites disciplinares, que van de lo menos a lo más global.

El proceso creativo sigue un desarrollo evolutivo en espiral hacia niveles de conciencia cada vez más complejos y transdisciplinares (Cabrera, 2012). Puesto que los conoci-

tos pueden disgregarse, integrarse, o ambos a un tiempo, los niveles de la conciencia van desde lo más a lo menos exclusivo, es decir, desde lo disciplinar a lo no disciplinar (multi-, inter- y transdisciplinar) y a la inversa. Estos niveles de la conciencia están en relación con la predominancia de las funciones hemisféricas, así como con el nivel de interacción disciplinar alcanzado, y atraviesan diversos tipos de creatividad, desde la creatividad dual (local o global) a la creatividad unitaria (total). La creatividad local logra la integración horizontal (puesto que se produce a un mismo nivel), mientras que la global lleva a la integración vertical. Los enfoques locales pierden la globalidad, y los enfoques globales pierden las particularidades. Los unos y los otros disuelven la complejidad de lo real (Troyán, 2015b).

Aparte de la creatividad local y global, se distingue la creatividad total (De la Herrán Gascón, 2000), compuesta de las dos anteriores. Los enfoques totales de la creatividad trabajan en un nivel de interacción transdisciplinario, más allá de lo disciplinar y lo no disciplinar. Dado que la transdisciplinariedad es fruto de un movimiento dialéctico y fractal del pensamiento, permite atravesar diferentes disciplinas de forma horizontal y vertical para crear una imagen más integrada de la realidad. Al trabajar con una completa integración teórica, supone nuevas propiedades emergentes, nuevos espacios mentales y culturales que caminan hacia la complementariedad y la coherencia de las diferentes disciplinas. Las ideas creativas se originan en un nivel de interacción transdisciplinaria, más allá de lo multidisciplinario y lo interdisciplinario. En cierto sentido, la transdisciplinariedad es catalizadora de la creatividad total.

Los niveles de desarrollo de la conciencia hacia la realidad se evidencian en los diferentes grados de creatividad, porque la creatividad no se manifiesta en una sola forma, sino que opera en todos los niveles de la conciencia, una evolución común que va de lo inferior a lo superior, de lo simple a lo complejo, de lo individual a lo colectivo, de lo personal a lo transpersonal. Por lo general, estos aspectos de evolución compleja se encuadran dentro de dos tipos básicos de creatividad: la denominada creatividad “pequeña c”, referida a aquella que tiene la gran mayoría de las personas a la hora de dar solución a los problemas de la vida cotidiana; y la creatividad “gran C”, que se atribuye a los grandes creadores de la historia. Entre ambas categorías pueden existir otras posibilidades intermedias. Por ejemplo, Kaufman y Beghetto (2009) introdujeron dos niveles intermedios: mini-c y pro-c. Los cuatro niveles se orientan fundamentalmente hacia una escala valorativa de menor a mayor relevancia. En este sentido, están en consonancia con los niveles de creatividad que estableció Irving Taylor (como se citó en Monreal, 2000). Según el grado de profundidad, esos niveles son:

-*Creatividad expresiva*: es la forma más simple de creatividad. Esta asociada a la espontaneidad y la improvisación, a través de las cuales el individuo expresa libremente sus sentimientos y emociones. De ahí que en este tipo de creatividad prime más la expresión de mundo interior que la calidad del producto obtenido. Ejemplos de esta forma de autoexpresión son los dibujos de los niños pequeños, etc.

-*Creatividad productiva*: se manifiesta mediante las técnicas de ejecución adquiridas a través del conocimiento y la experiencia con el fin de obtener el resultado óptimo de un producto. En este tipo de creatividad no habría ni espontaneidad ni improvisación.

-*Creatividad inventiva*: implica la invención de nuevas realidades a la hora de combinar ideas inusuales que provocan sorpresa. Este tipo de creatividad está relacionado con los descubrimientos científicos y artísticos.

-*Creatividad innovadora*: supone la transformación de los principios fundamentales de un campo de las Ciencias o de las Artes. Una de las características de este tipo de creatividad es el alto grado de originalidad.

-*Creatividad emergente*: se caracteriza por ir más allá de los principios fundamentales de un ámbito para producir ideas que hacen emerger nuevos principios o formas de pensar totalmente diferentes. Es el nivel más complejo, característico del talento y del ingenio, que se enmarca dentro de los paradigmas emergentes.

Más recientemente, el profesor e investigador DeGraff (2019), llegó a la conclusión de que todos somos creativos, aunque para desarrollar todo el potencial del genio creativo es necesario ejercitar hasta cinco niveles de creatividad, que van desde el nivel más fácil hasta el más difícil de controlar:

-*Creatividad mimética*: se centra principalmente en reproducir algo que ya existe para transformarlo y aplicarlo en otro ámbito. Por tanto, es poco original. Es el tipo de creatividad más básico, y el fundamento del proceso de aprendizaje.

-*Creatividad bisociativa*: consiste en vincular los pensamientos racionales y los intuitivos para conectar una idea familiar con una idea no familiar. Se basa en la técnica del Brainstorming o torbellino de ideas.

-*Creatividad analógica*: ayuda a enlazar cosas que ya conocemos con las que desconocemos mediante relaciones de semejanza entre ideas e imágenes diferentes.

-*Creatividad narrativa*: es la capacidad de construir historias, deconstruirlas y reconstruirlas de nuevo, mediante la conexión y organización de los elementos que componen una narración.

-*Creatividad intuitiva*: se trata de desconectarse del problema para entrar en estados alterados de conciencia y concebir nuevas ideas. Para ello, se ha de establecer una conexión entre los pensamientos primitivos y los más avanzados o racionales mediante técnicas como la meditación y el yoga. Es la forma de creatividad más difícil de dominar.

10.1. La Creación Artística

Durante el proceso creativo, una persona puede seguir dos fases bien diferenciadas. En una primera fase, el creador trata de procesar la información que se presenta sin sentido o fragmentada, y en una segunda fase consigue reunir esa información para hallar la unidad que dé un significado coherente al conjunto. En este sentido, la creatividad podría definirse como la capacidad de unir lo que aparenta estar disperso, una manera de descubrir un nuevo orden en las relaciones entre ideas (Heilman, 2016).

Con respecto a la creación artística, ambas fases son importantes. En la primera fase el artista intenta descubrir las características comunes de los elementos aislados para hallar nuevas asociaciones. Durante ese tránsito, el artista empieza a reconocer las relaciones de esos elementos, y los integra o sintetiza de manera súbita mediante un salto emergente de novedad, que se experimenta en forma de intuición. Desde la intuición se accede a la libertad que brindan las posibilidades asociativas del campo holográfico, a través de las cuales el desorden empieza a organizarse bajo un nuevo nivel emergente. Incluso las casualidades como origen de los errores, las llamadas serendipias, pueden convertirse en una oportunidad para producir un salto emergente que lleve a una auto-organización original o a un descubrimiento creador, pues se consideran puntos de bifurcación. Estos hallazgos surgidos de forma casual se relacionan con las sincronicidades, fenómenos de conexión que vinculan entre sí dos elementos opuestos, uno que pertenece al mundo físico y otro al mental. Normalmente, las grandes obras van acompañadas de grandes sincronicidades, que son indicativas de un significado oculto o de una conexión mística con el universo. Y esas sincronicidades pueden tener un efecto específico en el placer estético obtenido a través de ellas, porque crean configuraciones arquetípicas.

El arte se acerca al pensamiento analógico, que entra dentro del ámbito del sentimiento y de la intuición. Pero el artista no se limita al sentimiento y a la intuición cuando crea, también es capaz de razonar sobre su obra artística, un hecho que equivale a la segunda fase de proceso creativo. Una idea intuitiva es experimentada, visualizada, e integrada con otras ideas en la parte del hemisferio derecho, que está fuera del control consciente. Mas para poner en práctica esas ideas, se requieren procesos lógicos especializados, y estos se localizan

en el hemisferio izquierdo. El hemisferio derecho gestiona la parte emocional, creativa e imaginativa del artista; cuando un artista inventa una obra lo hace a través del operador holístico del hemisferio derecho de su cerebro. El hemisferio izquierdo, en cambio, gestiona su parte racional; cuando un artista se distancia de su obra para tomar un punto de vista más crítico está activando al operador binario del hemisferio izquierdo.

Aunque los artistas tienen dominancia del hemisferio derecho del cerebro, donde se sitúa el pensamiento analógico, pueden iterar hacia adelante y hacia atrás entre estos modos especializados gracias a la mediación que proporciona la libre elección de la voluntad. Ello implica un ir y venir del pensamiento analógico al lógico, y en todo ese recorrido de ida y vuelta aparecen espirales matemáticas basadas en las mismas proporciones armónicas que se manifiestan en los procesos auto-organizativos de los sistemas complejos (Madrona, 2014). Esto es así porque el pensamiento analógico encuentra soluciones más eficaces a los problemas planteados a partir de espirales logarítmicas. Precisamente, la clave del genio artístico está en la mayor capacidad que tiene para encontrar soluciones fundamentadas en estas espirales con patrones autosimilares, lo que le lleva a sortear las paradojas que se producen entre ideas aparentemente opuestas. En su mente parece convivir tendencias contradictorias, dado que es capaz de alcanzar la sincronización de ambos hemisferios. Ello hace posible el proceso creativo con todo el cerebro, caracterizado por estados superiores de conciencia. El físico Niels Bohr creía que los genios podían pensar de manera distinta porque eran capaces de tolerar la ambivalencia entre dos conceptos incompatibles u opuestos (como razón e intuición, lo consciente y lo inconsciente, el orden mental y el desorden, lo tradicional y lo no tradicional). Al hacerlo, el pensamiento se suspendía y la mente se trasladaba a un nivel en donde se podía alcanzar un nuevo punto de vista (Carolus, 2015). Asimismo, el psiquiatra estadounidense Albert Rothenberg (como se citó en Heracleous y Robson, 2020), después de entrevistar a 22 premios Nobel, llevó a la conclusión de que cada premiado había dedicado mucho tiempo a “concebir activamente y de forma simultánea múltiples opuestos o antítesis”, una característica propia del llamado pensamiento janusiano en honor a Jano, el dios romano con dos caras mirando en sentidos opuestos, y que basa su naturaleza en el pensamiento complejo. Posiblemente, el mismo Bohr pudo haber concebido el principio de complementariedad entre la onda y la partícula gracias al pensamiento janusiano.

10.1.1. La Actividad Perceptiva e Intelectiva. Así como el cuerpo de ser humano está diseñado casi en su totalidad por patrones armoniosos, la mente también es sensible a las estructuras armoniosas del mundo externo, tanto en su vertiente perceptiva como intelectual.

Esto es así porque existen equivalencias entre la mente y el cuerpo que obedecen a las leyes sistémicas del mundo, de modo que los diferentes niveles de percepción y cognición están adaptados a los diferentes niveles de la realidad, y sus relaciones isomórficas se producen por medio de relaciones áureas. Estos niveles de percepción y cognición se corresponden con tres niveles de realidad: El nivel físico, que es la estructura de los cuerpos que se desarrolla en el nivel de los procesos exteriores (realidad explícita); el nivel de los campos cuánticos que coexisten con el nivel físico, que es el nivel de los procesos interiores (realidad implícita); y un nivel intermedio constituido sobre la proporción áurea, que es el nivel que permite que la información fluya de una realidad a otra. Gustav Fechner (1860, como se citó en Casans Arteaga, 2001) ya comparó la parte material y espiritual del ser humano con la superficie cóncava y convexa de una esfera. Un observador que se situase ya en la parte cóncava ya en la convexa tendría la ilusión de hallarse antes dos superficies distintas, cuando en realidad pertenecen a la misma. La proporción áurea sería la entidad matemática que pertenece tanto a la realidad interna como externa, por lo que resulta ser la clave para explicar su unidad.

10.1.1.1. Actividad Perceptiva. La actividad perceptiva se refiere a la forma en la que la mente procesa y organiza la información que se recibe a través de los sentidos. El proceso creativo del artista comienza con el proceso de percepción, que es el resultado de la relación entre el sujeto que observa y el objeto observado. La percepción es un proceso complejo que comienza cuando nuestros sentidos recogen los estímulos procedentes del mundo interno y externo, que pueden procesarse de forma subjetiva u objetiva. Según los sentidos se centren más en el sujeto o en el objeto, hay dos modalidades perceptivas: la modalidad eidética y la práctica, cada una con sus limitaciones de predominancia. Como se escribió en un libro anterior (Troyán, 2015a):

En su compleja actividad, la subjetividad, o visión eidética, contrarresta la rigidez de los modelos establecidos y reestructura los aspectos lógicos de la visión práctica al crear nuevos nexos sobre ella. La visión eidética se abre a las múltiples dimensiones del objeto, y tiene como función la liberación del efecto perturbador y restrictivo de los conceptos establecidos, las etiquetas, los estereotipos, los esquemas heredados, las divisiones, las categorías y las clasificaciones, que aumentan el efecto polarizador de las cosas o acontecimientos. Ya que sus características analógicas diluyen las categorías digitales del lenguaje, no es exagerado relacionar este tipo de visión con el operador cognitivo que D'Aquili denominó "holístico", que nos permitiría ver el mundo como un todo. El arte, la música, la literatura y el teatro nos sirven para expresar

aquellas emociones que no se pueden transmitir por medio de las diferencias conceptuales. (p.83)

Tanto una como otra modalidad son productos de la actividad perceptiva, y entre ellas puede haber, o no, relaciones, sobre todo condicionadas tanto por la personalidad del artista como por la cultura, cuyas determinaciones pueden llegar a tener un efecto limitador en la creación artística. Esas relaciones, o falta de relaciones, justifican la existencia de percepciones de la realidad que tienden a integrarse y hacerse coherentes, o a disgregarse y hacerse incoherentes. Cuando existe una acción recíproca entre el observador y lo observado, se da un efecto coherente, una circularidad retroalimentaria. Pero cuando hay una autonomía entre uno y otro, se produce una incoherencia. Para percibir todas las cualidades de un objeto, hace falta la continua retroalimentación de las dos modalidades en su adecuada proporción.

Mediante la modalidad eidética el sujeto puede adecuar sus sentidos internos para vincularse con el objeto y aprehender sus aspectos implícitos, cualitativos, aquellos relacionados con el dominio del espacio-tiempo no lineal. Y a la inversa, el objeto puede penetrar en el sujeto a través de los sentidos externos y hacer patente sus aspectos explícitos, cuantitativos, aquellos que están en relación con la secuencia lineal de espacio y del tiempo. La literatura científica sobre la percepción contempla estas dos formas de percibir (interna o externa), que tradicionalmente se han identificado con la percepción sintética y la percepción analítica. La dirección sujeto-objeto se funda en la percepción sintética. Aquí el sujeto se identifica con el objeto. Y la dirección objeto-sujeto se funda en la percepción analítica. Aquí el objeto está separado del sujeto. En el deambular entre una dirección y otra surge la conciencia y la autoconciencia.

En el arte, las dos modalidades perceptivas han recibido otras denominaciones, entre ellas las de Antón Ehrenzewing (como se citó en Bozal, 1996), quien dividió la percepción en un “orden oculto”, perteneciente a la percepción profunda que reside en el dominio del subconsciente, y en un “orden superficial”, que se organiza según las leyes de la percepción consciente. En la modalidad eidética u oculta el sujeto que observa prima sobre las cualidades del objeto observado. En la modalidad práctica o superficial al contrario, el objeto predomina sobre el sujeto. El artista no ha de basarse en las distinciones duales de la modalidad práctica si quiere hacer una obra verdaderamente original. Ha de atenerse más bien a la modalidad eidética de la percepción, que es la que le permite captar la totalidad de la obra. Todo trabajo verdaderamente creativo implica el balanceo de estas dos modalidades de percepción.

La modalidad eidética es un tipo de percepción intuitiva que permanece latente en la estructura de nuestra mente y que relaciona las cosas entre sí de forma integral, determinando

su valor simbólico, que es el significado cualitativo que otorgamos a las cosas y que va más allá de lo percibido por los sentidos externos. Este tipo de visión flexible y abierta a los aspectos globales del objeto se denomina “visión eidética”, y se vincula con la idea del orden implícito de Bohm. La visión eidética implica la libertad de producir una infinita posibilidad de soluciones o ideas, por tanto, es productiva y creadora. Al trascender los confines de la realidad conocida por nuestras categorías racionales, establece una relación de simpatía con el objeto percibido gracias a la sensibilidad estética, el sentimiento y la empatía, que implican desinterés y atención absolutos hacia lo observado. Esta unidad establecida con el objeto presupone la abertura total de la percepción. Solo así es posible adecuar los sentidos internos y aprehender el conocimiento de la esencia implícita de las cosas, su significado acausal. El artista puede acceder directamente a esa esencia debido al hecho de que él también es implícitamente ese objeto, ya que a nivel implícito está conectado con todo lo demás. A ese nivel la totalidad de la información está distribuida de manera no localizada y, por esta razón, tiene acceso directo o intuitivo a todas las correlaciones cuánticas que hay en el universo. El objetivo del artista es desvelar ese orden oculto de las cosas con signos expresivos mediante la imaginación creadora. A través de esos signos de expresión se articulan las representaciones simbólicas, cuya comprensión conduce a redescubrir las correspondencias arquetípicas entre la parte y el todo, como una técnica espiritual para superar las contradicciones internas y alcanzar la autorrealización psicológica.

El esfuerzo por desplegar la visión eidética del objeto es la lucha interminable del artista. La actitud ante la vida influye sobre la percepción. La actitud del artista, comandada por su voluntad para decidir, determina lo que se percibirá y lo que no. Cuando la voluntad se dirige hacia una actitud integrada, quedará libre el camino para una visión más plena, rica y profunda de los objetos, gracias a lo cual el artista se podrá abrir a todas sus posibilidades, hasta imbuirse plenamente en lo percibido. Este tipo de visión tiene una cualidad atemporal, porque durante el proceso de percepción el creador está intensamente concentrado en la contemplación de la realidad, siente que es uno con ella, y desde esa sensación de conexión total el paso del tiempo lineal se desvanece para dar paso a la dimensión del tiempo no lineal o cíclico, que se contrae y expande constantemente. Al lograr el estado alterado de atemporalidad, la percepción puede sublimarse hasta alcanzar niveles de trascendencia. La mirada adquiere entonces cualidades creadoras, ya que revela modos de ver hasta entonces desconocidos que dan sentido global al mundo. Esta nueva manera de ver la realidad se puede percibir mediante un acto de amor hacia la trascendencia, una voluntad de integración del sujeto-artista y del objeto natural en el todo del que forman parte. Cuando mayor sea ese nivel de

voluntad, mayor trascendencia alcanzará la percepción y, por lo tanto, mayor capacidad de atención tendrá el artista para reestablecer las relaciones contradictorias y penetrar en la esencia de las cosas, en sus leyes internas.

La modalidad práctica de la percepción se distingue de la modalidad eidética en que se enfoca en la utilización práctica de la información percibida, en lugar de en un conocimiento profundo del objeto. Este tipo de modalidad ha sido el predominante desde los orígenes de la civilización moderna, pues es propia de la lógica formal de la ciencia, que es imprescindible a la hora de descubrir las relaciones explícitas. La percepción o visión eidética se orienta hacia el ámbito de la metafísica artística, de la esencia de los objetos revelada como símbolos que se hallan ocultos. Sin embargo, la “visión práctica” está orientada al valor representativo de las cosas, aquel cuya información presenta su contenido de forma concreta, objetivamente, tal y como las perciben los sentidos externos. Estos sentidos nos inducen a percibir los objetos según un significado cuantitativo y una utilidad convencionalmente aceptados por una persona, un grupo social o una determinada cultura. Este hecho nos lleva a percibir la realidad de manera disgregada, fragmentaria, abocada a un mundo de categorías duales cuyos elementos están carentes de toda relación global. Tal anquilosamiento de la percepción conduce a la inhibición y restricción del campo de la sensibilidad estética, la empatía y la intuición, porque el apego a una actitud disgregada impide la abertura perceptiva, tendiendo a deformar la percepción hacia una visión unilateral del mundo, una actitud negativa que lleva consigo el rechazo a las incertidumbres, al caos y a las propiedades emergentes. Esa actitud tiende a deformar la percepción hacia una visión cerrada, rígida y limitada, llevando consigo el miedo al desorden y lo desconocido. Pero el desorden nos lleva al ámbito abierto de los sistemas complejos en donde existe una cooperación entre desorden y orden, permitiendo la innovación y la creatividad, la dialéctica y el pensamiento no lineal, que hoy tenemos la posibilidad de estudiar gracias a las matemáticas complejas. Precisamente, el cerebro ordena la información a partir de los desórdenes que comportan las percepciones no lineales, de ahí que el artista deba atender a las relaciones existentes entre ambas visiones.

10.1.1.2. Actividad Intelectiva. La actividad intelectual se refiere a la forma en que la mente utiliza la información que se ha procesado a través de la actividad perceptiva. Cuando miramos algo, nuestros ojos reciben información en forma de estímulos que son almacenados en el cerebro. La memoria es el elemento principal para el almacenaje de esa información. La actividad perceptiva es un acto sensible que contiene un elemento intelectual sostenido por la memoria, ya que cuando un estímulo es transmitido hacia el cerebro, este se organiza e interpreta en función de nuestras experiencias previas y nuestras creencias culturales. De acuerdo

con las modalidades eidéticas y prácticas de percibir, existen dos modos de interpretar la información de los estímulos recibidos, según se dirija hacia el sujeto o el objeto.

La intuición es la capacidad de comprender algo sin tener que pasar por un razonamiento lógico. Sobre el sujeto se alzan dos clases de intuición, que muchos filósofos occidentales han denominado intuición intelectual y sensible. Los aspectos eidéticos de la percepción están en relación con la intuición intelectual, que se refiere a la percepción de haber comprendido el significado de una verdad profunda y trascendente de un objeto o concepto, sin necesidad de razonamiento lógico. La intuición intelectual es producto de la experiencia subjetiva interna, que aprehende directamente objetos o conceptos ideales de toda clase, tales como esencias, signos, relaciones, etc. Estos objetos o conceptos ideales son alcanzados por el artista a través de la intuición intelectual, que es la intuición artística aplicada al ámbito estético. Por otro lado, los aspectos prácticos se relacionan con la intuición sensible, cuya función es aprehender inmediatamente toda clase de datos sensoriales de la experiencia externa como fuente principal del conocimiento físico. La intuición intelectual y sensible pueden complementarse entre sí para proporcionar una comprensión más sistémica del mundo. A través de la intuición sistémica, el artista capta a la vez intuiciones sensibles e inteligibles y las hace coincidir. Esa intuición compleja entra dentro del sistemismo estético, una corriente estética que manifiesta la belleza de una obra de arte como un sistema de relaciones armónicas existente entre la fragmentación y la totalidad para crear un todo coherente.

La intuición intelectual y sensible concurren para producir el pensamiento discursivo o racional, que se alza, ya no sobre el sujeto, sino sobre el objeto. Para muchos filósofos, el pensamiento discursivo está basado en dos clases de inferencias lógicas, es decir, en dos formas de llegar a una conclusión a partir de un conjunto de premisas: la inferencia deductiva y la inferencia inductiva. Ambos tipos de inferencia son importantes en la investigación científica y, aunque se contraponen, tienden a utilizarse de manera complementaria. La inferencia deductiva se basa en el razonamiento lógico y va de lo general a lo particular. Por ejemplo, si sabemos que todos los seres vivos necesitan comer para sobrevivir y que las plantas son seres vivos, podemos deducir que las plantas necesitan comer para sobrevivir. La deducción se opone a la inducción, pues al estar basada en la observación, va de lo particular a lo general. Por ejemplo, si se observa que todos los perros que conocemos ladran, podemos inferir que todos los perros ladran. En general, la intuición inteligible y la deducción se dirigen hacia los objetos ideales o conceptos del mundo interior, y la intuición sensible y la inducción hacia la experiencia con la realidad exterior. Por encima se levanta la dialéctica como diálogo entre lo

ideal y lo real, es decir, entre las ideas y los conceptos que tenemos en nuestra mente y la realidad concreta y material que experimentamos en el mundo.

El arte y la experiencia estética que conlleva es una dialéctica que usa un proceso inferencial muy similar al utilizado en la investigación científica, pues está entre el pensamiento intuitivo (intelectual y sensible) y el pensamiento discursivo (deductivo e inductivo), por que utiliza un lenguaje ligado a una experiencia estética emotiva y racional. Así, cuando el artista da forma a sus intuiciones internas mediante el conocimiento previo sobre las técnicas y los materiales específicos entra en una fase de deducción, ya que se parte de una idea general y se llega a un resultado concreto. Por otro lado, cuando el artista evalúa su propia obra y reflexiona sobre el resultado final, entra en una fase de inducción, puesto que se parte del análisis de la obra para llegar a conclusiones generales. En esta fase, el artista puede hacer ajustes y cambios en su obra, basándose en la observación y la experimentación. Pero en el arte el pensamiento discursivo no solo se expresa en el orden, las técnicas y los materiales artísticos empleados, sino también en la reflexión, la psicología, la sociología, el contexto histórico y cultural acerca de la teoría del arte y de la belleza, al igual que la facultad de la ciencia. De ahí que integre intrínsecamente en su lenguaje un fenómeno expresivo en clave emocional y comunicativo.

10.1.2. Las Operaciones Psicofísicas. Las operaciones psicofísicas se refieren a las diferentes formas en que la mente y el cuerpo interactúan y se influyen recíprocamente. En la creación artística, no solo intervienen procesos como la percepción, la emoción y el conocimiento, sino también la acción corporal y manual. Se habla, de hecho, sobre un tipo de coherencia basado en el equilibrio entre la visión, la cognición y la locomoción. La coherencia fundada sobre este equilibrio responde al desarrollo armónico de una persona, que sigue las mismas leyes de proporción de la naturaleza y el universo, porque, en última instancia, constituye el fenómeno estético de la proporción áurea, al menos así lo cree Bejan (2009), profesor de ingeniería mecánica en la Duke's Pratt School of Engineering de Duke. Así, la creación artística requiere la interacción armónica de procesos mentales y físicos, que involucran la cooperación de las actitudes cerebrales y sus respectivas actuaciones.

10.1.2.1. Actitud Emocional y Racional. En el ámbito mental, el pensamiento intuitivo y discursivo interpretan la realidad dando lugar a dos clases de actitudes artísticas: la actitud emocional y la actitud racional. Ambas actitudes se manifiestan en el arte según las categorías estructuradas en torno a los términos universales de unión y separación, de comple-

mentariedad y oposición, entre las que dan lugar a muchas formas artísticas (Troyán, 2015a). La representación fidedigna de la realidad, que parte de la percepción y la reflexión de la naturaleza y la composición como factor objetivo, cumple con la actitud racional del arte. La percepción es un proceso que tiene una gran importancia en la adquisición de la información sensorial del entorno, y la reflexión es un proceso que implica analizar y comprender las relaciones de esa información recibida a través de la percepción para elaborar significados a largo plazo. Juntas permiten que se establezcan nuevas conexiones de ideas a partir de la actitud emocional, que concierne a los atributos subjetivos y personales de las sensaciones, las emociones, los sentimientos, las ideas y, en definitiva, la imaginación creadora. En un plano elemental, estos atributos subjetivos y personales se refieren a los impulsos inconscientes del individuo, en donde entra la imaginación espontánea del artista. Pero, liberado de ese plano individual, basa su naturaleza en los arquetipos de carácter universal presentes en el inconsciente colectivo del ser humano. El arte que indaga en el terreno del inconsciente individual extraerá algo ligado a la subjetividad. Empero, el arte que irrumpe en la esfera del inconsciente colectivo sacará algo objetivo y universal. Dentro de ese atributo absoluto entra la espontaneidad y la imaginación en simbiosis con la intuición.

La reflexión acerca de si el arte tiene sus orígenes en el inconsciente o es un producto consciente ha sido muy recurrente a lo largo de la historia, como predominio de los irracionales, por una parte, o de los racionalistas, por otra. Las dos posturas son actitudes fundamentales en el arte, tal vez representativas de los dos órdenes básicos de la realidad. El arte en general tiene que ver tanto con una actitud como con la otra, porque falto de emoción da lugar a obras carentes de espontaneidad, y sin razón en el momento de producción lleva a obras caóticas e incommunicables. Las dos actitudes son igual de importantes a la hora de crear. De ahí que en el artista el equilibrio de las actitudes creativas siempre haya sido defendido a lo largo de la historia. Por ejemplo, en el siglo ilustrado artistas como Mengs (1728-1779) defenderán esta unidad en el arte: “la imaginación y el ingenio sin arte y sabiduría no pueden producir más que sueños y monstruosidades” (De Azara, 1797, p.392) ; W. Blake (1757-1827), que hablaba de la necesidad de reconciliar las dos partes del ser; o Goya (1746-1828), que en su famoso texto de los *Caprichos* decía: “la fantasía abandonada de la razón, produce monstruos imposibles: unidas con ella, es madre de las artes y origen de sus maravillas” (como se citó en Cabezas en Gómez Molina, 1995, p.308). A través de la emoción y la intuición, el artista descubre lo esencial de las cosas, que hace que sea manejable y comunicable mediante la inteligencia y el razonamiento, por lo que ambos coexisten. Como expresaría Luigi Payer-

son (como se citó en Elba Coppa, 2016), en el proceso productivo del artista hay una participación activa entre el tanteo y la organización.

10.1.2.2. Actuación Expresiva y Técnica. En el ámbito corporal, la actuación permite convertir las ideas concebidas mediante los aspectos actitudinales en acciones. Los aspectos actitudinales participan de la actuación expresiva y técnica, que son acciones movidas por la voluntad del artista y, por ende, pertenecen a la práctica. En general, se puede decir que la actuación expresiva se refiere a la forma en la que un artista utiliza sus habilidades para comunicar sus sensaciones, emociones, sentimientos, pensamientos e ideas de manera efectiva a través de su obra; mientras que la actuación técnica es la habilidad que tiene un artista para usar los materiales y las técnicas adecuadas cuando está creando su obra. Esto puede incluir el uso de pinceles, brochas, espátulas o incluso de diferentes tipos de pintura. Ambas actuaciones son importante en la creación artística, y están relacionadas con los dos tipos de actividad fundamentales que el psicólogo Vigotsky (1999) estableció en su libro *Imaginación y creación en la edad infantil*: la actividad creadora y la actividad reproductora. La actividad reproductora guarda estrecha relación con la memoria de las experiencias pasadas. En el terreno artístico, este tipo de actividad se evidencia, por ejemplo, cuando se reproduce algo siguiendo un modelo establecido. Por el contrario, la actividad creadora consiste en la creación de nuevas ideas a partir de la combinación de los elementos de la experiencia anterior. Cuanto mayor sea esa experiencia acumulada, mayores serán los elementos combinados. La actividad creadora se llama imaginación, una cualidad que está influenciada por las emociones y las experiencias. De algún modo, la imaginación depende de la experiencia, que se encuentra íntimamente vinculada a la memoria, y viceversa. Las dos actividades derivarían también de la creatividad expresiva y la creatividad productiva de Taylor.

La actuación expresiva, impelida por la voluntad de dar expresión directa a las experiencias del mundo interno (sensaciones, emociones, sentimientos, pensamientos, ideas, etc.), se caracteriza por la espontaneidad con la que actúa, a expensas del control de la razón. Aparece de forma particularmente evidente en la libertad y espontaneidad de los niños pequeños cuando realizan actividades creativas, tipo dibujar y jugar. Estas actividades son de naturaleza intuitiva, de modo que la intuición coincide con la expresión, tal como lo formuló Benedetto Croce (como se citó en Givone, 1990). Por contra, la actuación técnica designa la voluntad para dar concreción a las experiencias internas, valiéndose de materiales y técnicas adquiridas a través de conocimientos o experiencias anteriores, con el fin de obtener un producto de calidad. Por lo tanto, tiene un fundamento más técnico. Generalmente, la actuación expresiva es no intencional, pero puede ser también intencional. Sin embargo, la actuación técnica implica

una intencionalidad en tanto que capacidad de planificar conscientemente la obra de arte o controlar los materiales y los instrumentos técnicos necesarios para su manifestación, aunque puede surgir de manera no intencionada. En la expresión se conjuga el lenguaje analógico con lo emocional a través de símbolos y metáforas, y en la técnica el lenguaje lógico con lo racional, lo que permite que el lenguaje emocional sea comunicable por medio de las operaciones racionales, en cuanto a la utilización de los materiales y técnicas adecuadas. En el proceso de producción, la expresión artística debe actuar en armonía con la técnica para construir una obra bien proporcionada. Una obra puede tener una gran expresividad, pero si carece de técnica sería incomunicable. Por otro lado, una obra con una gran técnica puede resultar fría e impersonal si carece de expresión. Ambos aspectos son igualmente importantes para conseguir crear una obra completa, tal y como nos recuerda Leonardo Da Vinci (como se citó en Padilla Moreno, 2006) cuando dice:

A veces se entiende por arte la técnica, sin embargo, mientras que a la técnica se llega por medio de la constancia y por el arte de la voluntad. Al arte real se llega por el acercamiento de la perfección interna, esa perfección del alma que no tiene metas para medirse, ni métodos racionales para explicarlo, porque está más allá de la materia y la razón. (p.23)

El saber operacional del acto creador debe aunar las actitudes y las actuaciones a través de una conciencia no dual impelida por las analogías, que permita al artista tener una percepción más amplia y una mayor capacidad de integrar elementos opuestos. Sin embargo, también es importante que el artista no renuncie del todo al análisis y las categorías duales, puesto que pueden ser útiles para evaluar y perfeccionar su obra. En las artes, el contraste entre las actitudes y las actuaciones confluye en tres tipos básicos de arte, igualmente productivos: el arte expresivo, el arte técnico y una mezcla de ambos (esta clasificación está en relación con la creatividad global, local y total). Cuando predomina la actitud emocional y la actuación expresiva, el arte se vuelve expresivo, mientras que si prevalece la actitud racional y la actuación técnica, el arte se convierte en técnico. El arte expresivo nace de los impulsos afectivos y de la voluntad personal del artista por transmitir las experiencias internas, que se cimientan en la libre expresión de los sentidos internos. Se halla en la espontaneidad, en la imaginación, en las ideas expresadas y en los sentimientos que provocan. Por otro lado, el arte técnico proviene de la destreza técnica adquirida con la práctica y la experiencia externa, que se basan en la realidad captada por los sentidos externos. Radica en el control consciente, en la razón, en los cálculos precisos, en los principios y reglas, en la representación de la realidad y en la habilidad técnica del artista. El arte es expresivo cuando se dirige hacia el

mundo interior, como lo hace el arte que tiene un alto nivel de abstracción, que pierde las referencias de iconicidad de la realidad externa; y el arte se transforma en técnico cuando se orienta hacia el mundo exterior, al igual que el arte que tiene un alto grado de concreción con respecto a un objeto real. Aunque cada artista tiene su propio enfoque y estilo único, por lo general, el arte expresivo tiende a deslizarse hacia el idealismo y el misticismo, hacia una concepción holística que concibe las dualidades dentro de una unidad; en tanto que el arte técnico hacia el realismo y la ciencia, hacia la concepción reduccionista de la obra, que se centra en las partes individuales. Cualquier obra de arte se sitúa en algún sector entre esos dos aspectos del proceso creativo. No obstante, en el intervalo de ambos extremos la relación entre lo ideal y lo real es más proporcionada, y como consecuencia, el resultado de su fuerza será mayor, siendo su más alto destino la superación emergente. El arte testificado así se convierte en el máximo exponente del principio de unidad, porque promueve la coherencia entre los opuestos. Ese tipo de arte sistémico se corresponde con la totalidad del principio holofrónico, el cual apoya la visión holográfica y fractal de la naturaleza, que sostiene que todos los elementos de un sistema están interconectados y que cada parte es similar al todo.

Dado que el arte es la relación entre el orden implícito y el orden explícito, tiene aspectos duales asociados al proceso creativo. La actitud y la actuación artística pueden manifestarse de varias maneras, desde la libre expresión (que procede de la experiencia del orden implícito) al establecimiento de hábitos estereotipados (que proceden de la experiencia del orden explícito). El artista se sirve de las ideas implícitas de su mente, de los elementos ideales de la expresión; y de la destreza explícita acumulada por la razón, de los elementos reales de la técnica. Debe las ideas expresivas a su talento innato, y el saber hacer a ciertas reglas establecidas por los conocimientos y la experiencia adquirida, que es entendida como la facultad de concebir lo objetivo y universal. El talento es una cualidad influenciada por factores genéticos, y el aprendizaje adquirido y sus reglas una cualidad memética dada por factores ambientales. Ambas cualidades, expresión y técnica, son necesarias en el arte, que es tratado como un don especial o talento innato y como una habilidad de producir ciertas cosas. Por ende, la belleza en el arte es la manifestación externa de lo interno, el despliegue explícito de lo implícito. En suma, la materialización sensible de una iluminación interior, la encarnación de lo ideal en lo real, de lo divino en lo humano.

10.1.3. La Producción Artística. La producción artística es el proceso de creación y distribución de obras de arte en una sociedad, y es fruto de la visión del mundo en una determinada época. A lo largo de la historia del pensamiento humano, esta visión del mundo ha

seguido dos momentos contradictorios que aluden a las dos fases del proceso creativo: por una parte, la rigidez de las estructuras cognitivas de un determinado grupo social, que incluye todo lo convencionalmente aceptado en una época; por otra, aquellos individuos creativos, que, por la necesidad de librarse de las categorías del conocimiento, son capaces de romper con los límites y las normas establecidas para transformar las viejas estructuras del pensamiento o crear nuevos patrones sobre ellas. Un momento es categórico, determinista y conformista, mientras que el otro es creativo, aleatorio y trasgresor. Dichos momentos de conformismo y trasgresión se suelen dar en todos los campos del conocimiento y la cultura.

Los procesos cíclicos que intervienen en la evolución de la noosfera son similares a los de la producción artística, una súbita aparición o salto en el campo holográfico de la conciencia. Estos saltos espontáneos se deben a fenómenos mentales situados por debajo del umbral de la conciencia. Son saltos de la intuición artística, a través de los cuales se expresan los diferentes niveles de creatividad provenientes del orden implícito, y que se manifiestan en el orden explícito como producto artístico. Se puede considerar que el desarrollo de una idea novedosa se produce como consecuencia de un salto creador que genera algo radicalmente nuevo, o de una evolución gradual que parte de producciones anteriores. En términos generales, se podría decir que la obra de arte va evolucionando gradualmente a lo largo de un período artístico, reflejando los cambios en la sociedad y las tendencias culturales, pero en ocasiones se generan saltos emergentes de creatividad que dan forma a nuevos estilos, en un proceso dual que combina tradición y novedad. El estilo es, a lo sumo, el modo personal que posee cada artista de sentir su peculiar mundo implícito y de expresarlo según el conocimiento hallado en el mundo explícito a través de su obra.

La evolución de los diversos estilos artísticos es correlativa al desarrollo del saber operacional del hacer artístico, que se modula en diferentes proporciones según la voluntad del artista. Además, el desarrollo del saber operacional también puede depender de la personalidad, las intenciones y las creencias del artista, así como de la cultura y el contexto histórico en el que está trabajando, que se ven trascendidos con el tiempo. Como si de un proceso dialéctico se tratara, los estilos históricos están sometidos a las diferentes proporciones de los opuestos que, por lo general, se han confrontado para aclamar el polo oprimido (tras una etapa de énfasis en lo emocional e intuitivo en el arte, existe un deseo por lo racional y lógico como antítesis) o se han sintetizado en un nivel superior. En este sentido, los estilos artísticos pueden ser vistos como parte de un proceso constante de evolución, en el que los opuestos se confrontan y luego se integran en una forma más compleja. Por ejemplo, en el Arte Griego

prevalecen los aspectos universales del idealismo, que se fueron equilibrando poco a poco por una dosis igual de realismo, hasta despuntar en la tendencia práctica del Arte Romano. Esta ambigüedad se intercala en la Edad Media con dos corrientes artísticas contiguas, el Románico y el Gótico. En el arte románico se tiende hacia las ideas universales y la abstracción simbólica, mientras que en el arte gótico se busca la dimensión real del naturalismo. A grandes rasgos, el arte greco-romano pone la razón como punto de partida en la creación artística, mientras que la Edad Media el sentimiento.

A lo largo de la historia del pensamiento artístico, se han ido alternando momentos en los que la actitud emocional ha prevalecido sobre la actitud racional, y a la inversa, un fenómeno que se ha dado en llamar de acción y reacción. Estas dos actitudes generales del espíritu humano harán acto de presencia en estilos artísticos particulares, como el Renacimiento y el Barroco, el Neoclasicismo y el Romanticismo, el Realismo y el Simbolismo, entre otros. El arte del Renacimiento supone una recuperación de los cánones de la antigüedad clásica, y dirige todos sus esfuerzos a la representación objetiva de la realidad. Para ello, inicia una búsqueda del valor universal de la belleza. Sin embargo, en el Barroco la reacción contra lo racional frente a lo irracional apelará al subjetivismo, a la emoción y a la imaginación como captación de lo inmediato. Por otro lado, el Neoclasicismo es una corriente artística que nació como oposición al Barroco. Está ligado a la razón ilustrada y trata de rescatar los cánones de armonía estética del clasicismo. Se opuso al Romanticismo, un movimiento artístico que surgió como reacción contra los presupuestos estéticos neoclasicistas. Es una llamada a los sentimientos, a la intuición, a la expresión subjetiva y a la libertad creativa frente a la razón, la objetividad técnica y las normas clásicas del Neoclasicismo. De ahí que ponga de relieve la belleza relativa frente a la absoluta. Finalmente, el Realismo, relacionado íntimamente con el Naturalismo, sería una reacción al espíritu subjetivo del Romanticismo. El Realismo y el Naturalismo entendían el arte como una forma de imitar la realidad objetiva, basándose en la vida cotidiana y el compromiso social, en el caso del primero, y en una representación meticulosa de la naturaleza (incluidas las personas) en el caso del segundo. El Simbolismo surgió como respuesta al Realismo y al Naturalismo. Dado que los artistas del simbolismo pensaban que existía una realidad profunda, su estética emplea símbolos para desvelar las correspondencias ocultas entre las cosas. De ahí que se centre en el misterio, lo inconsciente, lo emocional, lo onírico, la ambigüedad, lo perverso, lo imaginativo y lo espiritual, rechazando así la realidad objetiva frente a la subjetiva.

La confrontación artística del siglo pasado se dio en torno a las mismas cualidades actitudinales, pero el ritmo de su alternancia se sucede con mayor rapidez a partir de las van-

guardias. Los estilos de las vanguardias son diferentes, pero esta diversidad gozó de aceptación dentro de una misma época. La diversificación de estilos que se percibe en el arte de vanguardia es reflejo de la fragmentación de las ideas estéticas de la época, en muchos casos contradictorias, dejando de ser unitarias y armónicas. Ello es así porque la estética moderna es pluralista, y no monista como la estética antigua y medieval. Y la modernidad supone una fractura del conocimiento que impide alcanzar la unificación. Como resultado, el arte de vanguardia refleja una gran variedad de perspectivas y enfoques. Esto hace que exista un gran contraste entre la subjetividad y la objetividad. No obstante su disparidad, en las vanguardias hubo intentos totalizadores de reconciliación entre el arte y la sociedad como una búsqueda del diálogo entre el artista y el espectador.

El arte de vanguardia supone una dialéctica de la sociedad moderna. La concepción mecanicista del mundo, enraizada en la fragmentación de la modernidad, influyó en las vanguardias racionalistas, como la Bauhaus, De Stijl y el Constructivismo ruso, que enaltecían el rigor geométrico y compositivo de la obra. Sin embargo, otros movimientos de vanguardia reclamaron una posición contraria, como el Dadaísmo o el Surrealismo, que reivindicaron la dimensión irracional del ser humano como componente esencial de la creación, como expresión fortuita e inmediata de la obra. Con el propósito de superar los ámbitos del racionalismo imperante, reaparece un interés por las obras de las culturas primitivas y por las filosofías orientales que tanto inspiraron a los físicos teóricos de la física cuántica. Con ello, se anticiparon a la idea de una suprarrealidad en donde se llevaba a cabo la resolución dialéctica en torno al conflicto entre lo imaginario y lo real, la intuición y la razón. Las dos concepciones opuestas derivadas de los movimientos vanguardistas desarrollaron acercamientos contrarios vinculados, por una parte, a la actitud emocional y la expresión del Dadaísmo y del Surrealismo; y, por otra, a la actitud racional y la técnica de la Bauhaus, De Stijl y el Constructivismo ruso. Ambas tendencias ejercieron una profunda influencia en las segundas vanguardias, dando lugar al Expresionismo Abstracto, el Informalismo, la Abstracción Postpictórica, el Neoconstructivismo, el Op Art y el Cinetismo, la Neofiguración, el Pop Art, el Hiperrealismo, el Arte Minimal, etc. (Troyán, 2015a).

La historia de la producción artística es fundamentalmente la historia del movimiento de la unidad a la dualidad, y viceversa, la historia de la alternancia de los hemisferios cerebrales a través de la voluntad artística. El pensamiento filosófico de Alois Riegl (como se citó en Ocampo y Perán, 1991) presenta la voluntad artística como una fuerza condicionada por la tendencia del espíritu humano hacia lo subjetivo y lo objetivo de un momento cultural determinado. Según plantea en su obra *El retrato Holandés de Grupo*, el conflicto de oposiciones

es susceptible de darse en los diversos estilos artísticos de forma compenetrada y graduada. La voluntad del artista sería el factor que orienta la producción hacia uno u otro principio, parcelando los distintos ideales estéticos. Por ese motivo, la Historia del Arte presenta el espíritu de los artistas en una serie de estilos que se van concatenando sistemáticamente sobre el entorno cultural.

A partir de la voluntad artística establecida por Riegl, el historiador de arte suizo Wölfflin (2007) desarrolló un sistema basado en la historia de los diferentes estilos, estableciendo la oposición entre el Renacimiento y el Barroco mediante cinco parejas o binomios fundamentales (lineal-pictórico, superficial-profundo, forma cerrada-forma abierta, multiplicidad-unidad, claridad absoluta-claridad relativa). Para el pensamiento de Fiedler y Semper (como se citó en Ocampo y Perán, 1991), la Historia del Arte es la historia del conocimiento de la realidad a través de la percepción, pero por otro lado es la historia de lo emotivo y lo racional, de lo expresivo y de lo técnico, en la medida en que no existe objeto artístico hasta su concreción formal o conceptual. Las obras realizadas en las distintas épocas o bien han agitado nuestros sentimientos y descargado nuestra imaginación con la expresión (Barroco, Romanticismo, Simbolismo, etc.) o bien han satisfecho nuestras necesidades racionales de orden y convencionalismo con la técnica (Renacimiento, Clasicismo, Realismo, etc.). Pero, como manifestaciones que son de la psique humana, no todo es absolutamente expresivo o técnico en la Historia del Arte. De hecho, hay momentos en que los propios artistas han alternado ambas fases a lo largo de su vida. Sin embargo, se dan momentos de mayor predominio de una tendencia, mientras se prepara la reacción o dominio de la tendencia contraria.

10.1.4. Arte, Ciencia y Espiritualidad. Desde tiempos remotos, los místicos, los científicos y los artistas han tratado de hallar una manera de comprender el comportamiento del universo relacionando los distintos fenómenos y cosas con patrones comunes que los conectaran y dieran sentido a la vida. Ello ha dado lugar a ámbitos diversos del conocimiento y la cultura, como la mística, la ciencia y el arte, que son instancias de la mente humana o actitudes que vienen a coincidir, porque cada una de ellas contiene unos valores axiológicos referentes (el arquetipo de lo bueno, lo verdadero y lo bello) que llevan al desarrollo espiritual o autorrealización psicológica. La bondad concierne al sentido ético que guía el comportamiento humano a través de los afectos o las emociones. Cuando se persigue alcanzarla, el resultado será la espiritualidad. La verdad atañe a la conformidad con los hechos, y cimienta los objetivos del razonamiento lógico a través del intelecto. Cuando se pretende lograrla, el resultado será la ciencia. Por último, la belleza comprende la estética a través de la voluntad.

Cuando se persigue alcanzarla, el resultado será el arte. La mística, la ciencia y el arte conforman ámbitos del saber que van en paralelo en cuanto al proceso creativo, ya que todos ellos implican el uso de tres dimensiones: la afectiva, la intelectual y la volitiva, cuyas interacciones pueden confluir hacia un conocimiento multidimensional. Por esto mismo, son los tres ámbitos en los que se supone descansan las estructuras del pensamiento unificado o complejo (Bohm, 2002; Bohm y Peat, 2003). En este sentido, la relación entre espiritualidad, ciencia y arte podría ser vista como una dialéctica entre la tesis, la antítesis y la síntesis.

Hay un vínculo especial entre el arte y otros ámbitos del hombre civilizado, como la mística y la ciencia, porque cada una de estas actividades está presente en la psique del hombre, puesto que lleva en sí un rasgo común en la universalidad del proceso creativo, cuya característica cíclica y lineal transita desde el hemisferio derecho al izquierdo, pasando por sus estados intermedios. Esto quiere decir que la organización espiritualidad/arte/ciencia tiene su origen en la secuencia lineal que va de un hemisferio a otro, lo cual significa que unir espiritualidad y ciencia es muy semejante a unir nuestro hemisferio derecho y nuestro hemisferio izquierdo. Dado que vienen matizadas por la predominancia hemisférica, espiritualidad, arte y ciencia tienen distintas metodologías y objetivos. Así, la espiritualidad es la actividad mítico-mágica que se corresponde con los factores emocionales situados en el plano del orden implícito, frente a la ciencia, que es el resultado de una dinámica tecno-científica vinculada a los factores racionales en el plano del orden explícito. El pensamiento mítico-mágico utiliza el lenguaje analógico, porque toda analogía implica un vínculo entre la parte y el todo; mientras que el pensamiento tecno-científico usa el lenguaje lógico, que se establece como la lógica clásica. No obstante, entre ambas hay incesantes transposiciones, ya que tanto la espiritualidad como la ciencia se sirven de ambos lenguajes. Esto es debido a que existen paralelismos entre los procesos creativos de ambos, pues el místico y el científico combinan los mismos principios psíquicos a la hora de crear, pero en proporciones diferentes. Como hay un sustrato común entre religiosidad, inconsciente e intuición (Weinberger et al., 2020), la mística sería la más alta creación del pensamiento intuitivo, mientras que la ciencia parece hacer del pensamiento racional el coronamiento de todo su sistema. Debido al conflicto entre las dos formas de pensar en las prácticas sociales, existen dificultades a la hora de relacionarlas. No obstante, entender sus relaciones analógicas permite la retroalimentación cíclica que enriquece a ambos.

En general, Oriente y Occidente han desarrollado formas diferentes de conocimiento y tecnología a lo largo de la historia que reflejan la dicotomía entre el pensamiento mítico-

mágico y tecno-científico. El proceso creativo de Oriente ha desarrollado la tecnología espiritual a partir del uso predominante del hemisferio derecho, como técnica ritual para la inducción de ciertos estados alterados de conciencia, mientras que el proceso creativo de Occidente ha dado lugar a la tecnología científica mediante la predominancia del hemisferio izquierdo. Ambas tecnologías constan de dos elementos, uno teórico, que se refiere a la parte conceptual, y otro práctico, referido a la forma en que se aplican estos conocimientos. En el caso del pensamiento mítico-mágico, el elemento teórico es el mito, que es un relato tradicional que explica el origen o significado de las cosas y que puede contener elementos fantásticos o sobrenaturales. El elemento práctico es el rito, que es un conjunto de prácticas ceremoniales que tienen un significado simbólico y que se realizan repetidamente. En cuanto al pensamiento tecno-científico, el elemento teórico es la ciencia, que es una rama del conocimiento basada en el método científico, que busca explicar los fenómenos naturales a través de la observación, la experimentación y el razonamiento. El elemento práctico es la técnica, que es el conjunto de conocimientos y habilidades necesarios para llevar a cabo una actividad con eficacia.

El mito y el ritual mágico son modos de conocimiento y acción que se vinculan a un tipo de pensamiento emocional e implícito, que no puede suscribir la ciencia y la técnica del pensamiento racional, explícito, por su falta de objetividad. El mito, que Jung estimó como una materialización directa de los arquetipos, establece la conexión entre las polaridades mediante el lenguaje analógico, de ahí que tenga un carácter integrador u holístico. Está relacionado con el ritual mágico, que puede contener un aspecto esotérico o exotérico, según se oriente hacia el interior, es decir, hacia la práctica más mística y secreta, o hacia el exterior, hacia la manifestación pública. El aspecto esotérico corresponde al nivel implícito de la religión esotérica, a la unidad que subyace a todas las formas religiosas, mientras que el exotérico al nivel explícito de las distintas religiones exotéricas, que se ajusta a la dualidad manifiesta. El ritual mágico constituye una práctica en clave simbólica que actúa por leyes subyacentes de semejanza, porque se basa en la idea de que el símbolo que representa una cosa no está separado de la cosa misma, sino unido por una relación de analogía. Por tanto, el símbolo tiene una función mediadora entre elementos contradictorios con vistas a alcanzar una armonía (magia blanca) o desarmonía (magia negra) con la totalidad. Esa especie de armonía se deriva de la correspondencia del microcosmos y el macrocosmos, que está relacionada con la filosofía de Pitágoras. De ahí que muchos de estos rituales mágicos adopten el pentagrama pitagórico entre sus símbolos, auténtico origen de proporciones áureas y nuevos pentagramas autosemejantes (Figura 97). Este modo simbólico de actuar sobre la realidad es primordialmente irracional, porque parte de principios de índole afectivo o espiritual, a los cuales se

accede solo por la intuición y el lenguaje analógico, que remite a la equívocidad y multiplicidad de sentidos.

Por contrapartida, la ciencia se relaciona con la técnica en la búsqueda de una explicación unívoca, un sentido único y claro que reduzca la ambigüedad al máximo con el fin de evitar toda contradicción en su discurso. La técnica constituye la aplicación de la ciencia en un plano empírico que se opone al simbolismo propio de la práctica ritual. No obstante sus diferencias, el mito y la magia ritual son estadios iniciales de los posteriores logros del pensamiento científico moderno, conforman el lenguaje originario del hombre antes de la razón. De alguna manera, el mito y el rito vienen a ser el equivalente científico y técnico que materializa con eficacia nuestras capacidades extrasensoriales. En este sentido, cabe advertir que entre ambas tecnologías hay una estrecha analogía que resulta de la dialéctica de la unidad y lucha de los contrarios, por lo que se ven envueltas en interacciones complementarias y opuestas (Troyán, 2015a).

La geometría fractal ha atraído la atención de artistas, místicos, filósofos y científicos, por ello propone implicaciones de tipo estético, metafísico-filosófico y científico. El arte, que ha tratado de plasmar la belleza a través de los patrones geométricos de la naturaleza, comparte elementos comunes con la espiritualidad, ya que es fruto de la libertad que brinda el inconsciente y la intuición, que suelen implicar una cierta incertidumbre, propio de las leyes no lineales del orden implicado. No obstante, detrás de la incertidumbre se encuentra una proporción armónica que se fundamenta en la coherencia cuántica del principio holográfico, y que es al mismo tiempo metafísica y física. Gracias a la incursión de este orden implicado, el arte es la expresión de una verdad profunda que tiene que ver con los planteamientos mítico-mágicos, que responden a cuestiones relacionadas con la unificación de las contradicciones. Pero el arte también comparte elementos comunes con la ciencia, pues se basa en ciertas reglas matemáticas y geométricas, como los fractales, siendo cuestión del determinismo del orden explicado. El arte actúa, por tanto, como intermediario entre la mística y la concepción científica porque, al ser un puente de unión entre el orden no manifiesto de percepción y lo manifiesto, es el que más participa de ambas, lo que le hace ser la forma más completa de conocer las relaciones cualitativas y cuantitativas de las cosas. Más aún, el arte armoniza, en el nivel perceptible del color y la forma, el sentimiento y el pensamiento, la intuición y la razón como un todo, puesto que el proceso creativo del artista comparte elementos comunes que tienen que ver con la creatividad del místico y del científico. Por esa razón, existe una proximidad del arte a la mística y a la ciencia. Esta armonización ayuda a adoptar una visión sistémica que se relaciona con el pensamiento complejo, una forma de pensar que permite

afrontar situaciones complejas que implican conexiones entre los diferentes aspectos de la realidad dentro de una estructura holográfica.

11. El Pensamiento Complejo

El pensamiento complejo del sociólogo francés Morin (2008) es un ejemplo de transdisciplinariedad, pues tiene como fin último crear nexos de unión entre las múltiples disciplinas. Morin acuñó el término “pensamiento complejo” para abordar la complejidad de lo real, en contraposición al pensamiento simplificante de la ciencia moderna, que se refiere a un enfoque que considera que la realidad puede ser reducida a elementos simples y aislados entre sí, por lo que no se reconocen sus interconexiones. A su juicio, el conocimiento en su totalidad, como los sistemas complejos, es la unión del conocimiento integrado y disgregado. Y el mantenimiento de la integración dentro de la disgregación entre las instancias del conocimiento es condición necesaria para el pensamiento complejo, que tiene como finalidad integrar el conocimiento disgregado del pensamiento simplificante, que define, jerarquiza, reduce y opone, aspirando a modos disciplinarios no fragmentados. El pensamiento complejo, al ser un pensamiento con una dinámica rotativa, circular, es capaz de poner en funcionamiento la dialógica todo-parte. Esa circularidad recursiva se realiza del todo a la parte y de la parte al todo, comportando a un tiempo relaciones de complementariedad y oposición. De ahí que dentro de las premisas del pensamiento complejo se inscriban los paradigmas científicos que tratan con lo contradictorio y la incertidumbre.

La ambición del pensamiento complejo -afirma Morin (2008)- es rendir cuenta de las articulaciones entre los dominios disciplinarios quebrados por el pensamiento disgregador (uno de los principales aspectos del pensamiento simplificador); éste aísla lo que separa, y oculta todo lo que religa, interactúa, interfiere [...]. El pensamiento complejo está animado por una tensión permanente entre la aspiración a un saber no parcelado, no dividido, no reduccionista, y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento [...]. Reune en sí, orden, desorden y organización y, en el seno de la organización, lo uno y lo diverso; esas nociones han trabajado las unas con las otras, de manera a la vez complementaria y antagonista; se han puesto en interacción y en constelación. (pp.22-24)

11.1. El Paradigma de la Complejidad frente al Simplificante

Morin (2018) fue uno de los primeros en atisbar la realidad paradójica en la relación entre los paradigmas de la ciencia, y consideró imprescindible contraponer lo que denominó

el “paradigma de la complejidad” frente al “paradigma simplificante”. Según él, Descartes formuló el paradigma simplificante al separar el dominio del sujeto pensante (*res cogitans*) del objeto extenso (*res extensa*), la filosofía de la ciencia, la cultura que llamamos humanista de la cultura científica (p. 109). En su obra *Introducción al pensamiento complejo*, Morin da una definición clara del paradigma de simplicidad:

El paradigma de simplicidad es un paradigma que pone orden en el universo, y persigue al desorden. El orden se reduce a una ley, a un principio. La simplicidad ve a lo uno y ve a lo múltiple, pero no puede ver que lo Uno puede, al mismo tiempo, ser Múltiple. El principio de simplicidad o bien separa lo que está ligado (disyunción), o bien unifica lo que es diverso (reducción). (p.89)

Y considera más adelante que la complejidad:

Es la unión de la simplicidad y de la complejidad; es la unión de los procesos de simplificación que implican selección, jerarquización, separación, reducción, con los otros contra-procesos que implican la comunicación, la articulación de aquello que está disociado y distinguido; y es el escapar de la alternativa entre el pensamiento reductor que no ve más que los elementos y el pensamiento globalista que no ve más que el todo. (p.144)

En un sentido amplio, el concepto de paradigma puede ser definido como un modelo completo de creencias y teorías que es compartido por los integrantes de una cultura o comunidad científica determinada. Un paradigma proporciona un marco conceptual y metodológico que guía la investigación de sus integrantes a la hora de comprender y explicar los fenómenos que estudian. Según la teoría de los paradigmas científicos de Thomas Kuhn, existen dos tipos de ciencia necesarios para el progreso científico, y que son el resultado de los procesos duales de tradición y ruptura: la denominada ciencia normal y la ciencia revolucionaria, que ocurre cada cierto tiempo en la ciencia cuando se producen cambios revolucionarios en la forma de percibir la realidad. Kuhn sostiene que la ciencia normal es practicada por científicos que amplían los conocimientos existentes dentro de un paradigma establecido, aunque no tienen la capacidad de afrontar la gran cantidad de anomalías que se van acumulando con el tiempo y que cuestionan su validez. En cambio, la ciencia revolucionaria la llevan a cabo los científicos creativos, que utilizan el pensamiento abductivo como método de inferencia para generar soluciones innovadoras a las anomalías surgidas bajo el paradigma imperante, en la mayoría de los casos como resultado de un gran descubrimiento casual o serendipia científica, un concepto que entronca con las sincronicidades. Los planteamientos revolucionarios de los científicos creativos no suelen ser aceptados en un primer momento por la comunidad

científica, pero las nuevas soluciones pueden derivar en cambios abruptos en el contexto del paradigma vigente, hasta el punto de que el viejo paradigma entra en crisis y se impone un nuevo paradigma (revoluciones científicas). Las investigaciones de Pomata Varó, Pérez Herranz, Úbeda García y Iñesta Quereda (2006) parecen indicar que esas revoluciones científicas se comportan como saltos discontinuos de naturaleza fractal, propiciando un proceso de reorganización que da lugar a propiedades emergentes más complejas (como el modelo saltacionista en la teoría de la evolución). Para referirse a estos cambios drásticos basados en las matemáticas de la complejidad, el economista Taleb (2007) acuñó el concepto de “cisne negro”, un suceso imprevisible y sorpresivo que cambia el rumbo de un paradigma existente, y que suele estar determinado normalmente por un gran avance científico y cultural, o por los grandes impactos económicos e históricos (guerras, enfermedades, etc.).

Por cada cambio revolucionario producido dentro del conocimiento de una disciplina específica se deriva una nueva forma de percibir y entender la realidad y, consecuentemente, un cambio de conciencia. A lo largo de la historia, han existido básicamente dos grandes paradigmas que han determinado nuestra visión del mundo: el paradigma mecanicista y el holístico, que son homólogas a la relación entre los dos tipos de niveles de la realidad: el orden explicado y el implicado. Ambos paradigmas se fundamentan en los métodos cuantitativos y cualitativos, cuyas nociones lógicas se ven envueltas en interacciones opuestas y complementarias a la vez. El holismo es una forma de ver la realidad que se basa en la idea de que todas las cosas están interconectadas y que no pueden ser reducidas a sus partes individuales. En la Antigua Grecia, en el medievo y en los orígenes del Renacimiento predominó esta visión del mundo. Se manifestó, por ejemplo, en la cosmología de Platón y Aristóteles, que veían el universo como un todo interconectado y armonioso. Por otra parte, el mecanicismo se basa en la idea de que todas las cosas se presentan separadas y que pueden ser reducidas a sus partes individuales. En la modernidad, el paradigma mecanicista entró en escena con el racionalismo cartesiano y el surgimiento de la física newtoniana, y aún sigue siendo relevante en la ciencia. No obstante, el mecanicismo se ha ido reemplazando más recientemente por el paradigma holístico de los físicos cuántico-relativistas, aquellos que atienden a la física del microcosmos y el macrocosmos cuando la velocidad de la luz es mayor. Los principios de incertidumbre y relatividad de los físicos cuántico-relativistas definían un mundo en donde las partes constituyentes de un todo no se podían analizar por separado, ya que estaban interrelacionadas. Los principios de la nueva física se aplicaron en el nivel del mesocosmos una vez apareció la teoría del caos, que se enmarca dentro de la teoría de la complejidad, según la cual todos los sistemas deben ser estudiados en su conjunto. Los dos paradigmas básicos, el

mecanicista y el holístico, están en el ámbito de la noosfera, y como comparten rasgos comunes con nuestros hemisferios cerebrales, tienen efectos sinestésicos sobre el cerebro a la hora de procesar la información. Por separado, ambos se inscriben dentro del paradigma simplificante, puesto que impiden ver a un tiempo la separación y la unión de la complejidad. Nos conmina a optar entre materia o espíritu, análisis o síntesis, mecánico u orgánico, necesidad o azar, dualidad o unidad. En la historia de Occidente se han producido incesantes separaciones y uniones entre los dos paradigmas, muchas veces sin tener en cuenta que no es posible reducir el todo a la parte, ni la parte al todo, en la complejidad de lo real. Una de las claves para alcanzar la integración final de ambos enfoques sería atender a las relaciones duales existentes en los diferentes niveles de la realidad, una síntesis en donde radica el desafío de la transdisciplinariedad.

En el primer Renacimiento, se produjo un intento de unificar disciplinas de diversa naturaleza, tanto científicas como humanistas, debido a que durante este período se recupera la antigua concepción mística de unidad universal. Pero a partir del siglo XVII ese espíritu del saber universal, junto al ideal de la unidad del universo, se fue disipando progresivamente con el nacimiento de la ciencia moderna y la adopción del método científico. Esa disipación se llevará a cabo en las academias surgidas en la segunda mitad del siglo XVI, tras la necesidad de separar los campos del conocimiento en las artes y las ciencias, aunque con el objetivo de una visión global de conjunto. La especialización académica fue la causa que llevó a la ruptura de la estructura del conocimiento por parte de la racionalidad ilustrada del siglo XVIII, que fue desbocando poco a poco en el Positivismo y Neopositivismo de los siglos siguientes. Desde entonces hasta ahora, la noosfera ha estado dominada por la visión reduccionista y mecanicista en la búsqueda de esquemas simples, una visión que se desarrolló en el marco de la lógica clásica, por la cual se ha guiado el método de la ciencia vigente.

La ciencia moderna depende en gran medida del modelo experimental elaborado por Newton, quien dio origen a la visión científica de la mecánica clásica, basada en que las cosas permanecen aisladas, sin influencias mutuas, un aislamiento que permite a las personas observar el mundo con objetividad. Depende igualmente de la filosofía formulada por Descartes, quien apoyándose en el modelo newtoniano, marcó una ruptura en el pensamiento al separar al sujeto (*res cogitans*) del objeto (*res extensa*), es decir, al oponer el ámbito de la filosofía al de la ciencia y excluir todo tipo de subjetividad que no se atenga a la observación, medición, experimentación y verificación. Con la separación de dos sustancias, la pensante y la extensa, y al priorizar la primera, Descartes reconoció la existencia de una sustancia extensa que se opuso a toda física teleológica y elaboró una física mecanicista. Asimismo, inició el

proceso de fragmentación de las diferentes disciplinas (aunque el mismo Descartes pensaba que era necesario integrar lo fragmentado en la síntesis). Con el tiempo, se ha hecho cada vez más claro que el paradigma cartesiano-newtoniano es eficaz a la hora de analizar los elementos parciales en detalle, y se acopla bastante bien a aquellos pensamientos y cosas que se presentan aislados y fragmentados. Sin embargo, se muestra insuficiente para alcanzar una visión global del mundo, más que nada porque usa un tipo de inteligibilidad lineal, local, causal y unidimensional, fundada sobre la exclusión lógica de intermediarios y la reducción.

Durante trescientos años, la lógica clásica fue desintegrando las partes del todo en provecho de esas partes, porque para entender la realidad explícita la ciencia debía aplicar las categorías lógicas, que descomponen esa realidad en partes sencillas. La tendencia a excluir de la lógica cualquier vínculo o posibilidad de interpretación intermediaria entre las contradicciones, por dar prioridad a un aspecto parcial del conocimiento, y a reducir los fenómenos complejos en sus componentes más simples, transforma lo complejo en simplificado, lo que lleva a un pensamiento fragmentado conocido como paradigma simplificante. Los límites impuestos por el paradigma simplificante produce un pensamiento reductor que no puede dar cuenta de la complejidad del mundo, impidiendo que podamos percibir el significado de unión en relación con los objetos y, por ende, unificar el saber científico y humanista. Como consecuencia, la inteligencia se reduce a una sola concepción de la realidad y no ve las múltiples concepciones posibles.

El campo de aplicación de la lógica clásica está en la banda media de lo real, entre lo muy pequeño, lo microscópico-cuántico, y lo muy grande, lo macroscópico-relativista. No obstante, cuando llegamos a los polos subatómicos y cósmicos de la banda media llegamos a los límites de la lógica. Así y todo, este tipo de lógica es un fragmento de una realidad más amplia, inherentemente unificada, siendo una línea de demarcación que disocia el orden implícito del explícito, derivando en el conflicto entre la metafísica y la física. Pero se puede captar lo que está por debajo de esa línea de demarcación excluyente y reductora del paradigma simplificante gracias al nuevo paradigma emergente de la complejidad, cuyo surgimiento fue instaurado por la revolución de la teoría de la física cuántica y la relatividad general. Más adelante, la teoría de los sistemas complejos consolidó la concepción compleja al estimar el mundo como una totalidad integral en donde todos sus componentes interaccionan a lo largo de todas las escalas para generar conjuntos auto-organizados. Por esa razón, en los últimos años se empieza a rescatar el interés por la complejidad a la hora de conjugar las visiones metafísicas y físicas de la naturaleza. El paradigma de la complejidad introduce conceptos como la incertidumbre y el caos, enfatizando el dinamismo entre los dos polos. Al

incluir una posibilidad intermedia entre las contradicciones, mina el corazón mismo de la lógica clásica que dominó en Occidente tras el surgimiento de la ciencia moderna. Por esa razón, el paradigma de lo complejo da respuestas coherentes a la tendencia de integrar el conocimiento de la naturaleza y de la cultura. Esto permite una futura unificación de la ciencia en el modo de organizar las ideas.

11.2. La Transdisciplinariedad frente a la Disciplinariedad

Con los avances científicos que se producen a partir de la modernidad surge una multitud de disciplinas aisladas entre sí: las matemáticas, la física, la química, la biología, etc. Esta fragmentación disciplinaria de la ciencia moderna se incrementó a finales del siglo XIX, y continuó proliferando durante todo el siglo siguiente, de tal modo que cada campo específico del conocimiento sufrió una gran variedad de ramificaciones a medida que se profundizaba en los detalles de la investigación empírica, hasta el punto de que el escritor Isaac Asimov (como se citó en Troyán, 2015a) consideraba que el conocimiento científico tenía propiedades fractales. Pero a mediados del siglo XX surgió la necesidad de establecer las conexiones entre las múltiples disciplinas aisladas mediante un proceso inverso de unidad. Ese ideal condujo a la aparición de movimientos multidisciplinarios e interdisciplinarios, que si bien planteaban el establecimiento de relaciones entre disciplinas a favor de la integración, no llegaban a unificarlas por completo. Sin embargo, en respuesta a los descubrimientos de la física cuántica, la ciencia de la información y la teoría general de sistemas, recientemente ha surgido una corriente intelectual denominada transdisciplinariedad, cuyos autores tienen la intención de superar lo multidisciplinar e interdisciplinar mediante la búsqueda de una síntesis o integración del saber, fundándose en una nueva racionalidad que amplía los límites de la ciencia hacia el ámbito espiritual. Este movimiento transdisciplinar ha sido impulsado, sobre todo, por la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y por el CIRET (Centro Internacional de Investigaciones y Estudios Transdisciplinarios) de Francia.

La transdisciplinariedad es una noción introducida por el prefijo trans-, que apela a la idea de estar entre, a través de y más allá no solo de la disciplinariedad, sino también de la multidisciplinariedad y la interdisciplinariedad, lo que implica una visión más amplia de la realidad, inclusive trascendental. Ese ir más allá tiene como objetivo alcanzar una dinámica que permita la fusión de los diferentes niveles del conocimiento disciplinar, rompiendo con el formalismo dominante. Lo disciplinar es estático, analítico, lineal, disgregador, más parcial y fragmentario, pues impide ver la relación entre la parte y el todo. Lo transdisciplinar es diná-

mico, sintético, circular, integrador, más total y unitario, ya que la realidad se concibe como una red entrelazada de relaciones e interconexiones. Ello desplaza el eje del conocimiento hacia lo cualificable y continuo, en desmedro de lo cuantificable, es decir, lo que se refiere a entidades discretas, discontinuas. El objetivo de la transdisciplinariedad es distinto, pues, a la investigación disciplinaria, pero pretende complementarla. La globalización contemporánea implica interconectividad, tanto física como virtual, e interdependencia entre los distintos países para unificar no solo la economía, sino también la cultura. Es por ello que la globalización requiere de una cultura transdisciplinaria que pueda complementar los paradigmas simplificantes y de la complejidad. Un diálogo consistente en una simetría recursiva de saberes que haga emerger un pensamiento de orden superior, como punto crítico de bifurcación que lleve hacia un nuevo nivel de resolución cultural.

El término “transdisciplinariedad” fue introducido por el epistemólogo y psicólogo suizo Jean Piaget en los años 70 del siglo pasado para describir una etapa superior en la estructura del conocimiento que trascendía los límites de las disciplinas. A través de sus obras, Piaget explicó la construcción del conocimiento mediante el uso de un proceso de equilibración, considerado como un proceso autorregulador de las estructuras cognitivas, similar a los procesos de autorregulación propios de los sistemas complejos, en los que la sinergia entre las partes da como resultado totalidades con propiedades emergentes. Piaget entiende que el proceso de equilibración es producto de la dinámica de adaptación del sistema con el medio, dentro del cual operan dos aspectos: la asimilación y la acomodación. La asimilación se corresponde con los nuevos conocimientos que se asimilan del medio en función de las estructuras cognitivas previas, y la acomodación con la modificación sucesiva de esas estructuras para transformarlas en nuevas totalidades. Bajo esta dinámica de transformación, el individuo construye el conocimiento mediante una dialéctica que evoluciona en espiral a través de síntesis. La teoría del aprendizaje significativo o con sentido se enmarca dentro del proceso de conexión que subyace en la síntesis de los conocimientos previos y los nuevos. Este tipo de aprendizaje se opone al mecánico o memorístico, aquel cuyos contenidos no establecen relaciones de ideas. No obstante, ambos se complementan en el proceso de aprendizaje (Troyán, 2015b, p.88-93). Hoy día, la epistemología constructivista de Piaget, según el cual el aprendizaje de un individuo se adquiere a través de conexiones para construir relaciones con sentido, parece tener algunas similitudes con el “conectivismo”, una nueva teoría del aprendizaje que se fundamenta en los principios relacionados con la teoría del caos, la auto-organización y las redes complejas. El conectivismo sostiene que el aprendizaje se produce gracias a la habilidad para reconocer patrones en un conjunto de ideas mediante conexiones de redes en los

entornos digitales (Internet, redes sociales...). Ello implica un aprendizaje no ya dentro del sujeto a partir de sus conocimientos previos y su interacción con el medio, como mantiene el constructivismo, sino fuera de él, de modo que el individuo va construyendo su propia red de relaciones apoyándose en los conocimientos y experiencias de los demás.

Piaget propuso el término “transdisciplinariedad” como una etapa superior en la estructura del conocimiento humano. Pero fue Morin (2006a, 2006b, 2006c, 2006d) quien desarrolló el término en su obra *El Método*, alzándose como uno de los principales exponentes del movimiento transdisciplinar. Para Morin, la transdisciplinariedad es una estructura cognitiva capaz de integrar los conocimientos de dos o más disciplinas. Junto a Piaget y Morin, el físico cuántico francés Nicolescu (1996) introdujo otras aportaciones significativas al terreno de la transdisciplinariedad. Con ocasión del Simposio Internacional sobre Transdisciplinariedad que organizó la UNESCO en mayo de 1998, Nicolescu publicó su *Manifiesto de la transdisciplinariedad*, en el que formula la metodología transdisciplinar. La formulación propuesta por Nicolescu se fundamenta sobre tres axiomas o principios fundamentales basados en los avances de la física cuántica (Figura 98):

1.- El axioma ontológico, por el que se reconoce en la naturaleza la existencia de dos niveles de realidad con leyes propias, los cuales no deben confundirse con los niveles de organización de los sistemas. Estas leyes se corresponden con distintos niveles de percepción y organización del conocimiento. Los niveles de percepción atañen a los diferentes niveles de realidad del sujeto cognoscente (A), mientras que los niveles de realidad son los niveles de realidad del objeto (no-A). El conocimiento se define como la dinámica engendrada por la interacción entre los niveles de realidad y los niveles de percepción. Desde ese punto de vista, el conocimiento transdisciplinar no es ni exclusivamente subjetivo ni objetivo, sino subjetivo-objetivo a un tiempo.

2.- El axioma lógico, referido a que el paso constante de un nivel a otro se efectúa por la lógica del tercero incluido (T), que es capaz de resolver las contradicciones de A y no-A, por ejemplo, onda y partícula. Por medio del tercero incluido se produce un isomorfismo entre los diferentes niveles de realidad y sus correspondientes niveles de percepción. El estudio de estas relaciones isomórficas, de las que había hablado Piaget a través de sus obras, es la clave en la transdisciplinariedad para encontrar la unidad en la diversidad. Dentro del modelo transdisciplinario, los isomorfismos nos permitirían definir tres tipos de significados, que, según Nicolescu (2006, p.24), son: el significado horizontal, que tiene que ver con las interconexiones dadas en un solo nivel de Realidad; el significado vertical, o la conexión que involucra varios niveles de Realidad; y el significado del significado, o la interconexión de to-

dos los niveles de la Realidad -sujeto, objeto y tercero incluido-. Este sería el objetivo último de la transdisciplinariedad, cuyo eje principal es el diálogo entre ciencia y espiritualidad.

3.- El axioma epistemológico, que manifiesta que del total de los dos niveles resulta una estructura compleja, en donde cada nivel es lo que es porque todos coexisten a un tiempo (Nicolescu, 1996, p.472). Dicha estructura es, digamos, multidimensional y auto-referencial, de ahí que la lógica del tercero incluido sea formalizable a través de la geometría fractal. De hecho, el concepto de autosemejanza puede ser asignable al isomorfismo existente entre los niveles de realidad y percepción. Esto quiere decir que el acoplamiento de los dos niveles requiere una dialéctica que se ajuste a las matemáticas fractales. Como escribió Carlos Arturo Ramírez (1999, como se citó en Peñuela Velásquez, 2005), “solo la dialéctica fractal entre los saberes permite la aproximación de lo humano en su integridad” (párrafo 44). Esa dialéctica fractal pretende ser la llave maestra capaz de abrir todas las puertas que el universo ofrece al conocimiento humano de manera sencilla y bella, porque permite resumir sus descripciones mediante simetrías recursivas.

El paradigma simplificante, regido por lo racional y orientado a fines prácticos, coloca fronteras en el campo de la organización disciplinaria, disgregando o fragmentando una y mil veces el objeto de estudio. Desde la ley de fragmentación, el conocimiento acaba por fragmentarse progresivamente en disciplinas aisladas. Esta fragmentación creciente de las esferas del conocimiento implica una especialización disciplinar que promueve el desarrollo unilateral de las habilidades humanas, que en cierta medida beneficia a cada disciplina, pero sin embargo, provoca la exclusión de las otras disciplinas, siendo responsable de romper el desarrollo armónico de todas las capacidades del hombre, la unidad interna de sus facultades. Esa ruptura impelida por la división de las diferentes disciplinas promueve antagonismos psíquicos o conflictos cognitivos en las conciencias individuales, que se trasvasan a la conciencia social de una cultura, tal y como se expresa en el plano ideológico con la fragmentación fractal entre realismo e idealismo, entre reduccionismo y holismo, entre ciencias naturales y ciencias humanas, etc., creando una sociedad dividida en lo que el novelista y científico inglés Charles Charles Percy Snow (1959, como se citó en Graboleda, 2007) denominó “las dos culturas”: la cultura científica, donde se incluyen las ciencias naturales y físicas, y la cultura humanística, en donde suelen incluirse las ciencias sociales o humanas. Una distinción extrema entre ciencias duras y blandas que equivale a erigir una demarcación entre disciplinas opuestas, y que no siempre fue así. Por ejemplo, durante el medievo la Universidad estaba orientada hacia la búsqueda del saber universal a través del diálogo disciplinar.

En los últimos años, se han producido conexiones entre las dos culturas gracias al surgimiento de las ciencias de la complejidad, que al hacer hincapié en las emergencias espontáneas de orden en todos los niveles de organización, ha creado relaciones isomórficas o autosemejantes entre las diferentes disciplinas, en consonancia con la propuesta del biólogo Ludwig von Bertalanffy (1976, como se citó en Puente Vigiola, 2014). Ese isomorfismo abre los límites de la visión reduccionista y mecanicista de la física clásica, y posibilita una visión más sistémica y holística de la realidad. La transdisciplinariedad se desarrolla sobre las dos vertientes antagonistas, como manifestación de los fenómenos complejos producidos por la dualidad de los sistemas. Esta posición intermedia nos puede conducir a la denominada “tercera cultura”, un ámbito de unión entre las ciencias y las humanidades que fue sugerido primeramente por Snow, y defendido poco después por John Brockman (1996, como se citó en Graboleda, 2007) en su manifiesto *The Third Culture*. El advenimiento de esta nueva cultura se basa en los nuevos avances científicos que surgieron a raíz de ciertos grupos de intelectuales en el terreno de la física, la biología, la informática, la psicología o la filosofía, y que tuvieron una visión holística del mundo. Estos pensadores estarían relacionados con los denominados creativos culturales, y se caracterizarían por tener una mayor conectividad de los hemisferios cerebrales a través del cuerpo caloso, una cualidad propia de la polimatía o del hombre del Renacimiento, término que se refiere a la habilidad de una persona para dominar varias áreas del conocimiento o disciplinas, y que se considera una forma de transdisciplinariedad.

La realidad reducida ora al sujeto ora al objeto ha generado las cosmovisiones dualistas, ya hablemos de realismo o de idealismo, de reduccionismo o de holismo, de ciencia o de humanismo, cuyas posturas se reafirman con la exclusión de la otra. Un conocimiento completo no es sino la reunión equilibrada de esas dos visiones, puesto que todo lo que emerge en la naturaleza contiene ambos aspectos. La preferencia por un modelo de percepción u otro está fundamentada en la libre elección de la voluntad. Por consiguiente, el conocimiento del ser humano es una cuestión de decisión, y no puede encasillarse bajo un modelo en concreto, porque depende de la libertad propia de cada individuo por disgregar, integrar o trascender los conocimientos disciplinares. Trascender significa incluir la lógica del tercero para unificar el conocimiento, es decir, incluir la analogía como un nuevo elemento lógico que salve el abismo que media entre la cultura objetiva y subjetiva, un producto intersubjetivo que participe de ambas a través de la comprensión empática.

El eje fundador de la comunicación entre las diversas disciplinas está en el uso de la analogía y el diálogo de saberes, por una parte, entre la ciencia y el arte, y, por otra, entre la

ciencia y la espiritualidad, diálogo que ha sido reforzado últimamente por el conocimiento integrado al que aspira la transdisciplinariedad. La comunicación entre esos ámbitos es posible porque todos comparten un territorio en común, a saber, el proceso creativo, por el cual se produce la interacción dinámica entre los dos hemisferios cerebrales, un encuentro en donde dialogan sentimiento, pensamiento y acción para formar un conjunto orgánico y multidimensional. En suma, la investigación transdisciplinar implica un pensamiento sistémico, complejo, que busca reconciliar las polaridades mediante analogías, y esta misión se corresponde con un nivel de realidad diferente, a la creatividad en su totalidad. La clave estaría en el principio de complementariedad de la física cuántica, que, aunque excluyente (no puede conocerse A y no-A al mismo tiempo), puede incluir ambas a un tiempo.

11.3. La Educación Transdisciplinaria

Durante más de trescientos años, la lógica formal propia de la ciencia ha dominado el pensamiento de Occidente, y esto ha provocado un conocimiento aislado que dificulta el diálogo hemisférico. En la lógica formal los pares contradictorios, por ejemplo, onda y corpúsculo, continuidad y discontinuidad, no localidad y localidad, se excluyen mutuamente al no poder afirmar la validez de A y no-A al mismo tiempo. Desde la Era Industrial hasta nuestros días, la educación occidental ha estado orientada hacia esa manera de percibir la contradicción, ya que se ha enfatizado cada vez más el pensamiento lógico-racional mediante el refuerzo predominante de los sentidos externos y el hemisferio izquierdo. Esto ha favorecido la oposición en los modos de percepción y, consecuentemente, el bloqueo del diálogo hemisférico dentro del sistema escolar. Dicha visión es reflejo en el terreno educativo de las categorías rígidas establecidas por la ciencia, las cuales han condicionado un solo modo de conocer y actuar que, dicho sea de paso, prepara para el individualismo y la competitividad intelectual entre las diversas disciplinas. Gracias a esas categorías, se han originado grandes logros científicos y tecnológicos a nivel material; sin embargo, esta opción paradigmática es la expresión de un sistema cultural cuyas dicotomías escinden las capacidades humanas en función de divisiones mutuamente excluyentes y unilaterales. Ello supone el descuido del pensamiento creativo, que tiene que ver con aquellas funciones del hemisferio derecho que fomentan la empatía y la colaboración, lo que significa sentir una humildad compartida. Todo esto implica la falta de uso del lenguaje emocional del inconsciente individual y, por lo tanto, la consiguiente pérdida de conexión con el inconsciente colectivo, universal, con el campo holográfico que todo lo conecta. De ahí que en el proceso educativo se deba incluir, además de la lógica formal, la analogía o el tercero incluido del pensamiento complejo. Con todo, se pretende

que el estudiante sea preparado para ser capaz de razonar y a la vez sentir, con el fin de compensar la competencia y la cooperación intelectual, la dualidad y la unidad, una tarea indispensable a la hora de solventar los problemas a los que nos enfrentamos. El físico Fritjof Capra (1982, como se citó en Santos Rego, 2000) resume con claridad lo antedicho cuando dice que “hemos hecho prevalecer, [...], el análisis sobre la síntesis, la autoafirmación sobre la integración, la competición sobre la cooperación, la expansión sobre la conservación, y así sucesivamente hasta encontrarnos con una crisis social, ecológica, moral y espiritual de enormes dimensiones” (p.44).

A partir del siglo XVII, el método cartesiano, al separar el sujeto del objeto, iniciará un proceso de especialización que dará lugar a una gran cantidad de disciplinas aisladas. El proceso de especialización se acrecentó a partir de la Revolución Industrial y los avances tecnocientíficos que se produjeron desde la modernidad en adelante, creando las llamadas dos culturas. Esta tendencia a fragmentar en especialidades se manifiesta en el carácter disciplinario de la Universidad, y arranca, obviamente, desde el proceso de enseñanza-aprendizaje del sistema escolar. La capacidad de un sujeto para aprender se dirige hacia las categorías o productos explícitos de una determinada cultura, de tal forma que se produce una dialéctica que hace que lo subjetivo se vuelva objetivo y a la inversa. De esa dialéctica entre lo subjetivo y lo objetivo surgen los diferentes niveles del conocimiento, que se construyen a partir de un balanceo de cautelosas selecciones y rechazos de datos. La necesidad de poner orden en el mundo fenoménico hace que la ciencia seleccione los datos que suponen certeza, rechazando el desorden y la incertidumbre, es decir, eliminando lo contradictorio. Y al separar, jerarquiza la información en niveles disciplinarios separados, sin relaciones entre sí. En la mayoría de los centros educativos los diferentes niveles del conocimiento siguen una jerarquía similar, que estriba en la separación de información y, por consiguiente, en la mayor o menor importancia de las asignaturas. En el nivel más alto se sitúan aquellas asignaturas que requieren un razonamiento verbal y lógico-matemático, como el lenguaje y las ciencias, y en el más bajo aquellas otras, consideradas marías, que implican formas no racionales de pensamiento, como la música y el arte (Robinson, 2009). Esta visión fragmentada del currículo entroniza la razón y la separa de las emociones, comprometiendo el desarrollo de una personalidad integrada. La visión holística de la educación no es otra que la necesidad de introducir metodologías que ayuden a favorecer la complementariedad de estos dos aspectos de las personas a través del reconocimiento de las conexiones de los hemisferios cerebrales y sus proporciones armónicas. A la hora de confeccionar esas metodologías holísticas deben tomarse como base los

aportes de los nuevos paradigmas científicos que se orientan al desarrollo de la ciencia de la complejidad.

La educación estándar, principalmente en la Universidad contemporánea, educa el paradigma simplificante de la ciencia para fomentar el uso del razonamiento y la competitividad en beneficio de los intereses económicos de la Era Industrial, un hecho que se refleja en todas las esferas sociales. A raíz de esta deficiencia, el sistema académico ha privilegiado la separación frente a la unión (Morin, 2007). Pero la fuerza de los nuevos paradigmas científicos requiere paralelamente un cambio de paradigma en la educación moderna, desde la etapa escolar a la universitaria. La UNESCO ya desarrolló una estrategia global para difundir ese cambio educativo solicitándole al investigador transdisciplinario Morin (1999) que expresara su esencia en el libro *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. El cambio exige, como apunta Robinson (2009), proceder más allá de las disciplinas curriculares que se imparten por separado en cada aula, trascendiendo las jerarquías por niveles, una forma de actuación docente que se ajusta al principio de dinamismo de los sistemas complejos. Para ello, los procesos de enseñanza y aprendizaje deberían incluir el estudio sobre la complejidad como base teórica de los principios epistemológicos de la transdisciplinariedad, con la finalidad de ayudar a los educandos a potenciar las habilidades de los hemisferios cerebrales, y así afrontar con éxito los desafíos del futuro a partir de la superación fragmentaria del conocimiento. Ejemplos prácticos son los principios de recursividad organizacional y hologramático de Morin, cuyas características tienen la capacidad de promover el pensamiento creativo, por medio del cual se pueden unificar las ideas contradictorias en función del todo. Siendo así, se vuelve imperante diseñar programas educativos que pongan en práctica los principios epistemológicos del pensamiento complejo, con la introducción de metodologías que manifiesten las características de oposición y complementariedad que se presentan en todos los niveles del conocimiento disciplinar. A fin de llevar a cabo esa dinámica operativa, los profesionales de la enseñanza deberían asumir el desarrollo personal del pensamiento complejo, con el objetivo de introducir en sus clases elementos propios de ambos hemisferios. Por ejemplo, los maestros y profesores tienen que facilitar que los estudiantes aprendan con una dosis equilibrada de formación disciplinar y libertad creativa en todos los niveles de enseñanza. Solo así será posible interconectar los aspectos comunes de una asignatura con otra y activar la sincronización hemisférica que lleve a la formación de personas íntegras. Una especie de síntesis integradora por parte de una cultura del tercero incluido que reduzca la fragmentación ciencia-humanismo de manera viable dentro del marco del conocimiento de la Universidad, y que nos ayude a formar una imagen más armónica de la naturaleza y del hombre.

Dado que la teoría de los sistemas complejos se relaciona con las teorías que conducen a lo transdisciplinario, en la educación del siglo XXI debiera introducirse la taxonomía de los niveles de realidad y percepción desde la perspectiva holística del pensamiento complejo, como forma complementaria de acercar la unificación del conocimiento a las aulas estudiantiles y de ofrecer una comprensión más amplia y compleja de la realidad. Esta acción educativa es necesaria para alcanzar el potencial creativo, que está alineado positivamente con los valores normativos en sus aspectos de verdad (creatividad científica), belleza (creatividad artística) y bondad (creatividad mística). En este sentido, la belleza, con sus atributos de ritmo, simetría, proporción, equilibrio y armonía, sería otro modelo a seguir para promover una educación integral que implique no solo los conocimientos disciplinares de la ciencia, sino también aquellos otros que favorezcan las conexiones significativas entre diferentes asignaturas; una educación estética que contemple un conocimiento local y global con el empleo de ambos hemisferios cerebrales, y que supere el uso simple de las actividades multidisciplinarias e interdisciplinarias bajo el amparo de los presupuestos de la metodología transdisciplinar. A la hora de potenciar esa creatividad artística, sería fundamental incluir un apartado dirigido a enseñar algunas nociones básicas sobre el funcionamiento del cerebro, asociadas sobre todo con la teoría del Cerebro Triuno de McLean y la teoría de especialización hemisférica. Dentro de este contexto, la teoría tricerebral de De Gregori se mostraría eficaz a la hora de desarrollar el equilibrio de los hemisferios desde la proporcionalidad de la sección áurea, con el propósito de mejorar significativamente los procesos del binomio enseñanza-aprendizaje. El “revelador del cociente mental triádico” se alzaría como el sistema de medición capaz de evaluar los tres procesos mentales (cociente intelectual, emocional y pragmático) y revelar la dominancia cerebral de cada estudiante, para estimular las funciones menos desarrolladas del cerebro y establecer con ello un equilibrio armónico (Quintero Restrepo, Arias Villa y Sandoval Vidal, 2013). Precisamente, esta herramienta fue aplicada en la hermenéutica fractal de Chacón y Rojas Pineda (2003), que pretende ser un método útil para dar sentido y comprender textos filosóficos en el proceso de enseñanza-aprendizaje, así como para desarrollar la habilidad comunicativa de los estudiantes mediante enfoques fractales y triádicos. En este sentido, la creatividad artística debe tener también presente las relaciones entre los hemisferios cerebrales y los elementos del lenguaje visual desde constructos fractales para estimular el potencial tricerebral. Esta idea se debe expresar a través del significado binario que poseen los colores y las formas en todos sus niveles, así como a través de sus intermediarios, que funcionan como superposiciones de estado, la capacidad de existir en múltiples estados a la

vez, por ejemplo, ser amarillo y azul al mismo tiempo si nos referimos a las diferentes tonalidades de verde.

Para afrontar el paradigma de la complejidad necesitamos explotar la parte del cerebro que fue relegada por la educación tradicional, desde la educación infantil a la universitaria. Pink (2008), en su libro *Una Nueva Mente*, habla de que en este nuevo mundo el hemisferio derecho del cerebro cobra especial importancia en el plano económico. En opinión de Pink, en los últimos 150 años hemos pasado de la Era Industrial a la Era de la Información, y de esta a la Era Conceptual. La aparición de las máquinas en la Era Industrial hizo que la fuerza física ya no fuera un atributo esencial en el trabajo. Posteriormente, con el advenimiento de las computadoras en la Era de la Información, caracterizada por la aparición de los productos de la economía del conocimiento, el análisis lógico dejó de ser, a su vez, un atributo significativo entre los empleados. En las dos primeras etapas primaban formas de pensamiento características del hemisferio izquierdo del cerebro. Pero ahora que los ordenadores pueden emular con mayor velocidad las capacidades y habilidades del hemisferio izquierdo, el papel de la creatividad, la empatía, la cooperación, la visión global y la búsqueda de lo trascendente va a ser muy importante en nuestra era actual, que Pink la llama Era Conceptual, y para ello se necesitará desarrollar las capacidades y habilidades creativas propias del hemisferio derecho, que se supone irán en aumento conforme la inteligencia artificial (IA) vaya tomando el control de los procesos productivos. Llegaremos así a conseguir una mente más equilibrada que alcance el tipo de mentalidad definido por la nueva era que se avecina.

12. El Método de la Complejidad

Ya que la lógica formal no puede dar inteligibilidad a la realidad en su totalidad, el estudio de esa realidad debe englobar a la lógica formal y trascenderla al mismo tiempo mediante la lógica dialéctica, que implica complejidad y creatividad. La dialéctica afronta el problema de la contradicción de forma diferente (Cusa, Pascal, Hegel...), pues parece contradecir el principio de tercero excluido de la lógica formal para aceptar el principio de tercero incluido. El tercero incluido es un principio unificador que permite entender la superposición de estados, que guarda relación con la no localidad del entrelazamiento cuántico, porque permite pasar de unos niveles a otros para superar las contradicciones de forma proporcional, armónica, complementaria y coherente. Como la lógica del tercero incluso establece analogías entre la parte y el todo, el estudio transdisciplinario requiere su uso para llegar a una síntesis o unidad superior.

12.1. La Lógica Formal

En sus orígenes, la cultura griega se enfrentó a la complejidad del mundo a través de los contrarios como complementarios, pero cuando el *mýthos* cedió el paso al *lógos* se fue abandonando esta visión holística de la naturaleza. A partir de entonces, se establecieron los primeros principios racionales de la lógica, dentro de los cuales se impuso no solo el principio de no contradicción, que intenta eliminar lo contradictorio del mundo por ser incompatible a la “verdad”, sino también el principio de tercero excluido, que suprime la zona intermedia de pares de opuestos. El tránsito del mito al logos de la filosofía griega antigua constituye, por lo tanto, el abandono de lo complejo y la institución de la lógica clásica. Ello cedió paso al paradigma simplificante en la forma de pensar, hasta el retorno de la complejidad del paradigma actual. Antes de que se dissociaran, pensamiento mítico y pensamiento racional convivían en sus orígenes.

Las grandes corrientes que marcan el paso del mito al logos se estructuran en base a una dicotomía fundamental. En la filosofía, esta dicotomía se funda a partir de dos filósofos griegos que vivieron en el siglo V a.C.: Heráclito y Parménides (San Miguel de Pablos, 2010). Heráclito priorizó los sentidos frente a la razón. Para él, la naturaleza era cambiante, dinámica, y la verdad se encontraba en ese constante flujo. El movimiento se producía según un proceso dialéctico por el cual el estado de un elemento pasaba a ser su contrario a medida que se desarrollaba (enantiodromía), en una suerte de enfrentamiento entre opuestos que retornaba eternamente. Pero subyacente al conflicto existía una unidad, el logos o razón universal (que podemos interpretar como orden, medida y proporción, entre otras concepciones), que estaba referido a una fuerza que organizaba los elementos individuales del mundo en un todo coherente, una coherencia sin la cual no se regularían las oposiciones. Esta visión global, que parte del ser múltiple y la complejidad, funda la concepción dialéctica de la realidad. En comparación, el pensamiento de Parménides se desarrolla en la crítica de Heráclito. Parménides pensaba que los sentidos no eran una fuente válida del conocimiento, y opuso un principio de razón a las contradicciones de Heráclito: el principio lógico de identidad, según el cual lo que es, es, y lo que no es, no es. Mediante ese principio lógico, Parménides dedujo que el ser era uno, indivisible, inmóvil y eterno, por tanto, lo único verdadero, un monismo estático que se contraponía al monismo dinámico de Heráclito. Todo lo demás era una ilusión creada por nuestros sentidos. Parménides también sostenía que los opuestos podían ser sensibles e inteligibles. Los opuestos sensibles son todos aquellos que percibimos a través de nuestros sentidos, como el día y la noche, que al ser relativos y cambiantes, son meras ilusiones.

Los opuestos inteligibles son aquellos otros comprendidos a través de la razón, como lo bueno y lo malo, que al ser universales y no cambiantes, son la verdadera realidad. Para Parménides, los opuestos sensibles no se excluyen, porque las cosas son y no son al mismo tiempo, a diferencia de los opuestos inteligibles, que sí se excluyen, porque la afirmación de uno comporta la negación del otro. La negación supone negar el cambio y la multiplicidad que se observa en el mundo. De ahí llega a la conclusión de que hay dos mundos: el mundo sensible, que nos muestra las contradicciones, el cambio y la multiplicidad; y el mundo inteligible, que está sometido al principio de identidad y no contradicción, permitiendo conocer la unidad del ser. Estas diferencias entre Heráclito y Parménides anuncian una dicotomía en el conocimiento que no ha cesado desde entonces, sobre todo a partir de la escisión que marca Platón entre lo sensible y lo inteligible. La primera forma de conocimiento conoce de abajo arriba, la segunda de arriba abajo. Empédocles alcanzó a dar una explicación sintética al intentar conciliar la unidad y la multiplicidad del pensamiento de Heráclito y Parménides bajo una solución cíclica nacida de la tensión entre el amor y el odio, principios dinámicos de las fuerzas elementales de atracción y repulsión, de unión y separación de los cuatro elementos que, según él, componían el universo: el fuego, el aire, el agua y la tierra, que llamó las “cuatro raíces de las cosas”. Asimismo, Demócrito, quien desarrolló el atomismo fundado por Leucipo, trató de integrar las visiones de Heráclito y Parménides a través del concepto de átomo, pequeñas partículas indivisibles y eternas que se unían o separaban constantemente a través de un espacio vacío, que él llamaba el “éter”. Este espacio vacío era un espacio que permitía a los átomos moverse incesantemente para crear todas las cosas.

Las matemáticas son una herramienta fundamental para el pensamiento lógico-racional. Los primeros principios formales de las matemáticas se desarrollaron en Grecia. En el siglo IV a. C., Platón, Euclides y, sobre todo, Aristóteles proponen las primeras ideas hacia la lógica formal que ya inició Parménides. Heráclito fue el primer empirista al admitir la validez de los sentidos externos como fuente de conocimiento, pero expresó un pensamiento dialéctico mediante términos contradictorios. Con Aristóteles la contradicción fue expulsada definitivamente, pues concibe un método empírico-racional para formalizar el conocimiento humano asentado sobre el principio de no contradicción, oponiéndose a la lógica dialéctica de Heráclito. Ello representa un intento serio de fundar la lógica como ciencia. A partir de entonces, se acelera la disgregación del conocimiento con las primeras divisiones disciplinarias, que posteriormente se fueron desprendiendo de la filosofía para ocupar ámbitos de la ciencia (ver apéndice C).

El conjunto de libros que Euclides denominó *Elementos* es el primer sistema formal axiomático deductivo conocido, dado que organiza la geometría de forma científica y rigurosa para poder dilucidar teorías. Al distinguir entre principios y teoremas (las proposiciones que se demuestran a partir de los principios), Euclides configuró la manera correcta de hacer geometría. Así como la geometría euclidiana es la geometría correcta, las tres leyes aristotélicas describen la manera correcta de razonar. Los principios básicos de la lógica de Aristóteles son: el principio de no contradicción (no es posible que una cosa sea dos cosas a la vez, pues nada puede ser y al mismo tiempo no ser, luego no puede haber dos afirmaciones verdaderas que se contradigan entre sí), el principio de identidad (cada cosa está separada y es diferente de las demás, porque lo que es, es, luego cada cosa tiene una identidad que no puede cambiar sin dejar de ser lo que es), y el principio del tercero excluido (no existe una tercera posibilidad entre dos cosas contrarias, ya que todo debe ser o no ser, luego solo puede haber dos posibles opciones en cualquier afirmación). El principio de no contradicción y de tercero excluido se basan en el principio de identidad. Son diferentes maneras de repetir la misma ley. Y el principio de no contradicción es la formulación en negativo de la afirmación positiva del principio de identidad, algo es idéntico o igual a sí mismo. Podría decirse que es el complemento del principio de identidad.

La física clásica se basaba en los postulados de la geometría de Euclides para proyectar la dinámica de los cuerpos en un espacio tridimensional de superficie plana. Pero los conceptos de la geometría euclidiana, si bien fueron necesarios para el desarrollo de la ciencia clásica, son insuficientes para explicar la naturaleza compleja, contradictoria y caótica de lo real. En la primera mitad del siglo XIX, los matemáticos desarrollaron geometrías no-euclidianas a raíz del cuestionamiento del quinto postulado de Euclides, que dice que dos líneas paralelas nunca se cortan. Esto permitió la construcción de sistemas geométricos donde las líneas paralelas se podían cortar, como la geometría elíptica y la hiperbólica, en las que Einstein basó su teoría de la relatividad, pues las aplicó al estudio de la curvatura espacio-temporal. A partir de entonces, los tres principios básicos de la lógica aristotélica fueron desafiados por otros sistemas lógicos, ante todo el principio del tercero excluido, que excluye cualquier rasgo de mediación que permita una participación de los extremos y que no es solidaria al concepto de la complejidad, en donde coexisten los contrarios.

El modelo científico se instaura a lo largo de los siglos XVI y XVII amparado en el nominalismo, en el dualismo cartesiano y en la física newtoniana, y se va desarrollando hasta el despunte de la ciencia moderna, cuyos conocimientos se constituyen a base de la inferencia empírico-racional de Aristóteles. La ciencia moderna heredó los principios aristotélicos de la

lógica formal, que se han ido completando y refinando a lo largo del tiempo como forma de investigar los fundamentos matemáticos y lógicos. La lógica formal constituye un intento de inferir las categorías del mundo utilizando como instrumento los principios de no contradicción, de identidad y del tercero excluso. El principio de no contradicción supone la negación de la contradicción, el principio de identidad atiende a las partes individuales como elementos aislados, y el principio del tercero excluso implica la negación de la síntesis creadora o integración. La ley de exclusión es consecuencia del principio de no contradicción. Si el principio de no contradicción afirma que algo es igual a sí mismo y no es posible que sea diferente de sí mismo, entonces igualdad y diferencia terminan por excluirse. Esta exclusión se expresa en la ley del tercero excluso, que dice que una cosa tiene que ser una de las dos partes de la exclusión, no pudiendo ser a la vez una y otra. Como el tercero excluso dictamina que entre una cosa y su opuesta no hay intermediarios, se rige por el principio de no contradicción. El principio de no contradicción es el fundamento filosófico y científico de la clasificación dicotómica o dual de la realidad. Por ello, el tercero excluso hace de la lógica una lógica bivalente o binaria, donde solo hay dos valores posibles: 1 ó 0, verdadero o falso.

En la física clásica, se presupone que las cosas están separadas y no es posible relacionar sus contradicciones. La naturaleza del lenguaje lógico se encierra en la lógica binaria, que al operar sobre los valores de verdad y falsedad, introduce una posibilidad de negación en las proposiciones. Si una proposición coincide con la experiencia, entonces es verdadera, en caso contrario es falsa. Así pues, decir "verdadero" comporta implícitamente decir "falso" y negarlo. Dado que el principio de no contradicción excluye uno de los dos términos de una ambivalencia, tomando por verdadera una de las dos posiciones contrarias, un rasgo de la contradicción lógica es separar lo verdadero de lo falso con tal de llegar a la certeza, de modo que los enunciados con valor positivo deben ser verdaderos y los contradictorios deben ser falsos. Como el criterio de verdad sigue los principios de la no contradicción, no puede haber intermediarios entre la verdad y la falsedad. Este hecho genera conflictos incapaces de unir dos verdades contrarias. Por esta razón, la lógica del método científico invoca a la clasificación fragmentaria, impidiendo afrontar el problema de la contradicción.

Aunque el análisis de la lógica bivalente, formal, elimine todo aquello que no es posible de ser tratado lógicamente ni empíricamente, porque se haya sometido a la eliminación de contradicciones, paradojas e incertidumbres, la ciencia clásica se ha visto dinamizada en diversos grados por la dialéctica entre la imaginación teórica (el sujeto que conoce) y la verificación experimental (el objeto conocido), entre el racionalismo y el empirismo. La racionalidad cartesiana y el mecanicismo impuesto por la ciencia newtoniana terminaron por ocasionar la

fragmentación del conocimiento, más que nada por su tendencia a delimitar las disciplinas y el objeto de estudio separando la parte del todo. Aunque el racionalismo se inició gracias a las aportaciones de los clásicos griegos hace aproximadamente 25 siglos, se fue haciendo predominante en nuestra cultura occidental debido a la contribución de Descartes, Newton y, en particular, por la extensión que tuvo las tesis positivistas. La adopción de este tipo de tesis tiene derivaciones a nivel de la conciencia y la conducta humana, y conllevan un empobrecimiento de la espiritualidad, ya que al reducir la relación entre metafísica y la física a la contradicción total, son antimetafísicas y, en consecuencia, reniegan radicalmente de la afectividad y la intuición. Ello produce la emergencia de ámbitos cada vez más disgregados y aislados entre sí, como la separación entre los ámbitos humanísticos y científicos, entre los juicios de valor y los juicios de hecho, que comportan por separado sus propios principios de organización del conocimiento. El conocimiento humanístico se centra en el todo, y el científico en las partes. Al centrarse en las partes, el conocimiento científico carece de un proceso de valoración que otorgue sentido acausal a la vida, puesto que los juicios de valor se consideran factores subjetivos que pueden interferir en los resultados objetivos de las investigaciones.

El rígido determinismo mecanicista del paradigma simplificante de Occidente entró en crisis cuando las teorías cuántico-relativistas surgidas en el ámbito de la física del siglo XX comenzaron a cuestionar sus fundamentos con la introducción de conceptos ya de por sí complejos, como el relativismo, el continuo espacio-tiempo, la curvatura del espacio, el indeterminismo, la probabilidad y la complementariedad. Y las teorías de la complejidad terminaron por minar aún más su marco de referencia al incorporar estos conceptos científicos dentro de su paradigma e incluir instrumentos para tratar con el caos, la auto-organización y los sistemas no lineales. A nivel cósmico, la relatividad general de Einstein relativiza la concepción del espacio y del tiempo al basarse en una geometría no-euclidiana que se curva en presencia de materia y energía para producir la gravedad, sustituyendo la idea del espacio y del tiempo absolutos de la física de Newton por un continuo espaciotemporal. A partir de entonces, la lógica descubrió sus carencias y límites, y se dio el primer paso hacia una revolución en el enfoque onto-epistemológico. La física cuántica es una aplicación de ese nuevo enfoque, porque a nivel subatómico hay un indeterminismo ontológico y epistémico, dado que las partículas no existen con certeza en un lugar y un momento definidos. Este indeterminismo no solo no obedece a las leyes deterministas de la física clásica, según las cuales un sistema material se encuentra en un estado bien definido por su posición y velocidad, sino que además las contradice.

La expresión del indeterminismo de la física cuántica es el principio de incertidumbre de Heisenberg. El principio de incertidumbre dictamina que existen dos magnitudes físicas complementarias en una partícula subatómica, como la posición y la velocidad, que resultan imposibles de determinar de manera simultánea, ya que el conocimiento de una magnitud prohíbe el conocimiento de la otra. Ello hace que no se pueda predecir su estado final. Esa incertidumbre es debido a que una partícula debe interactuar con los fotones o con la luz del instrumento usado para hacer la medición, y al hacerlo, perturba el resultado de su posición y velocidad. Una medición precisa de la posición de una partícula requiere el uso de una luz de longitud de onda corta, con el resultado de que la velocidad se vuelve imprecisa. Por el contrario, una medición definida de la velocidad requiere de una luz de longitud de onda larga, lo que lleva como resultado una mala definición de la posición. Una contribución importante a la hora de explicar los extraños sucesos del principio de incertidumbre es el principio de complementariedad de Bohr, que dice que para ciertos fenómenos subatómicos no es posible ofrecer explicaciones opuestas, sino complementarias. Esto significa integrar de manera coherente puntos de vista opuestos que se excluyen para la física clásica: onda y partícula, continuidad y discontinuidad, no-separabilidad y no-unicidad, acausalidad y causalidad, no localidad y localidad, simetría y ruptura de simetría..., una división del mundo que es parte de una unión cercana al misticismo, pues crea un paralelo entre la dualidad mente/cuerpo y pone en duda el concepto de objetividad de la física clásica. Tiempo después, la complementariedad se reprodujo en la descripción de los sistemas complejos, cuyos procesos dinámicos son vistos como localmente caóticos o aleatorios, pero globalmente siguen configuraciones deterministas que responden a los algoritmos fractales. Estos procesos abogan por una epistemología que es capaz de hacer coincidir muchas disciplinas en un nivel transdisciplinar.

La física cuántica contiene un indeterminismo en su nivel más básico que no se pone de manifiesto al nivel de nuestras dimensiones físicas, en el que una partícula no puede ser una onda. Con ello, la física cuántica cuestionó la existencia de un solo nivel de realidad, puesto que el nuevo nivel cuántico respondía a leyes y concepciones diferentes donde no podían aplicarse las categorías racionales de la lógica formal, sobre todo porque al nivel de las partículas subatómicas se revelaba la noción de lo contradictorio en la naturaleza de la luz, que parecía manifestarse ora como ondas ora como partículas, pero también simultáneamente como ondas y partículas. Debido a que las partículas subatómicas se comportaban como ondas, como partículas o como ambos al mismo tiempo, la física cuántica reveló la existencia de un tercer término para la epistemología. Esta intermediación incorporaba la lógica del tercero incluido, lo que puso en entredicho los principios de identidad, contradicción y tercero

excluso de la física clásica. De hecho, la lógica del tercero incluido conforma el núcleo de la física cuántica, porque permite entender el estado de superposición o entrelazamiento cuántico de las partículas subatómicas, que encaja con la autosimilitud fractal (Martínez Pérez, 2013). Ello supone captar el proceso dialéctico de coherencia que se produce de unos sistemas a otros, del átomo a la molécula, de la molécula a la célula, de la célula al órgano, del órgano al individuo, a la sociedad, a la cultura. En este sentido, el tercero incluido es un reflejo del logos griego del que hablaba Heráclito, una proporción en donde las dualidades están unificadas. Ese logos es nada más y nada menos que el tercer elemento de naturaleza superior que describe Platón en el *Timeo* y que vincula dos partes mediante una relación de proporcionalidad.

En la física cuántica, el determinismo mecánico de la física clásica deja paso al aparente desorden estadístico y a las condiciones siempre cambiantes de inestabilidad, que constituyen la esfera de la libertad. Por su naturaleza de probabilidad, la física cuántica produjo una brecha en principios tan fundamentales como la lógica de no contradicción del método científico. Como consecuencia, han aparecido lógicas más flexibles que han complejizado la lógica formal, ya que aceptan el reto de la contradicción y la incertidumbre dentro de su seno. Un caso particular es la lógica polivalente del matemático Gödel, que permite que las afirmaciones tengan varios grados de verdad o falsedad. La lógica polivalente es una especie de analogía del principio de incertidumbre de Heisenberg desarrollado cinco años antes, y que demuestra que cualquier sistema lógico tiene por lo menos una proposición que no puede verificarse sin ser contradicha. Aparte de la lógica polivalente, existen otras lógicas alternativas que son útiles en la aplicación de la física cuántica dada su naturaleza de probabilidad. Este tipo de lógicas se oponen al principio de no contradicción, porque alegan que la diferencia entre dos proposiciones contrarias no es absoluta, sino una cuestión de grado, dado que unos y otros supuestos son casi verdaderos, es decir, relativamente falsos, lo que introduce respuestas intermedias entre dos valores de verdad. Y por reconocer intermediarios admite un medio incluido que hace posible la complementariedad, pero sin salirse del todo del principio del tercero excluido. Se establece así una oposición frontal contra el positivismo científico basado en la lógica bivalente. Merece una mención especial la llamada lógica borrosa, cuya metodología fue formulada por Lotfi Asier Zadeh en 1965. La lógica borrosa es útil en situaciones complejas en las que no es posible determinar el grado de verdad o falsedad de un sistema. La borrosidad abre una puerta a la complejidad del mundo, junto a los fractales y el caos, y nos permite aproximarnos a la lógica del pensamiento dialéctico, complejo y transdisciplinario.

12.2. La Dialéctica

Aunque en el paradigma simplificante el tercero se excluye en función de lo fragmentario y analítico, en el paradigma de la complejidad el tercero debe ser incluido con base en la síntesis que capta la totalidad de un enunciado. Aparte de las lógicas surgidas en el seno de la física cuántica, que se interesan por las zonas intermedias de cualquier fenómeno polarizado, haciendo más compleja la realidad, existe un pensamiento filosófico que produce una suspensión del tercero excluso y que ha sido últimamente fortalecido por las nuevas teorías de la complejidad: el pensamiento dialéctico. La dialéctica es un método de razonamiento que se basa en el contraste entre dos proposiciones opuestas a través de un diálogo que examina los puntos de acuerdo y desacuerdo de ambas para complementarlas. Esta complementariedad se encuentra en los límites de una realidad fractal de naturaleza multidimensional, cuyas intermediaciones comprenden el tercero incluso.

El método dialéctico se originó en la antigua cultura griega. El pensador griego Heráclito fundó su concepción con la unificación de las dualidades, aunque será Platón quien lo aplique al razonamiento. Pero no fue hasta el siglo XIX cuando el filósofo Hegel formuló sus bases, al exponer las limitaciones de las leyes básicas de la lógica formal. El postulado principal de la dialéctica hegeliana es que todo en la materia se despliega en pares de opuestos que se oponen y se complementan. El enfrentamiento de esos aspectos opuestos y complementarios se produce a través de una tríada: tesis (como afirmación), antítesis (como negación) y síntesis (como negación de la negación). A estas tres fases Hegel las denomina “unidad simple”, “escisión u oposición” y “reconciliación o superación”. La tríada opera de la siguiente manera: se parte de una tesis que pretende ser verdadera (postura presentada para ser debatida), a la que se opone un enunciado contrario o antítesis. De esta oposición surge el reconocimiento de que las dos afirmaciones son parcialmente verdaderas, y que la verdad debe formularse en un nivel superior: la síntesis, que une los contrarios. Pero como la verdad solo está en el sistema total, la primera síntesis se propone como una nueva tesis, con sus correspondientes antítesis y síntesis. Se procede así reiteradamente a lo largo de muchos niveles, hasta llegar a la síntesis última o verdad. Este movimiento circular de tríadas dialécticas, que van de las partes al todo y a la inversa, responde en sí al concepto recursivo de fractalidad. Muchas estructuras del universo son fractales precisamente porque todo evoluciona a través de un desarrollo desorden-orden, desequilibrio-equilibrio. Dicha evolución obedece a las leyes fundamentales de la dialéctica: la ley de la unidad y lucha de los contrarios, la ley del paso de lo cuantitativo a lo cualitativo y viceversa, y la ley de la negación de la negación,

que corresponde a la fase de síntesis de Hegel. La proporción áurea expresaría esta evolución progresiva en espiral a través de contradicciones, por la cual la naturaleza, la sociedad y el pensamiento se auto-organizan.

El paradigma epistemológico del principio de no contradicción ha sido uno de los obstáculos más fuertes que ha encontrado el desarrollo dialéctico de la realidad y del pensamiento. En la naturaleza, hay antagonismos complementarios que nuestro razonamiento traduce como contradictorios, debido a que sus principios lógicos aíslan y fragmentan las totalidades orgánicas. Mas las contradicciones se dan en el pensamiento lógico, no en el entorno natural. El pensamiento lógico no es capaz de percibir la unidad de los contrarios de la naturaleza, su desarrollo dialéctico, por causa del principio de no contradicción, que, al diferenciar entre una verdad y una falsedad absolutas, y no concebir las contradicciones como generadoras del cambio, niega el movimiento. Salir de esa lógica comporta unir de forma dialéctica conceptos contradictorios, entrar en el terreno de la creatividad, la invención y la complejidad. Y aquí aparecen los aspectos propios de los sistemas complejos, de cuya interioridad forma parte el pensamiento dialéctico.

El pensamiento mecanicista y reduccionista se desarrollaron en el marco de los principios de la lógica formal, que son indispensables allí donde es importante la veracidad de los enunciados parciales, si bien resultan insuficientes en todo enunciado complejo que lleva en sí mismo la contradicción. Al fragmentar la realidad en partes y no ser capaz de incluir la contradicción, se vuelven inadecuados cuando tratamos de concebir los fenómenos complejos de la naturaleza, que indican caos, no linealidad, multidimensionalidad, interacciones, movimientos, saltos bruscos, auto-organización, cambios cualitativos con nuevas emergencias, transformaciones y, por ende, totalidades de contradicciones. Esto es, cuando las leyes de los principios de la lógica formal tratan de aplicarse a los fenómenos dinámicos, complejos, contradictorios y no lineales de la naturaleza, estas no sirven, pues parten de una visión de la realidad que responde a una forma esencialmente lineal, unidimensional, reduccionista y estática. Son leyes útiles para analizar, definir, etiquetar, clasificar los conceptos, aunque no para establecer relaciones recíprocas entre ellos ni admitir sus contradicciones.

La contradicción y la incertidumbre de la física cuántica y la complejidad (la teoría del caos, los fractales, la proporción áurea, las propiedades emergentes...) no presentan problemas cuando se usa un pensamiento dialéctico. El pensamiento complejo emplea la lógica clásica, pero a la vez la trasciende a través del pensamiento dialéctico, que es pensar a un tiempo en la unión y la oposición de los enunciados, usando para ello una metalógica que recurre al pensamiento analógico, y que incluye en sí la igualdad y la diferencia. Por eso, la

dialéctica es una técnica de razonamiento que se basa en la unidad y lucha de los contrarios. Al ser un modo de pensamiento que integra lo contradictorio, la dialéctica acepta las nuevas lógicas trivalentes, polivalentes, etc. a través de la inclusión de un tercero o término medio radicado en la simetría entre los opuestos. La lógica del tercero excluido es dual, binaria, basada en la racionalidad cartesiana y la lógica excluyente. Sin embargo, la lógica del tercero incluido es dialéctica, dialógica, admite las contradicciones y la creatividad. No niega la lógica formal, sino que la incluye para comprender la realidad cambiante. Con todo, no puede considerarse como una lógica en sí, sino como un pensamiento filosófico que trasgrede los principios de la lógica clásica.

Las contradicciones son categorías científicas que tienen su correlato en la realidad explícita, donde las dualidades se excluyen recíprocamente. Esta exclusión da origen a la diversidad del mundo, a un fenómeno de diferenciación que se rige por el principio de identidad, no contradicción y tercero excluido de la lógica formal. Puesto que es el plano de la realidad concreta, no puede afirmar la validez de una cosa y lo contrario a un tiempo. Por esta razón, la lógica formal conlleva el determinismo y la disgregación del conocimiento, influyendo en la percepción del mundo. Es el ámbito de lo medible, lo cuantificable, lo lineal, lo predecible dentro de las leyes de causa-efecto. No obstante, en el nivel implícito las dualidades se incluyen, ya que es una realidad subyacente más allá de la contraposición que todo lo relaciona. Se rige por la libertad creativa, por las leyes de la dialéctica y por el principio del tercero incluido del pensamiento complejo, lo que hace posible la transdisciplinariedad y la integración de varios niveles del conocimiento. Esta unidad de lo diverso se verifica en los saltos de novedad, que equivalen a las transformaciones emergentes de la naturaleza, cuyo eje central es la síntesis que otorga la dinámica del entrelazamiento cuántico, el cual confiere propiedades de causa final a las cosas.

12.2.1. El Tercero Incluido. En la lógica aristotélica, no existe relación entre A y no-A, ni existen intermediarios que los una. En ella hay tres términos diferenciados: A, no-A y un tercero excluido. Es un sistema lógico lineal y binario, como si se tratara de un lenguaje computacional de bits clásicos. Pero en la lógica dialéctica, A y no-A pueden coexistir al mismo tiempo, porque el tercero incluido realiza la síntesis de los opuestos en una totalidad integradora, tal y como se manifiesta la información basada en los bits cuánticos. A pesar de las implicaciones metafísicas que conlleva, Stephane Lupasco (1935, como se citó en Nicolescu, 2005) elaboró una lógica del tercero incluido para formular su principio de antagonismo, en consonancia con el principio de complementariedad surgido en el ámbito de la física

cuántica. Para Lupasco, cualquier fenómeno es una polarización que se manifiesta en la realidad física o, por extensión, biológica, como la actualización de un dominio de potencialidad que contiene una conciencia elemental (protoconciencia en términos de Penrose). La actualización entra en el ámbito de las partículas, de lo discontinuo y heterogéneo (diferenciación), en tanto que la potencialidad en el de las ondas, de lo continuo y homogéneo (integración). El principio de antagonismo constituye la dinámica de un estado intermedio, en sí mismo contradictorio, que vincula toda actualización a una potencialización de naturaleza antagónica, de manera que la dinámica de actualización relativiza la de potencialización, y a la inversa. Los diferentes grados de antagonismo entre la actualización y la potencialización son los distintos valores de su dinámica. Consecuentemente, cada grado queda definido por la relación de tres parámetros: por la actualización, por la potencialización antagonista y por el principio de antagonismo, que Lupasco llama el tercero incluido. Este tercero incluido relaciona la actualización con la potencialización, la realidad física con la conciencia elemental, y esa relación se traduce como conciencia de conciencia (conciencia humana), que viene a ser concebida como una conciencia afectiva.

La nueva lógica del tercero incluido de Lupasco comparte un marco epistemológico común con los conceptos de complejidad de Morin (2008, 2012) y con la teoría del físico rumano Nicolescu (1996), quien la amplió para hacerla más comprensible al añadir el axioma ontológico y la existencia de diferentes niveles de realidad, una idea que ya había sido transmitida desde antiguo dentro de la tradición religiosa y espiritual, aunque con un matiz metafísico. Partiendo de la ruptura de los principios fundamentales entre la física clásica y la física cuántica, así como de los estudios neurocientíficos llevados a cabo por psiquiatras como Eugene d'Aquili (1975, como se citó en Rubia, 2009), entre otros, Nicolescu fundamenta su metodología transdisciplinaria en tres axiomas o principios: el principio de la complejidad, el de los diferentes niveles de la realidad y la inclusión del tercero excluido (T), es decir, la lógica del tercero incluido, también llamada la lógica de Lupasco-Nicolescu (Figura 99). Nicolescu (1996) dice respecto al tercero incluido:

Para obtener una imagen clara del sentido del tercero incluido, representamos los tres términos de la nueva lógica -A, no-A y T- y sus dinamismos asociados, por un triángulo en el cual uno de los vértices se sitúa en un nivel de Realidad y los otros dos en otro nivel de Realidad. Si se permanece en un solo nivel de Realidad, toda manifestación aparece como una lucha entre dos elementos contradictorios (ejemplo: onda A y corpúsculo no-A). El tercer dinamismo, el del estado T, se ejerce a otro nivel de

Realidad donde eso que aparece como desunido (onda o corpúsculo), esta de hecho unido (quanton), y eso que aparece como contradictorio es percibido como no-contradictorio. (p.24)

La lógica del tercero incluido de Lupasco-Nicolescu nos dice que existe un nivel de realidad en el que A es solo A, y no-A solo no-A. La física clásica, así como el operador “binario” que definió el neurocientífico Eugene d’Aquili, y que se encuentra, según las investigaciones del neuropsicólogo ruso Luria (1968), en la parte inferior del lóbulo parietal del hemisferio izquierdo, tendrían lugar en este nivel. Sin embargo, existe otro nivel de realidad superior al anterior en donde se da una identidad (A es A) que a la vez se niega a sí misma (A es no-A), una zona de no-resistencia complementaria, es decir, no determinada por nuestros procesos de categorización, que marca el paso de un nivel a otro por medio del tercero incluido. En esa zona de no-resistencia se darían los niveles de entrecruzamiento de la experiencia religiosa, artística y creativa (Nicolescu, 1996). Es este, en definitiva, el nivel de realidad que reveló la física cuántica, así como el nivel del operador “holístico” ubicado en la corteza parietal del hemisferio derecho, de cuya estimulación surgen las experiencias espirituales. Atañe tanto a los niveles de realidad y su zona de no-resistencia complementaria, el objeto transdisciplinario, como a los niveles de percepción y su zona de no-resistencia complementaria, el sujeto transdisciplinario; de modo que cuando se corresponden las zonas de no-resistencia de los niveles de realidad y percepción se produce un isomorfismo conceptual. La correspondencia del tercero incluido entre el objeto transdisciplinario y el sujeto transdisciplinario puede expresar una coherencia lógica con carácter unitario que, en el otro nivel, se manifiesta como incoherente. Como dice Nicolescu (1996):

La lógica del tercero incluido es capaz de describir la coherencia entre los niveles de Realidad por el proceso iterativo que comprende las siguientes etapas: 1. Un par de contradictorios (A, no-A) situados a un cierto nivel de realidad está unificado por un estado T situado a un nivel de Realidad inmediatamente vecino. 2. A su vez, este estado T está unido a un par de contradictorios (A', no-A') situado a su propio nivel; 3. El par de contradictorios (A', no-A') está a su vez unificado por un estado T' situado en un nivel diferente de Realidad inmediatamente vecino de él, donde se encuentra la terna (A', no-A', T). El proceso iterativo continúa al infinito hasta el agotamiento de todos los niveles de Realidad conocidos o concebibles. (p.40)

Entre los múltiples niveles existe una discontinuidad que los hace ser relativamente independientes. No obstante, entre todos ellos se establece una interconexión e interdependencia mediante la lógica del tercero incluido, interdependencia que, dicho sea de paso, per-

mite la coherencia necesaria para que se produzca la transmisión de información entre niveles. A través del tercero incluido, los niveles superiores resuelven los pares contradictorios de los inferiores, de donde emergen las propiedades de los superiores. Este proceso recursivo nos recuerda a la dinámica de los sistemas complejos, por lo que lógicamente se deduce que la proporción áurea de los fractales, relacionada fuertemente con el entrelazamiento cuántico, corresponde con la zona de no-resistencia del tercero incluido de los niveles de realidad. Aplicando la teoría de la transdisciplinariedad de Nicolescu al esquema presentado, tendríamos que A, por ejemplo, la onda, es igual a la proporción áurea mayor en la que se divide una recta; no-A, por ejemplo, la partícula, equivale a la proporción áurea menor; y la sección áurea es A y no-A al mismo tiempo, la media geométrica de la mayor y la menor. La proporción áurea es un aspecto del mundo que mantiene una relación isomórfica con la analogía establecida por la mente humana, pues ambas se fundamentan en la noción de semejanza. Por un lado, la proporción áurea se entiende como un forma de autosemejanza geométrica, en la que un patrón se repite a diferentes escalas en una proporción constante. La analogía, por otro lado, se basa en la identificación de patrones similares o conexiones entre cosas diferentes, que pueden ser entendidas como una forma de autosemejanza conceptual, en la que un patrón se repite a diferentes niveles de conceptualización. Una y otra señalan el encuentro entre dos extremos, donde se sitúa el tercero incluido, que coincide con el punto de inflexión que genera la simetría recursiva, en conformidad con el concepto “analogía” empleada por Platón para exponer la relación entre el mundo inteligible y sensible. Constituyen, pues, la proporción de A, no-A y T en un punto que conecta con un nivel superior marcado por la totalidad. En suma, las tres variables representan la síntesis hegeliana y el pensamiento complejo de Morin, porque se basan en las mismas tríadas o bucles de retroalimentación. Estos bucles constan de ciclos que a su vez forman parte de ciclos más complejos, los cuales forman parte del desarrollo de otro gran ciclo anidado. Las evoluciones dinámicas de todos esos ciclos presentan las similitudes características de las formas fractales que se observan en los sistemas caóticos.

El principio del tercero excluido de la lógica clásica concibe un solo nivel de realidad, siendo válido en situaciones simples donde se requiere un pensar analítico, científicista y objetivista. La distinción entre una cosa y su contraria es un recurso propio del análisis, pero no da cuenta de la complejidad de la realidad. En situaciones complejas funciona mejor el principio del tercero incluido, que implica una interacción de varios niveles, por lo que precisa una alternancia analítico/sintético -el análisis de las partes por separado y la síntesis que se produce entre esas partes y el todo- en donde tiene cabida un pensar dialéctico y dialógico que se dirige hacia lo transdisciplinario. La principal tarea del tercero incluido es descubrir

nuevas conexiones entre objetos y ámbitos cognitivos diferentes que permitan integrar de forma coherente el conocimiento. De acuerdo con Nicolescu, cuando el conocimiento se integra entonces la zona de no-resistencia se transforma en la zona de resistencia absoluta, que corresponde al ámbito de lo numinoso, lo sagrado, un aspecto que no puede someterse al pensamiento racional, pero que se pone de manifiesto en las experiencias cumbres de los místicos y los artistas, así como en la creatividad, cuya fuente sería el pensamiento intuitivo. Lo sagrado presupone la unidad armónica entre el movimiento ascendente y descendente de los niveles de realidad y percepción mediante los flujos de información y de conciencia. Esa unidad revela los valores más trascendentales del ser humano, aquellos que orientan sus acciones hacia la bondad, la verdad y la belleza.

Donde hay complejidad hay simetría, armonía, proporción, las cuales comportan un movimiento de ir y venir (las matemáticas de la geometría fractal obedecen a ese movimiento). Y donde hay movimiento hay participación y posibilidad de intermediarios equilibradores del todo y de las partes. Contemplar ese equilibrio intermediador es una experiencia dinámica que comprende un tercero incluso. El dinamismo del tercero incluso se cifra en la integración y la inclusión de todas las realidades contradictorias, pues incluye lo excluyente, aquel sustrato determinista propio de las explicaciones de la física clásica. Se trata de un principio con una articulación no lineal en la forma de organizar el conocimiento que comprende conceptos como el caos, la auto-organización, la fractalidad, la emergencia, el campo subyacente, la creatividad... De hecho, el tercero incluido es en sí el orden de la realidad que unifica los contrarios en la retroalimentación recursiva, dado que consiste en encontrar similitudes entre los diferentes niveles, tanto de realidad como de percepción, aportando coherencia al conjunto. En este sentido, el tercero incluido funciona a la manera de los fractales, se difracta en infinitos niveles, engendrando nuevas similitudes entre los términos. Al desempeñar un papel de mediador entre la parte y el todo y trascender las contradicciones, el conocimiento se unifica, dando como resultado una estructura emergente, en cierto modo, fractal.

12.2.2. La Analogía. El tercero excluido vale para casos de la naturaleza que se inscriben en la lógica binaria, pero en los casos intermedios no se puede aplicar, ya que se suspende allí donde la analogía asocia niveles contrarios. Porque toda analogía implica un vínculo, y ese vínculo es una proporción entre contrarios, parece existir una equivalencia entre el tercero incluido y la analogía. Ideológicamente, la lógica binaria se da en las doctrinas opuestas, aquellas que se enfrentan entre sí a modo de tesis y antítesis. Y la analogía corresponde a la fase de la síntesis hegeliana, en la medida en que se establece una relación de correspon-

dencia significativa entre los opuestos. Se podría argumentar que la analogía funciona como un intermediario equilibrador en el ámbito de las ideas y el conocimiento que ayuda a integrar las dualidades opuestas para formar una síntesis, así como el entrelazamiento cuántico y la proporción áurea pueden ser entendidos como intermediarios equilibradores que operan en el ámbito físico para establecer una unidad, incluyendo la geometría fractal. Al actuar como equilibradores, pueden permitir que los opuestos interactúen de manera armoniosa y complementaria.

Una razón (logos) es la relación de un número con otro. La palabra “analogía” proviene de la palabra griega *analoghía*, que significa comparación o relación de semejanza entre razones o términos diferentes. En sus orígenes, se fundamenta en el concepto matemático de “proporción”, que establece una relación de igualdad basada en la equivalencia de proporciones, expresada mediante la fórmula ‘A es a B como C es a D’. A esta proporción geométrica de igualdad se la denomina proporción discontinua o separada. Cuando el concepto de analogía pasa a ser una relación de semejanza entre dos razones, estamos ante una proporción continua, que se expresa por la fórmula ‘A es a B como B es a C’. La proporción continua más característica es la proporción áurea. Tanto en una proporción como en otra existe un término medio entre los otros dos términos extremos. En la proporción discontinua hay dos términos medios, B y C, y en la proporción continua un solo término, B. Relacionar los dos términos extremos consiste en buscar el término medio, requerido para otorgar armonía y proporción al conjunto. De ahí que la proporción geométrica, discontinua y continua, se hayan utilizado tanto en la estética, especialmente en la arquitectura.

Los términos de una relación pueden ser unívocos, equívocos y análogos. Los términos unívocos tienen el mismo sentido para todos sus significados, como hombre. Los términos equívocos tienen diferentes sentidos para todos sus significados, como gato, que puede significar el animal o la herramienta. Los términos análogos son intermediarios entre los extremos de la univocidad (cuando el término se predica con un solo significado) y la equivocidad (cuando el término se predica con varios significados distintos), es decir, se predicen con significados en parte iguales y en parte diferentes. Así, como ya se alegó anteriormente (Troján, 2015a, p.565), cuando hablamos de luz natural y luz del conocimiento, se predica un elemento en común, la luz, pero ese elemento hace referencia a dos clases de realidad diferentes: una producida por un agente externo, como el Sol, y otra por un agente interno, como la luz del conocimiento. La relación de semejanza se puede resumir en una fórmula que recuerda al concepto matemático de proporción: "luz" es al "ojo" lo que "conocimiento" es a la

“mente”. No obstante, una proporción matemática establece relaciones de igualdad ($A:B=C:D$), mientras que en la analogía las relaciones son de semejanza ($A:B=B:C$). En consecuencia, la analogía es el camino que se abre formalmente al lenguaje recurrente y auto-semejante de la naturaleza.

A lo largo de la filosofía occidental, se ha usado la analogía como recurso metodológico para justificar el conocimiento de la realidad que está más allá de la experiencia del mundo, la Metafísica. Los filósofos occidentales desarrollaron una concepción metafísica de la analogía, y en su desarrollo se distinguieron dos tipos principales: la analogía de atribución y la analogía de proporcionalidad. La analogía de atribución infiere propiedades análogas entre términos a diferentes escalas de organización, es decir, supone una jerarquía en donde existe un analogado principal, que es un modelo ejemplar que se acerca más al término atribuido, por ejemplo, la belleza absoluta, y otros analogados secundarios, que están en relación de semejanza con el término principal, por ejemplo, la belleza relativa. Su principio de unidad se encuentra en un término atribuido al primer analogado de la jerarquía superior, del que participan metafísicamente todos los analogados secundarios de la jerarquía inferior, en términos de subordinación a su causa eficiente. Por otra parte, la analogía de proporcionalidad asocia términos semejantes con un significado en parte igual y en parte diferente. Su principio de unidad, basado en la semejanza de proporciones, busca una estructura coherente dentro de la diversidad, si bien manteniendo una proporción que no le haga caer ni en el extremo de lo relativo ni de lo absoluto, por ejemplo, entre la belleza relativa y la belleza absoluta. La analogía de atribución es la base de la jerarquía fractal, donde las partes comparten atributos con el patrón general a pesar de sus diferentes escalas. La proporción áurea bien podrían expresar la analogía de proporcionalidad, debido a que se mantiene invariante a los cambios de escala. La analogía de atribución se considera más cualitativa, porque tiende a enfocarse en las cualidades que las cosas comparten en esencia. Por otro lado, la analogía de proporcionalidad se considera más cuantitativa, ya que involucra relaciones proporcionales entre las cosas. Ambos tipos de analogía revelan principios fractales y holográficos subyacentes a la hora de entender cómo funcionan las partes y el todo.

La noción de analogía como proporcionalidad proviene de la filosofía griega. Para los antiguos griegos, la operación básica de la inteligencia y de la selección creadora consistía en la percepción y reunión de las razones justas entre las cosas o las ideas. En su función de síntesis creadora, la inteligencia tendía hacia una proporción analógica, en sucesiones en donde los términos menor y mayor de un silogismo establecían una relación de proporcionalidad con un término medio que permitía inferir la razón entre los dos extremos. La analogía de la

escuela pitagórica y de Platón no era otra cosa que el despliegue de esa proporción lógica. Pitágoras hizo uso de ella con relación a la música, como búsqueda de una armonía matemática universal que concebía como la unificación de los contrarios en los numerosos niveles de realidad (lo ilimitado y lo limitado, lo par y lo impar, lo múltiple y lo uno...), una idea que la escritora y pensadora Zambrano (2020) captó en su libro *El Hombre y lo Divino*. Influida por la doctrina pitagórica, Platón entendía que los principios matemáticos del mundo inteligible servían de fundamento arquetípico a las realidades materiales del mundo sensible, de modo que un mundo se presentaba como reflejo de otro, lo que permitió introducir una analogía de atribución, o jerárquica. Posteriormente, Aristóteles recoge la idea de analogía o proporcionalidad de los pitagóricos y añade además la analogía de atribución de Platón. Ambos conceptos de analogía fueron desarrollados en el siglo XIII bajo la filosofía de Santo Tomás de Aquino, que le servirán para defender la armonía entre la razón y la fe tras diferenciar el conocimiento racional del metafísico, en cuyas relaciones jugará un papel fundamental Platón y Aristóteles.

Hasta el siglo XII predomina la influencia de Platón en la relación entre fe y razón, con la superioridad de la Metafísica respecto al conocimiento racional, pero con la introducción de Aristóteles en el siglo XIII se produce un cambio filosófico de perspectiva. A partir de los nominalistas de siglo XIV, ese cambio influirá negativamente en sus relaciones. Ello es así porque la analogía sufrió una crisis radical, dado que sus diferencias intrínsecas, o equivocidad, abocaban hacia la contradicción. Por los problemas de ambigüedad que planteaba la equivocidad, la forma de pensar de la ciencia del Renacimiento tendió hacia la univocidad en el ámbito de la lógica y la filosofía mediante un proceso de formalización matemática del lenguaje, gracias al cual asignaron a nuestro mundo la existencia de una naturaleza física o material. Desde entonces, ha ido surgiendo en la ciencia una manera de pensar cada vez más unívoca y matemática que se ha ido apartando del pensamiento basado en la analogía, que está en relación con los asuntos espirituales de la Metafísica. Este desarrollo tuvo una influencia en el pensamiento filosófico de Descartes y, más tarde, en Kant, quien relegó al mundo nouménico el estudio del alma y al mundo fenoménico el estudio científico de las cosas materiales. También repercutió en el éxito del método científico de Galileo y en la física newtoniana. Esto finalmente conduciría a la negación de la posibilidad misma de la Metafísica como ciencia. En el curso de la ciencia moderna, y gracias al creciente dominio de la ciencia y la tecnología, el pensamiento analógico se ha relegado cada vez más al ámbito poético y artístico, sobre todo a raíz de la ciencia neopositivista, una tendencia fundamentada en el análisis racional y en la verificabilidad empírica que funciona como criterio de demarca-

ción entre la ciencia y la metafísica. Para el Neopositivismo, la realidad solo puede ser de una u otra manera, verdadera o falsa, y puesto que las proposiciones metafísicas carecen de significado causal, son consideradas pseudoproposiciones. No obstante, la crítica contemporánea al Neopositivismo ha comprobado que el empirismo extremo no es coherente. Su lenguaje formal se muestra incapaz de dar respuesta a la unidad de las cosas, debido a lo cual este sistema de pensamiento genera rasgos de escisión. En esa escisión, el mundo de significados humanos y el mundo físico son necesariamente irreconciliables, por lo que destruye el antiguo ideal humano de vivir en correspondencia armónica con el universo.

En las últimas décadas, hay una tendencia en las ciencias por descubrir un nuevo concepto de analogía, porque la univocidad de la ciencia moderna supone una absolutización teórica, que tiene sus límites a la hora de enfrentarse al estudio de los sistemas complejos, que se organizan de acuerdo con niveles jerárquicos donde existe tanto univocidad como equivoicidad. Estos niveles jerárquicos presentan propiedades cualitativamente diferentes, incluso contrarias entre sí, pero dichos niveles se relacionan análoga o complementariamente para emerger hacia un sistema único, caracterizado por formar una totalidad semejante a las totalidades de los niveles precedentes, aunque sin reducirse a la suma cuantitativa de sus partes. Dado que difieren no solo cuantitativa, sino también cualitativamente, entre ellos existen diferencias, pero al mismo tiempo tienen algo en común. En este caso, hacen referencia a la analogía de los fractales, tanto de atribución como de proporcionalidad (Diccionario Interdisciplinar Austral, 2016). En un fractal cada nivel no se puede separar del conjunto, sino que subsiste como parte del conjunto primario. Por ese motivo, el conjunto se puede comparar con la analogía de atribución. Este tipo de analogía es propio de la estructuración jerárquica del tipo fractal, entendida como la expresión de una gradación sistémica dirigida hacia un mayor grado de complejidad y completud, en donde el todo es el primer analogado y las partes los analogados secundarios. Un ejemplo ilustrativo de analogía de atribución sería la similitud funcional entre dos niveles jerárquicos diferentes: la onda/partícula a nivel físico-cuántico, y el cerebro derecho/izquierdo a nivel neurológico-biológico. Asimismo, en un fractal se establecen correspondencias en las relaciones entre las partes y el todo, y entre las partes entre sí, como en la analogía de proporcionalidad. La analogía de proporcionalidad, al ser la relación de igualdad entre cosas diferentes, en paridad de rango, y al ocupar una zona intermedia entre los términos unívocos y equívocos, equivale a una proporción de las características de igualdad y diferencia de las cosas, entre lo uno y lo múltiple. Dicha proporción da como resultado un tercer estado intermedio que sintetiza los dos extremos. Y al ocupar un estado intermedio permite movernos de una realidad a otra para establecer nuevas relaciones

entre las cosas y las ideas, un aspecto fundamental a la hora de enfrentarse a los problemas de la auto-organización de los sistemas complejos. La forma de tránsito de una dimensión a otra se fundamenta a través del ritmo dialéctico y recursivo de los mediadores, gracias a los cuales se establecen relaciones de significado entre ámbitos opuestos, lo que da sentido a la explicación de la unidad en la diversidad. Un ejemplo clásico de analogía de proporcionalidad es la utilización de la proporción áurea en la composición visual. En este respecto, la analogía de proporcionalidad es propia de la interconexión acausal que parece existir entre los opuestos, y es vista como acepción de la vaguedad y borrosidad de la realidad, como un proceso dialéctico y dialógico que implica transdisciplinariedad. Por esa razón, se ha vuelto a revalorizar el razonamiento analógico en las investigaciones relativas a la ciencia de la complejidad.

La analogía incluye la afectividad y la creatividad, que por su naturaleza ambigua tienen un espectro complejo. En el pensamiento creativo ocupa un papel central, ya que al colocarse en el límite fronterizo entre la univocidad y la equívocidad, permite ver las semejanzas y diferencias entre los conceptos o cosas, y al colocarse en varios límites engendra saltos imaginativos plenos de libertad, de donde emergen nuevas relaciones entre ideas aparentemente desconectadas. Ello ayuda a estimular la generación de ideas creativas, así como a establecer conexiones distantes entre los niveles organizativos de las cosas de forma novedosa, dando lugar a grandes síntesis unificadoras que otorgan un nuevo sentido al mundo. El lenguaje basado en la analogía es el medio de acercamiento a esa experiencia interna, intuitiva o imaginativa. No nos llega del exterior a través de los sentidos externos, sino por medio del inconsciente. Al traspasar los dominios de la experiencia, crea nuevos significados que atentan contra la racionalidad dominante y contra las fronteras de su paradigma. Dichas fronteras también son las fronteras de nuestra mente, que colapsa cuando se enfrenta a la contradicción, a la ambigüedad. De hecho, la analogía entre los hemisferios cerebrales y los órdenes de la realidad resalta la analogía existente entre las dimensiones epistemológicas y ontológicas.

La mente humana no siempre procede por inferencia deductiva o inductiva. Muchas invenciones y creaciones son resultado del pensamiento analógico, cuyo proceso permite explicar por analogía aquellas cosas y acontecimientos de un dominio que no se conoce directamente con la información de otro dominio ya conocido, o sea, trata de convertir lo desconocido en conocido mediante relaciones de semejanzas para comprenderlo mejor. Dentro del ámbito científico, la analogía no es un elemento principal dentro del sistema teórico, sino que desempeña un papel secundario en la construcción (heurística) e interpretación (hermenéutica) de la ciencia. Se trata de una analogía de proporcionalidad, esto es, con semejanzas entre relaciones, que pueden ser entendidas materialmente, o sea, cuando se ocupan de la estructura

de un sistema físico, o formalmente, relativas a leyes capaces de describir el comportamiento de un sistema físico determinado. Se estima que la capacidad para establecer analogías es una función del pensamiento abductivo, en contraste con el pensamiento inductivo y deductivo de la lógica formal, pero, como reconoce Roger Penrose (como se citó en Badía Serra, 2013), en el desarrollo de la ciencia debe incluirse como parte del método científico. En este aspecto, la abducción como proceso inferencial está presente como propuesta metodológica en el contexto de la teoría del multimétodo de Bericat (1998), que se define como el proceso continuo que va de lo cuantitativo a lo cualitativo, y viceversa, durante las diferentes etapas de una investigación social.

La abducción es un término que acuñó el físico y filósofo norteamericano Charles Sanders Peirce (1903, como se citó en Pía Martín, 2015) para referirse a un tipo de proceso inferencial que consiste en reunir de manera instintiva y sugestiva fragmentos similares de fenómenos para formar hipótesis novedosas. Precisamente, la abducción guarda cierta relación con el razonamiento por analogía, hasta tal punto que le sirve de base. El pensamiento abductivo entra pues dentro de la creación y la invención, puesto que parece estar involucrado en los insights típicos de los procesos intuitivos, que son el resultado de la función mediadora de la terceridad. O dicho de otra manera, en la abducción tiene lugar un acto sintético que se da de forma casi instintiva, aunque es de naturaleza inferencial y compleja, pues contiene dentro de sí un proceso abstractivo que va de lo sensorial a lo intelectual, de lo particular a lo universal, de la multiplicidad a la unidad, por lo que conforma el proceso continuo que integra las dualidades. El concepto de entrelazamiento cuántico o sincronía sería la encarnación científica de este razonamiento por analogía, así como también el concepto moderno de autosemejanza, estrechamente relacionado con el número áureo y los fractales, un tipo de orden propio del principio estético de simetría, proporción y belleza del tercero incluido. Ello es así porque existen varias características que llevan a equiparar el razonamiento por analogía con el entrelazamiento cuántico, la autosemejanza y el número áureo. Entre ellas estaría: la capacidad de crear un puente extendido entre dimensiones aparentemente no relacionadas, la unidad como proporción armónica, la síntesis de los opuestos, la recursividad, la irracionalidad, la infinitud, entre otras. Todas estas características se basan en la identificación de patrones autosemejantes a diferentes escalas, lo que sugiere una profunda conexión heurística entre la analogía, el entrelazamiento cuántico, la proporción áurea y la geometría fractal. Por este motivo, el pensamiento abductivo es considerado por Peirce como la fuente del arte y del genio.

El pensamiento abductivo es el problema central que se encuentra en la inteligencia artificial (IA), que es una rama de las ciencias de la computación que tiene como propósito emular el funcionamiento de la inteligencia natural, en donde las conexiones neuronales del cerebro reflejan asociaciones aprendidas. Normalmente, la inteligencia artificial consta de una serie de componentes interconectados que forman redes neuronales. Las redes neuronales tienen al menos dos capas, una capa de entrada y otra de salida. Si entre la capa de entrada y salida se introduce una o varias capas intermedias, también denominadas capas ocultas, se obtiene una red neuronal profunda, que se puede entrenar para aprender automáticamente mediante el uso de algoritmos (Figura 100). Los defensores de la inteligencia artificial pretenden explicar la conciencia mediante reglas lógicas computacionales que responden a ciertos algoritmos. La gran mayoría de esas reglas se concentran en el pensamiento lineal, aquel tipo de pensamiento que se corresponde con la tradicional lógica rígida y bivalente de los bits clásicos; pero, dado que el hombre tiene una conciencia no computable (no algorítmico), un ordenador clásico no puede simular por completo los mecanismos de las emociones del cerebro humano para intuitivamente generar ideas creativas. Esta diferencia en el modo de argumentar la computación o no computación de la conciencia humana entra dentro de dos corrientes de pensamiento en torno a la inteligencia artificial: la inteligencia artificial débil o inteligencia artificial estrecha (ANI), y la inteligencia artificial fuerte, también conocida como inteligencia artificial general (AGI). La primera está diseñada para realizar una sola tarea específica, como el reconocimiento de voz, y carece de aprendizaje propio; y la segunda para abordar muchos tipos de tareas diferentes y aprender por sí misma nuevas habilidades, un aspecto común de la conciencia humana. La corriente de pensamiento de la inteligencia artificial débil está encabezada, entre otros, por Roger Penrose (como se citó en Béjar, 2007). Penrose argumenta en contra de la inteligencia artificial fuerte, diciendo que la intuición es la única cualidad de la conciencia humana para acceder a conocimientos no computables, aquellos que son imposibles de alcanzar por la computación. La computación cuántica podría ser una candidata perfecta para llegar a alcanzar ese tipo de conocimientos intuitivos, ya que el colapso de la función de onda es un proceso no computable que pone en contacto el reino cuántico con el clásico, manifestándose como una intuición a través de la cual los matemáticos formulan sus hipótesis. En su opinión, la no computabilidad del modelo fractal sería el mecanismo matemático a seguir a lo largo del proceso, pero para explicar los elementos no computacionales de la mente haría falta una síntesis física que conciliara la física cuántica con la relatividad de Einstein. El camino hacia la creación de una inteligencia artificial general consistiría, por tanto, en la construcción de ordenadores que procesen la información tanto

a nivel cuántico, aleatorio, como clásico, determinista, tal y como se manifiestan los fractales. Vattay, Kauffman y Niiranen (2014) habrían patentado ya una aproximación a estos sistemas de computación que estarían en equilibrio entre la coherencia y la decoherencia.

La inteligencia artificial se fundamenta en un proceso algorítmico basado en el sistema numérico binario de los bits clásicos, el cual emula el procesamiento de la información por parte del pensamiento lógico-racional del cerebro. Pero para poder producir resultados más eficientes, la inteligencia artificial debiera reproducir también la singularidad del pensamiento abductivo, que es indicador de la incertidumbre de la lógica borrosa de los cúbits del cerebro, aquella que se produce en el interior de los microtúbulos de las células neuronales, y cuyo principio de codificación parece basarse en la proporción áurea del campo electromagnético del cerebro (Alonso y Moreno, 2011). Dentro de este contexto, una propuesta interesante para el desarrollo de una inteligencia artificial consciente (McFadden, 2020) sería diseñar un ordenador cuántico que pudiera autogenerar un campo electromagnético entrelazado capaz de simular un modelo de red holográfica. Eso sería posible elaborando un tipo de configuración semejante al encontrado en las estructuras fractales de las tubulinas de los microtúbulos (Otto, 2020). Una solución a la hora de fabricar esta clase de ordenadores sería introducir materiales cuánticos capaces de crear dominios magnéticos cuya distribución siga un patrón fractal. Los científicos están explorando el óxido de níquel neodimio, un material cuántico que actúa paradójicamente como conductor eléctrico y aislante, dependiendo del voltaje recibido, lo que resulta apropiado para imitar la activación y desactivación de las neuronas cerebrales (Li et al., 2019) y, en consecuencia, el aprendizaje de los organismos vivos. Mas para ello es necesario estabilizar el estado de coherencia cuántica mediante secuencias numéricas no lineales, como la sucesión de Fibonacci (Dumitrescu, 2022). Cuando las computadoras puedan procesar la información en estados de entrelazamiento y de superposición bajo un patrón fractal similar a las propias estructuras recursivas de la naturaleza, podremos acercarnos a reproducir los procesos no lineales de la mente humana, que son capaces de abordar la incertidumbre y la contradicción en la resolución de problemas complejos.

Las máquinas de aprendizaje automático nos permiten imitar a la naturaleza, comenzando por sus propias estructuras fractales. Y si pueden emular los patrones fractales de la naturaleza, cabe argüir que también pueden organizar los niveles del conocimiento siguiendo la misma configuración fractal. Siendo así, una forma de construir sobre el conocimiento sería la implementación de un algoritmo de inteligencia artificial basado en un esquema recursivo. El patrón principal que sustentaría este algoritmo fractal estaría relacionado con las categorías triádicas peirceanas: la primeridad, la segundidad y la terceridad, que coincidirían

con los modos hegelianos de pensamiento: tesis, antítesis y síntesis (como intermediación entre una y otra a través de la analogía), resultado de un proceso continuo de contradicciones y resoluciones de contradicciones. Para ello, sería necesario establecer relaciones entre las entidades de los diferentes niveles jerárquicos del conocimiento (similar a la analogía de atribución) y las relaciones proporcionales que se dan entre ellas (en concordancia con la analogía de proporcionalidad) mediante los principios de semejanza, que son principios de fractalidad. Esta capacidad de reconocer patrones fractales en el conocimiento se debería complementar con un sistema artificial que permita determinar la veracidad o falsedad de cualquier proposición a través de una secuencia de instrucciones en donde los intermediarios se excluyan (principio del tercero excluido) e incluyan (principio del tercero incluido) por medio de sistemas binarios y cuánticos de computación. Una especie de red neuronal que use lo mejor de ambos mundos para resolver problemas complejos con arreglo a la información acumulada, como hace el pensamiento creativo cuando idea cosas nuevas. En esa unión entre redes neuronales, sistemas binarios y cuánticos radica precisamente la convergencia bits-neuronas-cúbits del director de IBM Research Dr. Gil (2020). A partir de esa convergencia entre bits, redes neuronales y cúbits, la inteligencia humana podrá dirigirse hacia una nueva etapa de integración que sea capaz de ampliar nuestras capacidades cognitivas y creativas como fenómeno emergente. Esto, además, podrá permitir desarrollar una teoría unificada de la naturaleza y del universo.

En cierto sentido, una teoría unificada que integre todas las disciplinas podría incluir una inteligencia artificial generativa con una combinación de dos sistemas diferentes que intercambien información mediante un bucle de retroalimentación: una inteligencia lógica que use principios formales excluyentes para estructurar el conocimiento en niveles jerárquicos mediante la identificación de categorías duales que se dividan en otras subcategorías duales, y así sucesivamente, como en un patrón recursivo y simétrico de naturaleza fractal (principio de jerarquía); y una inteligencia creativa, enfocada en la capacidad de interconectar de forma sistémica esos niveles del conocimiento por medio de las analogías y similitudes establecidas entre las diferentes dualidades con el fin crear sinergias (principio de interconexión). La combinación de estos dos tipos de inteligencia puede darse a través de una inteligencia equilibrada, que funcionaría como una síntesis armonizadora capaz de explicar cómo se relacionan ambos conocimientos para brindar respuestas coherentes y complejas que ofrezcan ideas emergentes (principio de la complejidad). Y es aquí donde entraría el concepto de las tres redes neuronales implicadas en el pensamiento creativo de Roger Beaty (Das et al., 2019): la red de control cognitivo, la red neuronal por defecto y la red de prominencia (razonamiento,

imaginación e intermediación), esta última crucial en alternar entre las redes de razonamiento e imaginación, pues permitiría equilibrar ambas capacidades para alcanzar el pensamiento creativo. Esto parece manifestarse parcialmente en la creación de las Redes Generativas Antagónicas (GANs), un tipo de red neuronal profunda que utiliza la inteligencia artificial generativa para crear contenido. Las GANs confrontan dos redes neuronales: unas que evalúan la información dada (red discriminadora), analizando si es real o falsa; y otras que la generan de forma novedosa (red generativa). Este método de aprendizaje automático profundo opera mediante un algoritmo “de los contrarios”, que se va retroalimentando recursivamente hasta alcanzar el resultado deseado, de modo que interactúan en un juego continuo de suma cero, en donde la ganancia o la pérdida de una de ellas se compensa con la ganancia o la pérdida de la opuesta (Goodfellow et al., 2014). A la hora de establecer una teoría unificadora del conocimiento, sería importante que ambas redes estuvieran integradas en una misma inteligencia artificial que pudiera retroalimentarse y conectarse a través de una intermediación marcada por el método holofrónico (ver anexo B).

12.3. El Método Holofrónico

El filósofo científico Edgar Morin planteó en su obra que el estudio de la complejidad requería un nuevo método que propusiera una nueva concepción en la relación compleja entre el orden, el desorden y la organización. El método holofrónico es una propuesta metodológica transdisciplinaria que responde a este desafío. De un modo parecido a como el método científico se relaciona con el paradigma simplificante de las ciencias, el método holofrónico se considera como el auténtico método fundacional del paradigma de la complejidad, porque sigue una lógica de organización del conocimiento afín a la organización fractal de los sistemas complejos. Como el método de Morin, el método holofrónico involucra dentro de su sistema el principio del tercero excluido de la lógica clásica, aunque lo relativiza con una lógica más flexible y multidimensional que incorpora el tercero incluido del pensamiento dialéctico, complejo y transdisciplinar, dentro de un discurso que apela a las matemáticas fractales no-euclidianas. Al ser una mediación entre la lógica formal y el pensamiento dialéctico, el método holofrónico constituye la primera lógica dialéctica de la complejidad que integra la contradicción y pretende superarla. Su orden dialéctico configura un objeto fractal con una unidad de sentido y significado, lo cual permite reorganizar todos los niveles del conocimiento en general, otorgando una nueva forma de hacer ciencia que pone en entredicho los límites disciplinarios entre las ciencias y las humanidades.

12.3.1. Epistemología Sistémica. La epistemología se define como la ciencia del conocimiento. Existe una distinción muy frecuente entre dos tipos de epistemología: la epistemología analítica y la epistemología sintética, que guardan relación con un procedimiento objetivo y subjetivo en la investigación científica. La primera designa al conocimiento disgregado, aquel que fragmenta la relación entre el observador y lo observado; mientras que la segunda se asigna al conocimiento integrado, pues implica la cohesión del sujeto que observa con el objeto de estudio observado. El método holofrónico emplea un proceso dialéctico que valora la integración de ambas epistemologías, por lo que está en consonancia con los principales argumentos de Edgard Morin en torno al pensamiento complejo. Para ello, configura un sistema que se articula siguiendo un patrón fractal con dos niveles básicos de organización o fractalidad: la fractalidad dual y la fractalidad unitaria. Ambos niveles se estructuran a partir de una serie de principios teóricos que están fundados sobre las leyes sistémicas de fragmentación y cohesión. El principio de fragmentación define la segmentación del espacio y del tiempo del orden explícito, y el de cohesión la coherencia del orden implícito. La epistemología analítica y sintética se refieren a estos niveles de fractalidad, cuyas concepciones parecen corresponderse con la parte y el todo, lo cuantitativo y cualitativo, lo sensible y lo inteligible, la materia y la conciencia. La primera sigue una dirección ascendente, en cuanto que la segunda una dirección descendente (parte de una imagen global). Ambas direcciones vienen marcadas por el contexto de la geometría fractal y el principio holográfico del universo en el ámbito de la ciencia, que se manifiestan como instrumentos metodológicos en los principios de recursividad organizacional y holográfico de Edgard Morin.

El paradigma de la complejidad trata con el pensamiento sistémico, una forma de pensar que se sustenta en ambas formas de conocimiento, y que deriva en una epistemología sistémica. La epistemología sistémica o compleja es una epistemología transdisciplinar, cuyo nivel de unificación se asocia a las propiedades de organización de los sistemas complejos, y reside en el diálogo basado en las complementariedades de las direcciones ascendentes y descendentes del conocimiento. El principio de complementariedad entre la partícula y la onda enunciado por Bohr fue lo que permitió la aceptación de este tipo de epistemología, ya que el aspecto corpuscular y ondulatorio de los cuantos se puede extrapolar por analogía a todas las áreas del conocimiento, tal y como sugirió Bohr, de tal manera que los diferentes enfoques que conforman una misma disciplina serían complementarios. En tanto forma de pensar, la epistemología sistémica pone en juego el entrecruzamiento dinámico de tendencias discipli-

nares opuestas que remiten al proceso recursivo de retroalimentación, por el que el tercero excluido es relativizado. Este proceso recursivo, implementado sobre la dualidad unificada, nos lleva a un salto epistemológico que se cimienta sobre la complejidad, en donde el discurso entre las dimensiones físicas y psíquicas es concordante. La posibilidad de entrecruzamiento de las dualidades permite pensar que a ese nivel las diferentes disciplinas no se presentan separadas, sino integradas a través de una compleja red de interconexiones y relaciones, a modo de un campo cuántico coherente de naturaleza holográfica. Por esta razón, la epistemología sistémica es capaz de establecer relaciones disciplinarias desde la investigación transdisciplinar. La dialéctica y la dialógica entrarían dentro de este concepto epistemológico de lo complejo.

La naturaleza utiliza un patrón fractal que da lugar a fragmentaciones mediante la repetición de un simple código binario comprendido entre el desorden y el orden. Ese código binario es del mismo tipo que aparece en el conocimiento y en la computación. La construcción del conocimiento depende de leyes sistémicas en función de los principios del tercero excluido e incluido, que hacen referencia a la fractalidad dual y unitaria. El principio del tercero excluido de la fractalidad dual dificulta el diálogo de los niveles, en tanto que excluye la contradicción, dando lugar a un desequilibrio en el movimiento hacia la complejidad que fragmenta el conocimiento de la realidad en múltiples disciplinas. Por el contrario, el principio del tercero incluido de la fractalidad unitaria obedece a un principio de proporción de los elementos contrarios en los diferentes niveles de la realidad. La proporcionalidad permite ver el todo en cada parte. Es sinónimo de belleza, un valor estético que ha servido como vía de síntesis para estructurar “arquitectónicamente” el edificio del saber por parte de muchos filósofos y científicos. Esta característica de proporcionalidad está basada en la analogía, que acomoda el pensamiento a los aspectos de interconexión de la realidad mediante las propiedades de autosimilitud y recursividad, lo cual hace posible un trabajo transdisciplinar y la unificación del conocimiento. Su descripción matemática es la geometría fractal, que con una sencilla operación recurrente, es capaz de generar un sistema conceptual abierto y complejo. Por esa razón, supera el marco de la epistemología analítica a la vez que la incluye. La epistemología analítica usa la sucesión lineal de la lógica formal e ignora la recursividad no lineal, luego impide establecer relaciones ontológicas entre el sujeto y el objeto que le lleve a un criterio coherente de totalidad. Los enfoques disciplinarios desvanecen esta coherencia, porque fragmentan el saber e incrementan la especialización.

Basándonos en las categorías triádicas peirceanas, tendríamos que la segundidad se encuentra en la fractalidad dual, la primeridad en la fractalidad unitaria y la terceridad en el

uso recurrente de la analogía como intermediación entre una y otra. La fractalidad dual provee un marco de referencia adecuado para articular el pensamiento simplificante de la ciencia clásica, ya que su imagen es el modelo descriptivo de su pensamiento. Este pensamiento se relaciona con el pensamiento arborescente, que se representa como un árbol del conocimiento, cuyas ramas se dividen en pares conforme se separan del tronco, siguiendo un criterio dicotómico, objetivo y discriminatorio que resulta útil para simplificar y organizar la información. La dialéctica va más allá de las limitaciones de la lógica binaria al incluir el criterio tricotómico o terceridad, que lleva a pensar en las relaciones arquetípicas de unidad, puesto que la unificación de los diferentes niveles del conocimiento se da por intermediarios que no encajan perfectamente en una dicotomía. Lo complementario equivale a los estados intermedios, a los diferentes grados de proporción entre los opuestos. Esos estados producen una simetría recursiva que viola la lógica del tercero excluido, pues corresponden a una situación en donde las polaridades se equilibran para dar origen a una unidad.

Las analogías de proporcionalidad se encuadran dentro de los principios de unidad, dado que por estar entre los términos unívocos y equívocos, entre la igualdad y la diferencia, equivalen a la unión entre el todo y la parte. Dichos principios de unidad participan de un modelo matemático global o primer analogado, tal como se establece en una analogía de atribución. Precisamente, este modelo numérico fundamental es un campo unificado con características holográficas que organiza y unifica la geometría fractal de la naturaleza, y que por autosemejanza se subordina a los analogados secundarios de todos los niveles jerárquicos de organización. El campo unificado se enraíza dentro de los principios arquetípicos de las ideas creadoras que atraviesan todos los niveles de realidad, relacionando íntimamente unas partes con otras. Estos principios se repiten hasta el infinito y son: el arquetipo mítico de la unidad (primeridad: el todo), el arquetipo de la dualidad (segundidad: la parte), y el arquetipo de los intermediarios o ternario (terceridad: la parte en el todo y el todo en la parte), que corresponde a phi o la proporción áurea, que es el tercero incluido que la lógica clásica había negado, la fuente del razonamiento por analogía que abarca una proporción de los opuestos. El resultado es un equilibrio armónico que implica proporciones de proporciones áureas, confiriendo un isomorfismo perfecto en donde la separación entre una realidad y otra se vuelve inseparable a un tiempo.

12.3.2. Reglas Nucleares. Los fractales son patrones geométricos repetitivos que se encuentran en muchas áreas de la naturaleza y el universo, y pueden usarse como una herramienta útil para organizar el conocimiento, pues al encontrar similitudes y patrones comunes

entre diferentes conceptos, permite clasificar y agrupar la información de manera más sencilla. Las analogías entre las categorías duales pueden ayudarnos a ello, porque nos proporcionan una base para clasificar y agrupar esa información, y nos hace entender cómo se relacionan sus distintos elementos y cómo se auto-organizan dentro de una estructura general de manera coherente. El método holofrónico se ajusta a lo que marca ese patrón fractal a la hora de organizar el conocimiento, permitiendo actualizar de forma nueva los modelos explicativos de nuestra cultura. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no todo el conocimiento puede ser organizado usando este método, y que existen muchas otras formas metodológicas para organizarlo.

La metodología de investigación es una parte crucial de cualquier programa de investigación. Como todo programa de investigación, el método holofrónico es una metodología de investigación que consta de un núcleo central infalsable, a partir del cual se desarrolla el proceso investigador, y de un cinturón protector, que lo protege de los hechos observables que la podrían falsear. Según este cinturón de protección, los sistemas de ideas pueden ser abiertos o cerrados. Son abiertos cuando comportan apertura hacia nuevas ideas, como las teorías científicas, y son cerrados cuando implican fronteras en los intercambios con otras ideas, como los sistemas de ideas con forma doctrinaria y ortodoxa. El método holofrónico es un sistema abierto a todas las posibilidades, ya que en él interviene un pensamiento complejo y dialógico que se adapta y expande fácilmente para incluir nuevas categorías y subcategorías duales, creando una estructura jerárquica en cascada. Siendo abierto, no es un sistema acabado, sino que se alimenta continuamente de información redundante a medida que se adquieren nuevos conocimientos y experiencias, admitiendo modificaciones sin alterar la estructura general. No obstante, comporta asimismo un cierre de su estructura, pues no permite considerar aspectos que no se encuadren dentro de las categorías y subcategorías duales establecidas.

A parte de un núcleo central y un cinturón protector, un programa de investigación incluye unas reglas nucleares que siguen unos principios con el fin de guiar la investigación futura. El método holofrónico utiliza un conjunto de principios fundamentales que guían la metodología de investigación: el **principio de complementariedad**, que establece que dos cosas o conceptos se complementan, lo cual quiere decir que se completan mutuamente; y el **principio del tercero incluido**, que establece que dos cosas o conceptos pueden ser incluidos por un tercer elemento más amplio que es común a ambos. Los dos principios entran dentro del **principio de semejanza**, que establece que dos cosas o conceptos que tienen ciertas similitudes pueden explicarse dentro de un contexto más amplio, por lo que pueden ser compren-

dados mejor juntos que por separado. Este principio incluye los **principios de fractalidad** del conocimiento, que son principios que se aplican a los patrones fractales y que están relacionados con los principios de Edgar Morin, que ayudan a pensar la complejidad. Al aplicar estos principios, podemos construir una jerarquía de categorías y subcategorías duales que refleje la interconexión y la complejidad del conocimiento. Los principios de fractalidad son:

El **principio de jerarquía**, que sostiene que el conocimiento se puede organizar en una jerarquía de categorías y subcategorías duales más pequeñas a medida que se profundiza en un ámbito del conocimiento. Estas subcategorías deben seguir un patrón simétrico de repetición similar al de la categoría principal, de forma que la estructura autosimilar se repita a diferentes escalas. Esto significa que cada nivel de la jerarquía tiene la misma simetría recursiva que el nivel superior. Ello permite una recursividad organizacional del conocimiento.

El **principio de interconexión**, que establece que el conocimiento se puede organizar de forma que todas las categorías y subcategorías duales que conforman un fractal estén interconectadas y relacionadas entre sí de manera coherente, de modo que cada nivel es coherente con respecto a los demás. Dicho de otra forma, cada categoría y subcategoría dual debe estar integrada con el conjunto del conocimiento de manera significativa, lo que hace que cobre un sentido relacional. Esto puede hacerse a través del principio del tercero incluido, que nos permite encontrar similitudes entre los diferentes niveles fractales del conocimiento mediante analogías. En ese sentido, la analogía podría ser vista como una herramienta para descubrir redes de interconexiones entre dualidades. Ello se parece a cómo las partes de un holograma están interconectadas para formar un todo coherente.

El **principio de la complejidad**, que sostiene que el conocimiento debe ser complejo. El conocimiento complejo ha de incluir una gran cantidad de categorías y subcategorías duales que son opuestas y, al mismo tiempo, complementarias. Estas categorías son el resultado del diálogo entre dos lógicas: la lógica del tercero excluido, que establece que solo puede ser cierta una posibilidad de entre dos posibilidades (verdadero y falso), y la lógica del tercero incluido, que dice que dos opuestos pueden complementarse y completarse mutuamente para formar un conjunto emergente más amplio de información. Toda esta información categórica debe auto-organizarse fácilmente para incluir nuevas categorías y subcategorías duales en cualquier momento a medida que se adquiere nuevos conocimientos.

El universo es un buen ejemplo de cómo se pueden utilizar los principios de fractalidad para organizar el conocimiento. A nivel más grande, el universo puede dividirse en dos categorías duales: el universo invisible y el universo visible. El universo invisible comprende todo aquello que no podemos ver y medir de forma directa, como la energía oscura y la mate-

ria oscura. Por el contrario, el universo visible incluye todo lo que podemos ver y medir directamente, como los cúmulos de galaxias y las galaxias, las estrellas y los planetas. A su vez, el universo visible se puede dividir en dos categorías duales más pequeñas: el universo no estructurado y el universo estructurado. El universo no estructurado comprende todo lo que no tiene una estructura bien definida, como los vacíos cósmicos. Por contra, el universo estructurado incluye lo que tiene una estructura bien definida, como la red de filamentos. La dualidad onda y partícula en la física cuántica es otro buen ejemplo de cómo el principio del tercero incluido puede establecer similitudes a través de diferentes ámbitos del conocimiento para entender mejor cómo están interrelacionados. Así, la dualidad onda/partícula tiene analogías con las categorías y subcategorías basadas en las dualidades del universo invisible y visible, así como del universo no estructurado y estructurado. Algunos filósofos y científicos han sugerido incluso que esta dualidad onda/partícula puede ser utilizada como metáfora para establecer similitudes entre otras categorías duales de diferentes ámbitos del conocimiento. Por ejemplo, se ha usado para describir la naturaleza dual de la mente y el cuerpo, la relación entre la inconsciencia y la conciencia, la creatividad y la lógica, el mundo y el lenguaje, el fondo y la figura, el todo y la parte, entre tantas otras relaciones. Otra analogía común es la dualidad del hemisferio derecho y del izquierdo, en la que el hemisferio derecho se comporta de manera más similar a una onda, ya que es más intuitivo y creativo, mientras que el hemisferio izquierdo se comporta de manera más similar a una partícula, porque es más analítico y lógico. Todas estas analogías nos ponen de manifiesto que lo subjetivo se puede integrar en la física y lo objetivo en la psicología, tal y como manifestó Pauli al establecer la relación entre el concepto de sincronicidad y de causalidad. De alguna forma, la sincronicidad es un elemento conectivo que permite reorganizar el conocimiento científico de una manera más integradora (Peat, 2003), porque es capaz de establecer coincidencias significativas entre disciplinas aparentemente aisladas, al igual que la analogía permite que dos cosas estén estrechamente conectados o relacionados. Todos estos conceptos de analogía y sincronicidad son símbolos de la psicología que emanan de la proporción áurea del entrelazamiento cuántico de la física.

Las reglas nucleares de organización del método holofrónico son principios básicos de fractalidad: por un lado, el principio de jerarquía, que se manifiesta en la articulación recursiva y la aproximación a la simetría de los conceptos, y por otro, la constancia de conceptos de sistemas y la interconexión sistémica del principio de interconexión. Estos principios rectores determinan la organización de los conceptos, permitiendo su complejidad y autoorganización. La articulación recursiva y simétrica son principios geométricos basados en la

simetría recursiva. La más sencilla ley concebible en la naturaleza es la unidad en la variedad y la variedad en la unidad, lo que da la posibilidad de crear un discurso recursivo y simétrico. Este sencillo principio bidireccional de unificación posibilita la creación de estructuras autosimilares, así como una dinámica cíclica que puede articular las categorías de complementariedad y oposición en el conocimiento. Es una ley muy sencilla que puede producir complejidad, pues aporta mucha información dentro de un espacio muy reducido. Esa información se interrelaciona de forma libre, pero no es una maraña de ideas inconexas, sino que adquieren un **sentido relacional** a través de la extrapolación de conceptos de sistemas, desde sus fundamentos originarios hacia campos muy diversos del conocimiento universal. La realidad cobra sentido relacional cuando las parejas binarias de cada nivel se engarzan como partes de una estructura mayor. El sentido relacional es el encuentro del sentido uniforme que capta las relaciones, interdependencias e interconectividad de las cosas, que está imbuido en la analogía más que en la lógica y los métodos científicos, porque la analogía despliega la imaginación creativa e invita a ir más allá del dualismo.

Un sistema conceptual es una interconexión sistémica de ideas que constituye una unidad con sentido, en cuanto alcanza un significado de totalidad que implica un principio descrito como holográfico. El lenguaje analógico interconecta las dualidades de los diferentes campos del conocimiento para formar una red de significado, en donde todo parece tener un valor relacional y con sentido. Por ejemplo, la relación entre el concepto de “onda” de la física cuántica y el concepto de “hemisferio derecho” en psicología, puede ayudar a entender cómo el pensamiento intuitivo opera de una forma similar a las ondas cuánticas. Hardy (1997) ha explicado esta red de significado con suma lucidez al describir lo que denomina “la teoría de los campos semánticos”, que es una hipótesis que plantea la existencia de una red dinámica no lineal que entrelaza de forma instantánea diferentes niveles cognitivos en su interacción con los objetos del entorno, lo que explicaría los estados alterados de conciencia, la intuición, la creatividad, los descubrimientos científicos simultáneos, así como las sincronicidades. Esta dinámica conectiva genera una dimensión semántica que dota de significado a las cosas, un proceso organizativo que revierte de manera circular sobre el campo semántico de la propia mente. Ello permite una reorganización de nuestros campos semánticos individuales y colectivos, aquellos relacionados con el conjunto de creencias, valores, etc.; cosmovisión que cada individuo o colectivo proyecta sobre el mundo, y que definen la noosfera. En este sentido, nuestra mente participa de forma activa en la manera en que los objetos del entorno se organizan a través de los campos semánticos.

En cierto modo, la red de significado se asume como un campo de naturaleza holográfica que conecta los distintos nodos de información a partir de una estructura conceptual dada. Esta red cognitiva la podemos fundamentar en el aprendizaje significativo o con sentido, que está vinculado a la teoría del desarrollo cognitivo de Piaget. Desde el aprendizaje significativo, el conocimiento se organiza de forma hologramática, pues la parte da sentido al todo y el todo a la parte, permitiendo emerger una complejidad organizada, tal y como se manifiestan las leyes sistémicas de la naturaleza. Ya que la estructura de la realidad se puede conocer organizando el conocimiento a partir de patrones matemáticos con los que opera la organización fractal de la naturaleza, el sentido puede ser visto como una emergencia que une los fractales inconexos a través de la recursividad o autosimilitud, una idea que ha sido confirmada por la teoría de la complejidad y su forma de pensar. Con todo, el método holofrónico es un proceso inferencial e inteligible que toma como modelo la simetría recursiva de la geometría fractal y el sentido relacional del principio holográfico, donde cada parte está en resonancia con el todo. Atiende metodológicamente a un tipo de inferencia holística y multidimensional, en cuanto que posee un entramado de niveles de organización, representando un instrumento útil como alternativa a la lógica formal que define la visión mecanicista de las ciencias clásicas.

El gran reto para el siglo XXI consistirá en sistematizar todos los conocimientos mediante una metodología a la par holística y mecanicista, si es que deseamos hallar en un futuro cercano una teoría que unifique no solo la física cuántica con la gravitación, sino también los ámbitos biológicos, mentales y culturales. Y la idea de simetría recursiva e interconexión será el valor estético que sirva como guía de esta búsqueda. Precisamente, el descubrimiento de las grandes unificaciones responde de forma clara a la simetría de fenómenos aparentemente opuestos, pues las ecuaciones y los modelos teóricos han de concordar con la belleza que observamos en el mundo físico. Como escribió el premio Nobel de física Wilczek (2016, p.21) en su obra *El mundo como obra de arte*, en el núcleo de la naturaleza y del universo reina la simetría (armonía, equilibrio y proporción) y la economía (producir mucho a partir de pocos medios), que nosotros experimentamos como algo bello. Esa belleza expresada en simetría y simplicidad se ha usado en las investigaciones filosóficas y científicas a lo largo de la historia como guía hacia la verdad. Pero dentro de un pensamiento sistémico, debemos considerar que el concepto de simetría resulta incompleto como criterio estético a la hora de describir en su totalidad la belleza del mundo, porque en la base de los sistemas complejos también hay irregularidades, fluctuaciones y rupturas de simetría. Ineludiblemente, estas nociones de asimetría designan unos conceptos matemáticos que se pueden encontrar por todas

partes: los fractales. Por tanto, necesitamos complementar ambos para descubrir una Teoría del Todo que ponga de manifiesto las leyes sistémicas que rigen todas las simetrías.

El doctor de filosofía Soler Gil (2018) entiende que los criterios estéticos tradicionales de los físicos deben ampliarse con el diálogo de los humanistas, para buscar indicaciones útiles que puedan abrir nuevas vías de pensamiento. Las autosemejanzas usadas en el método holofractal se prestarían a tal fin. Tales autosemejanzas suponen correlaciones analógicas entre los macrosistemas y los microsistemas, las cuales ayudan a vincular varios niveles disciplinarios. Se trata de una autosemejanza muy sencilla que consiste en reunir las cosas en grupos simétricos en torno a los arquetipos de las ideas creadoras (el arquetipo de la unidad, el de la dualidad y el de la trinidad). Cada nivel está vinculado a otro como parte de un esquema de comprensión más amplio que lo integra, lo que otorga coherencia al conjunto. En ese estado de coherencia, se conforma un sistema orgánico de conexiones holográficas en donde lo estético se intensifica. Los sutiles principios estéticos se presentan, por tanto, como vía para la reconciliación de la realidad y del conocimiento. Pasan a ser un principio ontológico y epistemológico necesario para guiar el pensamiento hacia el descubrimiento de una teoría unificada del todo. Albert Einstein, que seguía la visión tradicional de los antiguos griegos (que es la tradición pitagórico-platónica), estaba en lo cierto cuando afirmaba que la ciencia busca aspectos globales que tienen que ver con la armonía, la simetría, la belleza y cierta elegancia. Y es que detrás de las teorías científicas, en los intentos de comprender, clasificar y unificar patrones de la naturaleza, se esconden nociones estéticas de simetría, aquello que la mente percibe como bello. Esta simetría se materializa en el mundo real por medio del lenguaje matemático de los fractales, que sigue los principios estéticos de la proporcionalidad y la armonía, que derivan de la unidad de los opuestos. Una unidad que alberga dentro de sí el sentido estético de las cosas, y que fundamenta la unificación de disciplinas de diferentes ámbitos a través de intermediarios equilibradores.

Parte III

El Modelo Fractal-Holográfico en la Estética

El método holofrónico puede aplicarse a la teoría de la Estética para aportar una explicación más profunda y actualizada, porque los descubrimientos científicos de los sistemas complejos nos permiten introducir nuevas aportaciones en la investigación estética que le den mayor sentido. Los antiguos debates de los filósofos acerca de la belleza están en el corazón mismo de las ricas contradicciones halladas en los fractales, debido a que tienen en cuenta la compleja dimensión de los intercambios sujeto/objeto y sus relaciones intersubjetivas, es decir, compartidas por todos. Por esta razón, las formas fractales están presentes en el conocimiento filosófico que trata sobre la estética tradicional.

Desde un punto de vista sistémico, la Estética puede ser entendida como la ciencia de las relaciones proporcionales, ya que puede ser analizada en términos de armonía o en razón de la diversidad en la unidad. Por tanto, la Estética se ocuparía de cómo las distintas partes de un sistema están relacionadas entre sí y cómo estas relaciones afectan a la percepción de la armonía o de la belleza. Este valor estético depende de esa característica común a todos los sistemas complejos. Tal generalización se manifiesta bien temprano en las ideas pronunciadas por algunos filósofos griegos, como Platón y Aristóteles, quienes asumieron el concepto de belleza de los pitagóricos. Ello les llevó a comparar una obra de arte con un organismo acabado en el que las partes implicaban la totalidad y la totalidad las partes, en una relación de coimplicación recíproca. La concepción orgánica de la obra de arte no solo es propia de la Antigüedad Clásica, sino también de la Edad Media, el Renacimiento, el Idealismo y el Romanticismo.

13. El Concepto de Estética

La Estética es la disciplina filosófica que trata sobre el sentimiento respecto a la belleza, el modo de conocerla y su dialéctica. La belleza es un concepto complejo que opera según parámetros contradictorios, pues admite dentro de sí términos opuestos agrupados en torno a la antinomia entre el sujeto y el objeto, que pone en movimiento un diálogo, o falta de diálogo, entre el contenido y la forma, lo relativo y lo absoluto, etc. Estos aspectos que se debaten entre una realidad u otra parecen ser una constante en la historia de la Estética y, más en concreto, en el pensamiento de siglo XIX, que es cuando se empezó a poner en práctica. Dado

que la naturaleza contradictoria de la belleza está imbuida en una atmósfera indefinida y ambigua, es difícil alcanzar una definición simple de lo bello.

A pesar de configurarse como disciplina en la modernidad, la Estética se remonta a la Antigüedad Clásica, y atraviesa la Edad Media y parte del Renacimiento, pero es una estética implícita, puesto que los problemas de la belleza no figuraban de forma directa, sino indirecta. En la Antigüedad Clásica, la belleza tenía un sentido más ético que estético, es decir, designaba cualidades morales, y en su origen estaba separada del arte. No obstante sus diferencias, a principios de la época moderna belleza y arte se fueron relacionando entre sí, de modo que la actividad artística la usó como referencia suprema en sus producciones. A lo largo del tiempo, la estética moderna se diferenciará cada vez más de la antigua y medieval al ser tratada como disciplina autónoma, a través de la cual el hombre ilustrado se reafirma en la emancipación del saber jerárquico y fragmentado de su época. La razón ilustrada aspira a ser un instrumento de esa emancipación respecto a las determinaciones socioculturales que impiden el progreso y la felicidad del hombre, y el modelo humano que se propuso para lograrlo fue el filósofo, erudito de la razón ilustrada. Durante el siglo XVIII, la filosofía y la estética aparecen íntimamente unidas en la gran mayoría de los filósofos ilustrados. A ambas se le atribuye la función de ejercer un papel mediador en el proyecto utópico de emancipación. Ello prepara las condiciones para el reconocimiento disciplinar de la Estética, lo que supone la exclusión de la estética natural (lo antiguo) respecto a la estética artificial (lo moderno), que pone hincapié en el mundo de los objetos artísticos producidos por el hombre.

No será hasta la llegada de Alexander Baumgarten (1714-1762) cuando se formule explícitamente el concepto de belleza estética, alzándose como el verdadero fundador de la Estética como disciplina independiente. Tomando como referencia la distinción cartesiana, Baumgarten distinguió entre estética y lógica. Sostenía que la Estética era la ciencia del conocimiento sensible, mientras que la lógica era la ciencia del conocimiento racional. Para él, el mundo sensible de las sensaciones se correspondía con las facultades inferiores del ser humano, las cuales implicaban un tipo de conocimiento sensible, que, siendo verdadero, no era de orden lógico. La estética constituía una facultad de esa experiencia sensorial, ya que se identificaba con lo bello, aquello que no se podía expresar con palabras, porque producía sensaciones que no se podían definir lógicamente. En su opinión, el mundo sensible de las sensaciones se oponía al mundo inteligible de la lógica, que pertenecía a aquellas facultades superiores que permitían conocer las cosas de forma racional, usando palabras para describirlas. Sin embargo, la estética, siendo una facultad inferior, podía ser susceptible de ser perfeccionada como ciencia. Por ende, Baumgarten reconocía la estética como la perfección del cono-

cimiento sensible, un tipo de facultad intermediaria entre el conocimiento sensorial y el conocimiento intelectual que tenía la capacidad de captar la belleza. Esta separación de la estética respecto a la lógica será decisiva para la autonomía de la nueva disciplina de la Estética, aunque iniciará un proceso paradójico que se reitera a lo largo de toda la modernidad.

La resolución final respecto a las paradojas que presenta la Estética vino de la mano de Immanuel Kant (1724-1804), uno de los pensadores más importante de la Estética moderna, dado que fue capaz de sintetizar las aportaciones de los pensadores modernos de tendencia universal e individual, denominados racionalistas y empiristas, y resolver las paradojas al argumentar que el juicio estético (criterio de lo bello y lo feo) era de carácter subjetivo, pero tenía una base universal común a cada uno de los individuos. Con su teoría sobre el juicio estético, Kant retomó las argumentaciones en torno a lo estético en su sistema de pensamiento y se demarcó de las ambigüedades entre la facultad sensible y lógica iniciadas por Baumgarten. Al sistematizar la nueva ciencia estética y separar la estética del conocimiento racional, Kant inicia la verdadera autonomía de la Estética como disciplina, poniendo los cimientos de la estética contemporánea.

13.1. Tipos de Estética

La historia de la humanidad está plagada de contradicciones, debido a las cuales han surgido todos los conflictos relativos a la Estética, según los factores objetivos y subjetivos. Por un lado, la Estética defiende las cualidades objetivas (absolutas) de la belleza, que son aquellas que gustan en todas las épocas y lugares; y por otro, las cualidades subjetivas (relativas), que dependen de factores como el género, la edad, la personalidad, la educación, la moda o la cultura en la que vive el individuo..., de ahí la diversidad de gustos y opiniones sobre lo que es bello. De esta naturaleza contradictoria de la belleza ha emergido prácticamente una doble escisión en la manera de entender la estética: una, la que podríamos llamar **estética unitaria**, en donde prima el concepto de la armonía de los contrarios y que participa de las analogías arquetípicas del orden implícito; otra, la llamada **estética dual**, dedicada, en cambio, a escindir la realidad en pares de opuestos, a disgregar la unidad en la multiplicidad. La estética unitaria parte de leyes universales basadas en principios de proporcionalidad, como la proporción áurea, mientras que la estética dual se ha desarrollado sobre todo con la irrupción de la ciencia moderna en la estética. Estas dos corrientes tienen enfoques contrarios sobre cómo entender la belleza, pero ambas han tenido un impacto significativo en la forma en que se ha abordado el estudio de la Estética a lo largo de la historia. Por supuesto, la susodicha división funciona como un constructo teórico que resulta práctico para fines expositivos y

explicativos. La estética unitaria no centra su atención completa en la unidad, ni la estética dual se centra completamente en la dualidad. Se habla más bien de rasgos de dominancias en una u otra dirección. El clasicismo se dirige más hacia el ideal de la estética unitaria, de modo que se acerca a la universalidad. El modernismo se abre más hacia el camino de la estética dual, lo que da cabida a la relatividad.

La estética unitaria o de cohesión (inclusión que integra las contrariedades a través de la analogía o la proporción entre las partes) transmite valores axiológicos que impulsan a la unificación de las dualidades, al equilibrio entre sentimientos y razón, entre subjetividad y objetividad, en cuanto participa de los niveles superiores que integran las partes en una totalidad. Por buscar esa imagen unificada del mundo, la estética unitaria está estrechamente unida a la esfera de la mística, un estado espiritual que solo puede ser captado por la coherencia hemisférica de la mente, que otorga proporción analógica a las cosas. Este tipo de estética es propio del arte clásico, que prevaleció en el medievo y en la primera etapa del Renacimiento, y suele denominarse estética metafísica o clásica. El centro de la estética clásica es la estética unitaria, que deriva de la conjunción entre interioridad y apariencia externa, entre el contenido espiritual y la forma sensible, pues corresponde a un término medio entre ambos, a una proporción áurea que armoniza el contenido y la forma. La estética unitaria se basa en leyes universales que se aplican a todas las formas de arte y que buscan lograr la armonía y la proporción.

A la estética unitaria se opone la estética dual o de la fragmentación surgida en la modernidad, que al disgregar la coherencia de la unidad y sus referencias axiológicas en pares de opuestos, constituye un despliegue de los niveles del orden explicado. Esto puede sumergir al hombre en el conflicto y la incoherencia de la conciencia, impidiéndole la búsqueda de un sentido pleno de lo bello. En lugar de buscar la armonía y la proporción, como hace la estética unitaria, la estética dual se centra más en la fragmentación y la multiplicidad de perspectivas y enfoques, lo que ha dado lugar a una gran variedad de estilos y movimientos artísticos. Atañe al concepto dualista de la belleza, que por ceñirse a las formulaciones empiristas y racionalistas de la ciencia, y a la exclusión formal de su lógica, alimenta las oposiciones propias de la estética moderna, en donde se hace patente los condicionamientos del paradigma simplificante. A la estética dual le compete por separado la estética del sentimiento, que atiende a lo emocional, y la estética de la razón, que considera lo racional, las cuales vendrían producidas por el lado del sujeto, cuando imagina cosas que no están en la naturaleza (la poiesis), y por el lado del objeto, cuando imita su manera de aparecer en el mundo (la mímesis), que los renacentistas llaman *natura naturans* y *natura naturata*, la naturaleza creadora y la

naturaleza creada. A lo largo de la historia del pensamiento estético de Occidente, el arte ha ido oscilado entre la mimesis de la natura naturans y de la natura naturata. Ambos tipos de estética se manifiestan asimismo en las doctrinas subjetivas de la belleza (belleza subjetiva-empirismo) y en las doctrinas objetivas (belleza objetiva-racionalismo). La belleza subjetiva es aquella que depende del juicio personal de cada individuo. Al considerar la relatividad del gusto, es mutable, particular y relativa. Por el contrario, la belleza objetiva es aquella otra que se considera igual para todos, independientemente de las preferencias personales. Al buscar reglas racionales, es inmutable, universal y absoluta, debido a lo cual puede incurrir en reglas que rozan la estética unitaria del Clasicismo. Los dos tipos de belleza se mueven en una dialéctica entre la oposición y la complementariedad. Esto significa que, aunque estos dos tipos de belleza se oponen entre sí, también pueden complementarse y trabajar juntos para lograr una comprensión más completa de lo que es bello.

14. La Estética Unitaria

En la Grecia clásica, se establecieron los conceptos básicos de la estética unitaria, una visión que defiende el carácter metafísico de la belleza. Según esta concepción, en la idea de belleza hay presupuestos del ámbito del bien, pero también de la verdad. Esta vinculación de lo bello con lo bueno y lo verdadero se debe a que la idea de belleza es vista como el producto de las leyes universales que gobiernan la naturaleza, ya que está inmersa en un dinamismo proporcional y armonizador en donde todo está conectado, lo cual implica una metafísica que entronca con el misticismo, con lo trascendental y divino. Estas conexiones metafísicas de la belleza presentan la Estética y la Metafísica como ámbitos unidos, así como la Estética y la Lógica. De ahí surgió el lema a lo largo del pensamiento filosófico de que lo bello, lo bueno y lo verdadero son aspectos eidéticos que convergen hacia la plenitud de la verdad como coherencia.

La proporción analógica es un concepto que hace referencia a la relación armoniosa entre diferentes partes. La proporción analógica tiene un aspecto de unión que abarca la tríada eidética de los valores superiores, estéticos, éticos y lógicos, relacionados respectivamente con la belleza, la bondad y la verdad. La identificación de la belleza con la bondad y la verdad proviene de Platón, que tomó de la noción socrática de *kalokagathía*, que es un concepto que vincula la belleza y el bien (entendido como aquello que es útil). Gracias a su proximidad con el bien y lo verdadero, la belleza se hace universal. Esta idea fue adoptada en los siglos siguientes por muchos otros filósofos, hasta llegar a la filosofía medieval, y se le ha llamado belleza ontológica. Para Platón, la proporcionalidad como correspondencia entre las partes y

el todo era una norma no solo estética, sino también ética. De ahí que en sus concepciones metafísicas se iguale lo bello con lo bueno. No obstante, a lo largo de la estética lo bello se irá separando poco a poco de lo bueno, sobre todo a partir de Aristóteles y Santo Tomás de Aquino.

14.1. La Estética Unitaria y la Filosofía

El sentido de la estética y, por tanto, de la belleza, lo otorga la correcta disposición entre las partes y el todo, tal y como se da en el mundo natural. El concepto más cercano que está íntimamente ligado a la proporcionalidad de la naturaleza es el de proporción áurea. El número áureo mantiene relaciones de proporción, por eso suele definirse como el lenguaje matemático de la belleza. Esta idea de belleza matemática se encuentra en las antiguas concepciones metafísicas de la filosofía clásica con Pitágoras, Platón y Plotino, cuyos principios serán retomados en la Alta Edad Media y en los inicios del Renacimiento, y que siguen siendo relevantes en la actualidad en diversos campos, como el arte y la arquitectura. En general, todas esas filosofías se encuadran dentro de una visión holística de la estética, porque buscan un tipo de concepción absoluta de lo bello basado en la unidad y armonía de las dualidades, que viene expresado por la adecuación de las partes con el todo. Ese valor absoluto de las proporciones constituye la base de lo que el filósofo e historiador del arte Wladislaw Tatarkiewicz llama la “Gran Teoría” de la estética europea. La Gran Teoría sostiene que la belleza es una característica objetiva basada en las ideas pitagóricas de las proporciones. Esta teoría fue muy influyente desde el siglo V a.C. hasta el siglo XVII, época en la que la filosofía empírica la cuestionó al sostener que el juicio de lo bello dependía de las características subjetivas de los individuos. También fue cuestionada en el Barroco y el Romanticismo, que priorizaban las emociones y la originalidad frente a las proporciones (Tatarkiewicz, 2021).

14.1.1. Antigüedad Clásica. Los filósofos de la Antigua Grecia fueron los primeros en estudiar los patrones matemáticos de la naturaleza, en especial la proporción de la sección áurea, pues creían que estos patrones reflejaban un orden y una armonía subyacentes en el universo. La noción de belleza de la antigua Grecia estaba relacionada con estas proporciones, que los griegos definían como la adecuada correspondencia del microcosmos en relación con el macrocosmos. El término que emplearon para esa adecuación fue “simetría”, entendida como una proporción o analogía basada en la medida del número áureo. Este concepto de proporción analógica tiene su origen en el pensamiento pitagórico, que se inscribe tanto en la mística tradicional como en la ciencia matemática. El carácter místico y científico de la filo-

sofía pitagórica ejerció una gran influencia en el pensamiento estético de Grecia, de modo que el arte se fundía con la espiritualidad y la ciencia en una totalidad. En ese sentido, Russell (1995) escribió que “Pitágoras como profeta religioso y como matemático ha tenido una influencia inconmensurable, y los dos campos de su actividad no distan tanto el uno de otro como puede parecer a una mente moderna” (p.72).

Pitágoras (ca. 569-ca. 475 a. C.) y los pitagóricos teorizaron sobre la proporción o “razón de los extremos y medios”, ya que creían que los fenómenos naturales y cósmicos, como así también las dimensiones del cuerpo humano, podían describirse a través de unas leyes matemáticas de proporcionalidad, de armonía. De ahí que trataran de buscar una mediación o unificación de los contrarios en el concepto de proporción armónica, es decir, en el concepto de analogía, lo cual comparte el sentido de la dialéctica presocrática, especialmente de Heráclito, que veía al mundo como un conjunto de opuestos que se equilibraban y se complementaban mutuamente. Los griegos creían que una cosa era considerada bella si existían relaciones de armonía y proporcionalidad entre sus dimensiones, y el arte considerado bello debía manifestar esas mismas proporciones. Por eso, los griegos se dejaban guiar por las proporciones matemáticas y las formas geométricas a la hora de componer sus obras artísticas.

Pitágoras construyó su teoría matemática de la armonía en relación con las armonías musicales surgidas de los números, que eran considerados como la expresión de los constituyentes mismos de la proporción y la armonía del universo, que él llamaba la “música de las esferas”, puesto que creía que las órbitas planetarias emitían tonos musicales debido a sus movimientos. Para él, los números no solo eran una herramienta para contar y medir, sino que también tenían un significado simbólico y espiritual. La tetraktys, que en griego significa “cuatro veces”, era la clave de las nociones fundamentales de este pensamiento, una fórmula de sucesión armónica que resultaba de la progresión 1, 2, 3, 4, y que constituía una metáfora de la relación que mantenían los números con el universo (Figura 101). El principio de todas las cosas es la mónada o la unidad. De la unidad surge la díada o el dos, el símbolo de la dualidad, que sirve de sustrato material a la mónada. Y de la mónada y la díada surgen los demás números. La tríada o el tres es el primer número que emerge, que recoge el concepto de relación y equilibrio, al que le sigue la tétrada o el cuatro, el universo material. El producto de la suma de estos cuatro números daba como resultado el número diez, la década, identificado con el macrocosmos (la totalidad del universo), que se revelaba como próximo a la unidad. Dado que consideraban las cosas como números, los pitagóricos transferían la tetraktys al orden de la realidad física. Así, el uno representaba el punto, el dos la línea, el tres la superfi-

cie mínima (el triángulo) y el cuatro el volumen mínimo (el tetraedro), resultado de los tres constituyentes básicos: el punto, la línea y la superficie. En cada nivel dispusieron los cuatro elementos, fuego, aire, agua y tierra, en función de su menor y mayor densidad.

Aparte de la tetraktys, Pitágoras tomó el símbolo de la estrella pentagonal o pentagrama como insignia de su escuela religiosa. La década de la tetraktys, símbolo del macrocosmos, era considerada la imagen extendida del número cinco del pentágono estrellado, que fue identificado con el microcosmos (el hombre). Al estimarse como el número de Afrodita, los pitagóricos consideraban que el pentagrama era el símbolo del amor creador y de la belleza, así como del equilibrio en la salud del cuerpo humano, pues suponía una armoniosa combinación del primer número par (femenino, simétrico), la díada o el dos, y el primer impar completo (masculino, asimétrico), la tríada o el tres. Puesto que el pentagrama respondía al ritmo recurrente y autosemejante de la proporción áurea, reflejaba la correspondencia analógica entre el macrocosmos y el microcosmos, entre el universo y el ser humano. Tal analogía operaba bajo una especie de sincronicidad que permitía conectar lo pequeño en lo grande y lo grande en lo pequeño, estableciendo vinculaciones armónicas entre las partes y el todo, como en un fractal. Esta metafísica numérica de las correspondencias se difundió a través de la Edad Media mediante el gnosticismo, el hermetismo, la alquimia y la cábala, y se incorporó a los rituales mágicos del Gótico. Y desde el medievo la mística de los números pitagóricos se transmitió con secretismo por las logias de albañiles y talladores de piedra hasta llegar al Renacimiento (Ghyka, 1968a).

El establecimiento de analogías entre el microcosmos y el macrocosmos es un concepto fundamental de la estética pitagórica, aunque aparece igualmente en la filosofía de Demócrito y Heráclito, aunque cada uno de ellos lo interpreta de manera ligeramente diferente. Demócrito (ca. 460-ca. 370 a. C.) fue empírico y materialista, ya que para él todo es percibido bajo un proceso mecánico. No obstante, reconoció en la belleza la medida adecuada, la proporción, y creyó que lo bello debía contener tanto factores emocionales como racionales. En cuanto a Heráclito (ca. 535-ca. 470 a. C.), percibió la diversidad y los constantes cambios del mundo (él dijo aquello de que nunca vemos el mismo agua en un río), pero también advirtió que había un logos (medida y proporción) subyacente al cambio que explicaba la existencia de una coherencia en el universo que conducía a la unidad y la armonía. Precisamente, para él lo armónico era el producto de la unión de fuerzas opuestas. En este sentido, Heráclito coincidió con los pitagóricos en el concepto de armonía. Empero, en lugar de darle el carácter matemático que ellos le dieron, él veía la armonía más como una especie de logos. En lo que respecta al arte, Heráclito observó que el hacer artístico imitaba el funcionamiento de la natu-

raleza, porque operaba de modo similar a la armonía entre los elementos opuestos del mundo natural. La idea del arte como imitación o mimesis alcanzará un gran apogeo con Platón y Aristóteles, aunque ambos lo interpretaron de forma muy diferente. Por ejemplo, Platón condenó la mimesis artística por ser una imitación del mundo sensible, que es a su vez una imitación imperfecta del mundo inteligible y, como tal, es una copia de la copia del mundo de las ideas, debido a lo cual el arte se aleja de la verdad hasta crear una ilusión capaz de inducir al engaño. Con ello, Platón diferenció entre una belleza en sí y una belleza artística, que él consideraba como una copia de la auténtica belleza. Si bien con matices diferentes, Aristóteles continuó con esta distinción al distinguir entre seres naturales y seres fabricados por el ser humano, que participan tanto de la belleza natural como de la belleza artificial o artística, entre los que había una analogía sustancial, puesto que el arte imita o representa la naturaleza y, por tanto, participa de ella. Debido a esa relación analógica, Aristóteles defendió la mimesis artística de manera más positiva, como una representación y una expresión de los elementos imaginativos y creativos de la naturaleza humana. Sin embargo, al establecer un vínculo entre mimesis y poiesis (entendido como representación e invención, realidad y ficción), el compromiso del arte con la verdad quedaba cuestionado. En virtud de ello, el arte puede ser entendido como una humanización del mundo natural, ya que refleja y expresa la experiencia humana.

La unidad de Heráclito entre los opuestos se desvaneció con el pensamiento de Parménides, llevando hacia el dualismo característico de Sócrates (ca. 470-ca. 399 a. C.), que inicia la valoración negativa de un principio sobre otro, como contrarios que se oponen entre sí. Para Sócrates, el arte era capaz de idealizar la naturaleza incorporando una visión subjetiva, pero asimismo podía representar el alma a través del cuerpo humano. Con esta idea introduce el concepto de belleza espiritual, concebida como expresión del alma, que se oponía a la proporción de la belleza formal, defendida hasta entonces por los pitagóricos. La belleza pitagórica era más próxima al cosmos, en tanto que la socrática al hombre. Ambos conceptos se asentarán con fuerza en la estética posterior como belleza sensible, lo bello percibido en los cuerpos a través de los sentidos, y belleza inteligible, lo bello percibido a través del alma, del intelecto. Sócrates también introdujo el concepto de belleza como el grado de adaptación al fin funcional, útil, es decir, la belleza de algo se determinaba por su utilidad o su capacidad para cumplir una función determinada. Según Sócrates, lo bello mantenía una analogía evidente con lo bueno, que es acepción de lo útil. Con el tiempo, la teoría funcionalista de la belleza de Sócrates se distinguió de la belleza de la forma, conformando la dualidad de lo útil y lo bello, la utilidad y la belleza. Esta confrontación entre lo útil y lo bello, o, si se quiere,

entre la técnica y el arte, la función y la forma, ocupará un lugar destacado en la estética del siglo XIX, se perfilará con claridad en el mundo romántico y continuará con la estética del siglo XX.

El gran discípulo de Sócrates es el filósofo griego Platón (ca. 427-ca. 347 a. C.), quien recibió una fuerte influencia por parte de la escuela pitagórica, que fue la primera en mostrar una teoría matemática como condición de la belleza del cosmos. Platón creía que existían dos principios ontológicos: el principio del uno y el principio de la díada indefinida, a veces llamada del mayor y el menor, del exceso y la deficiencia o del más y el menos. De esos dos principios se derivaba la construcción de las formas ideales (universales o números arquetípicos), así como también los objetos sensibles (particulares) de nuestro mundo físico. Aceptando los contenidos fundamentales de los pitagóricos, Platón intentó encontrar un orden en la naturaleza a través de los números arquetípicos. De entre todos los patrones matemáticos que daban forma a las cosas, consideró “la sección” como la mejor relación entre segmentos de rectas para explicar la armonía y la proporción del cosmos. En opinión de S. Olsen (2017), esta relación se correlaciona con el principio ontológico de la díada indefinida de lo grande y lo pequeño. Al respecto, Platón (2000) recogió en el diálogo *Timeo* este concepto de proporcionalidad matemática y su relación con la dimensión estética, aunque bajo cierto oscurantismo debido al juramento pitagórico de no revelar los secretos de los Misterios. En el *Timeo* explica que siempre que haya dos elementos, existe un vínculo de naturaleza superior que los unifica:

Pero no es posible unir bien dos elementos aislados sin un tercero, ya que es necesario un vínculo en el medio que los una. El vínculo más bello es aquel que puede lograr que él mismo y los elementos por él vinculados alcancen el mayor grado posible de unidad. La proporción es la que por naturaleza realiza esto de la manera más perfecta. En efecto, cuando de tres números cualesquiera, sean enteros o cuadrados, el término medio es tal que la relación que tiene el primer extremo con él, la tiene él con el segundo, y, a la inversa, la que tiene el segundo extremo con el término medio, la tiene este con el primero; entonces, puesto que el medio se ha convertido en principio y fin, y el principio y fin, en medio, sucederá necesariamente que así todos son lo mismo y, al convertirse en idénticos unos a otros, todos serán uno. (pp.168-169)

Posteriormente, Euclides (ca. 325-ca. 265 a. C.) será quien formule matemáticamente la sección en su libro VI de los *Elementos*, proposición 30, pero de manera más escueta, y desprovista de la carga subjetiva que le dio Platón en su simbolismo o significado subyacente. Euclides definió del siguiente modo la citada sección: “se dice que una recta está dividida

en el extremo y su proporcional cuando la línea entera es al segmento mayor como el mayor es al menor” (Euclides, 1996). Mucho después, en el siglo XIX, la concepción armónica de proporcionalidad se conocería como “sección áurea”.

En opinión de Tatariewicz (1987), antes de Platón surgieron tres conceptos de belleza: la teoría de la proporción matemática de los pitagóricos, la teoría relativista de los sofistas y la teoría funcionalista de Sócrates. Platón no llegó a aceptar los conceptos relativistas y funcionalistas, porque, a su juicio, no incluían la belleza inteligible, pero sí tuvo en consideración el concepto de belleza desarrollado por los pitagóricos, que presuponía una cualidad objetiva de las cosas en cuanto a los números y las proporciones dadas entre ellos. Precisamente, la idea de Platón sobre la belleza consistía en la proporción y en la armonía de las formas. Sin embargo, él no se ceñía sin más a la belleza formal, que consideraba inferior al contenido, sino que insistía en los vínculos entre forma y contenido al considerar que la mayor belleza se obtenía al sintetizar la belleza externa con la interna. Para Platón, la belleza es el desarrollo de un proceso que va de lo externo a lo interno, del mundo sensible al mundo inteligible o intelectual, dos mundos separados en el ámbito del ser como confrontación de los principios básicos del cosmos. Además, suponía que los sentidos dirigidos hacia el mundo sensible mentían continuamente, pues captaban solo la multiplicidad y no la unidad del mundo inteligible. Por ese motivo, Platón pensaba que la naturaleza era una copia imperfecta del mundo inteligible, y la capacidad del ser humano para crear objetos artificiales no era más que una mimesis o imitación de los productos naturales. Por tanto, el arte resultaba ser una copia de una copia, una imitación de una imitación. Y debido a este carácter imitativo, el arte se alejaba de las formas ideales.

Platón defendió la existencia de dos mundos ontológicamente separados: el mundo inteligible de las ideas (lo uno) y el mundo sensible de la materia (lo múltiple o *díada* indefinida). Creía que la belleza de los cuerpos encontrada en la naturaleza formaba parte de las formas ideales del mundo inteligible, de las cuales participaban los objetos físicos del mundo sensible. La belleza procedente del mundo inteligible constituía una unidad en la que había una jerarquía con un orden. En la cima de ese orden jerárquico se situaba la idea de belleza (que es también la de bien y verdad), la cual se podía descubrir a través de la dialéctica ascendente del amor, que conducía de plano en plano hacia la idea inteligible. La multiplicidad de las cosas bellas del mundo sensible participaba de la unidad de la idea de belleza inteligible por compartir una semejanza. El grado de belleza de las cosas dependía de la menor o mayor participación respecto a ese ideal, una afirmación que tuvo como consecuencia la idealización de la belleza. Los predicados más eminentes de esa belleza ideal aparecen en los

conceptos de justa medida, simetría, moderación y nivelación de tensiones, expresados como una ordenación de las partes para integrarse en un todo unificado y armónico, una idea que apunta a la simetría recursiva de la proporción áurea como medio de unión entre las dualidades. Ello permitía pasar del mundo sensible al inteligible a través de la sintonía con las notas armoniosas del cosmos (Olsen, 2002). Platón entendía que la idea ética de Bien podía reducirse también a la justa medida. En la República, sostiene que la armonía y la unidad del Estado, y por lo tanto la idea del Bien, dependen del respeto hacia las proporciones armónicas del universo. De ahí que la armonía y la proporción se consideraran bellos y útiles, aunque también daban propiedades objetivas a los objetos.

El filósofo Aristóteles (ca. 384-ca. 324 a. C.) cuestionó el criterio permanente y absoluto de las ideas de Platón, que no responden al cambio, movimiento y diversidad de la realidad, porque la separación ontológica entre un mundo y otro abre un abismo insalvable entre las cosas y las ideas. Para Aristóteles, las ideas están unidas a las cosas gracias a la relación existente entre la forma y la materia, la potencia y el acto, los dos modos fundamentales del ser que proporcionan una solución a la cuestión del movimiento, y que permiten entender cómo las cosas cambian y se desarrollan en el tiempo. Por lo que respecta a la concepción de lo bello, Aristóteles califica la belleza como la manifestación de la esencia contenida dentro de las cosas del mundo sensible. En su opinión, la belleza tiene valor por sí misma, sin necesidad de recurrir a su relación con el bien o lo útil (fin funcional), y proporciona placer o admiración individual. Esto significa que la belleza no depende de su utilidad o de cómo nos beneficie, sino que es una cualidad que las cosas tienen en sí mismas y que puede ser percibida por quienes las contemplan. En cuanto a las cualidades que deben tener las cosas para que sean bellas, Aristóteles retoma la idea de proporción y armonía de la filosofía pitagórica y platónica, pero introdujo el concepto de moderación, que es el ámbito de la virtud residente en la medida justa entre extremos, en el que el bien moral se acerca a lo bello. Esta justa medida podría constituir la razón áurea (Rivera, 2006; Salamone, 2007). A este respecto, el filósofo ve en la contemplación de las artes, especialmente en la tragedia griega, un acto catártico como elemento purificador de las emociones, y cuyo proceso va de la realidad a la ficción (estética), y de la ficción a la realidad (ética), llevando a la moderación del justo medio. Aunque Aristóteles concebía la belleza como una propiedad objetiva de las cosas, también dio origen a nuevas interpretaciones de carácter subjetivo, pues pensaba que era el sujeto quien decidía lo que era bello. En la Antigüedad Clásica y en la Edad Media, la influencia de ese carácter subjetivo de la belleza fue menos eminente que el carácter objetivo de Platón, pero la situación se equilibró en los tiempos modernos.

En el siglo III d. de C., hubo una recuperación del pensamiento platónico con el filósofo romano Plotino (ca. 204-270), que fue el fundador del neoplatonismo. La estética de Plotino mezcla elementos de la estética metafísica de Platón bajo conceptos basados en la unidad y la emanación. Como Platón, Plotino distinguió dos mundos, el mundo sensible y el inteligible o suprasensible. En el mundo inteligible, hay una unidad de donde emana, como un foco de luz, todas las formas de existencia del mundo sensible (el concepto de luz como emanación se explica como la razón de una multiplicación de semejanzas de las formas ideales). La emanación produce la realidad según tres estadios: lo inteligible, el alma y lo sensible. El alma es el mediador entre el mundo sensible y el inteligible. Ese mundo inteligible no es exclusivamente humano; también está presente en la naturaleza bajo fuerzas espirituales y creativas. Cada uno de los mundos tiene un tipo de belleza en particular, que radica en el grado de la luz emanada. A la belleza del mundo sensible podemos acceder por medio de los sentidos externos, y la belleza intelectual es accesible a través del pensamiento. En opinión de Plotino, la belleza sensible es la emanación y el reflejo de la belleza intelectual, que se encuentra más cerca de la luz, pero la belleza sensible es la única propiedad perfecta, ya que el mundo de los sentidos externos es el primer grado de nuestra capacidad cognitiva para alcanzar la luz del conocimiento. Siendo la belleza una propiedad de mundo sensible, no obstante proviene del mundo inteligible. Esto quiere decir que la materia sensible no es bella por sí misma, sino gracias a la fuerza espiritual e ideal. El espíritu humano puede captar esa belleza en razón de su mutuo parentesco o simpatía, que implica la relación entre el observador y lo observado. Según Plotino, la belleza no es una simple relación o proporción de las partes con el todo manifestada en las formas externas, sino una cualidad esencial de las cosas que se relaciona con la divinidad. La esencia de la belleza deriva de la unidad que se revela tras lo divino, y esa unidad no está en el mundo sensible, sino en el inteligible. El arte se encontraba, justamente, entre un mundo y otro, porque siendo del mundo sensible, provenía de la mente del artista en forma de idea. Con ello, reconoció la relación entre arte como mimesis y belleza como proporción.

La predominancia por las características ideales de la proporción está dominada por las reflexiones del cosmos generadas por los pitagóricos y asumida por Platón. Los griegos estaban convencidos de que en el mundo existía una belleza objetiva basada en proporciones matemáticas. Estas proporciones no eran invención humana, sino producto de unas normas objetivas que el hombre descubría en la propia naturaleza, normas que giraban en torno a la noción fundamental de “simetría”. El canon, entendido como una parte del total tomada como unidad de medida, es la regla que servía como referencia para estructurar las proporciones de

las formas. El uso del modelo canónico se extendió primeramente en las construcciones griegas, pero con el tiempo los escultores aplicaron el canon en la representación del cuerpo humano. Los artistas de la época clásica se regían, pues, por unas normas objetivas de proporción y armonía, lo que otorgaba un carácter universal, impersonal y racional a sus obras. Al establecer reglas fijas basadas en categorías absolutas que se suponían naturales, limitaban la libertad creadora del sujeto. No obstante, las reglas del arte no eran del todo absolutas, también se fomentaban ciertas libertades subjetivas de proporción y armonía para favorecer la expresividad. Esas libertades permitirán la combinación de las formas geométricas con otras de tipo más orgánico, sobre todo a partir del período clásico.

Para los antiguos griegos, la simetría se deriva de la proporción, que recibe el nombre de “analogía”. La simetría, que significa “la misma medida” o “proporción adecuada”, se asociaba con la idea matemática de armonizar elementos numéricos o geométricos en un todo unitario. El ideal de belleza y unidad del arte, tanto en arquitectura como en escultura, se relacionaba precisamente con la simetría y la proporción numérica entre las diferentes medidas, en especial la “sección” de Platón. Semejante actitud estética se encuentra reflejada en la arquitectura griega bajo el concepto de “euritmia”. La euritmia aparecía cuando la simetría se repetía progresivamente hacia lo pequeño y hacia lo grande, según una continua cadena de proporciones sencillas emparentadas con la sección. Esta progresión continua, en donde todas las partes están proporcionadas entre sí, se basaba en el concepto de canon. En el arquitecto romano Marco Vitruvio Polión (ca. 70-25 a. C.), lo mismo que en los pitagóricos y en Platón, la simetría y euritmia significaban la correspondencia métrica entre los diversos elementos de un edificio, y estos con el conjunto arquitectónico, una transposición en el dominio de la geometría del concepto pitagórico de correspondencia entre el microcosmos y el macrocosmos.

La correspondencia métrica entre la parte y el todo indica la utilización de proporciones inconmensurables basadas en los números irracionales, y que Platón incluyó dentro de la denominación común de “simetría dinámica”. La proporción áurea puede ser vista como una especie de simetría dinámica. Pero hacia finales del siglo XVII, la noción de simetría utilizada por los griegos y romanos, y su relación con el cosmos, sufrió una progresiva desmistificación, hasta que terminó relacionándose con la acepción que se conoce hoy en día, es decir, con la idea de simetría estática (repetición de elementos idénticos a una y otra parte de un eje o centro de simetría), dejando de tener relación con la simetría dinámica de los antiguos, que proporciona una apariencia estética más equilibrada y bella a las formas. Una interpretación

que nos ofrece Viollet de Duc (como se citó en Calcerrada Zamora, 2013) refuerza lo anteriormente dicho:

Simetría significa hoy, en el lenguaje de los arquitectos, no un equilibrio ni relación armoniosa de las partes con el todo, sino una similitud de partes opuestas, la reproducción exacta, a la izquierda de un eje, de lo que hay a la derecha. (p.22)

14.1.2. Edad Media. La estética de la Edad Media está dominada por el surgimiento del cristianismo en el siglo I de nuestra era. En los orígenes del cristianismo, se produce un cambio en la actitud del hombre ante el mundo, pues se deja de lado las cuestiones racionalistas de los antiguos para centrarse poco a poco en las místicas y espirituales. Su visión ya no se basa, por lo tanto, en la relación entre el hombre y la naturaleza, sino entre el hombre y Dios. Esta forma novedosa de ver el mundo dio origen a una nueva manera de pensar, incluido el pensamiento estético, que se basará en la divinización del concepto de belleza como vía para llegar a Dios. De ahí que el arte se vuelva más expresivo y menos dependiente de la belleza de las formas. Por tal razón, la estética cristiana, al estar subordinada a la misma ideología y llegar a las mismas conclusiones, es una estética muy uniforme, como la antigua, puesto que las diversas corrientes tenían presupuestos comunes. No obstante, a pesar de su uniformidad, también hubo contradicciones y dualidades. En ellas se reflejaban las dos tesis principales de la estética antigua, la tesis idealista y la realista, aunque con diferentes grados de predominancia (Tatarkiewicz, 1989a). La tesis idealista sostiene que la belleza es una propiedad objetiva de las cosas que depende del orden, la simetría y la proporción, en tanto que la tesis realista sostiene que es una propiedad subjetiva que depende de los gustos personales del observador.

Tras la caída de Roma, el imperio romano se dividió en dos: el imperio occidental y el imperio oriental. La estética cristiana fue formulada tanto en un imperio como en otro de forma casi simultánea. Pero, a pesar de que ambos imperios compartieron las mismas fuentes antiguas, Occidente no siguió el mismo camino que Oriente, debido sobre todo a las distintas influencias culturales que recibieron y adoptaron. El imperio oriental recibió la influencia de la filosofía griega y adoptó su manera idealista de pensar, mientras que Occidente la influencia de la filosofía romana y la forma de pensar realista. Con el tiempo estas diferencias se marcaron aún más.

Los pensadores de una y de otra cultura recogieron la concepción de belleza de los sistemas filosóficos del mundo greco-romano, si bien introdujeron modificaciones para adaptarla a la ideología cristiana. Si bien sus concepciones estéticas se basaron principalmente en

la Biblia, asumieron muchas ideas estéticas provenientes de la filosofía antigua, concretamente del pensamiento de los pitagóricos, Platón y, especialmente, Plotino. De la filosofía pitagórica tomaron el concepto de lo bello como proporción matemática entre las partes y como propiedad objetiva de las cosas. Esa idea de belleza como proporción contenía un matiz espiritualista, porque la unicidad de las proporciones se asemejaba a la idea de Dios. Sin embargo, de los platónicos y neoplatónicos cogieron el concepto de belleza trascendental y la concepción emanantista basaba en el modelo de la luz, pero esta vez concebida en relación con un solo Dios. Aunque la teoría de la proporción y la teoría emanantista se presentaban opuestas, la estética medieval intentó combinar ambas como condición de lo bello.

Siguiendo la distinción de los antiguos filósofos, un rasgo común de las dos culturas era pensar que existían dos mundos diferentes: el mundo sensible y el inteligible, el material y el espiritual, o el terrenal y el divino. Según esta distinción, el mundo divino era anterior al mundo terrenal, y contenía los prototipos eternos sobre los que este último se creó. Los dos mundos estaban además separados por una jerarquía de entes. Con respecto a sus relaciones, en la cultura oriental hubo dos tesis contrarias que crearon dos ideologías distintas: la tesis que defendía que el mundo terrenal era creación de Dios y, por llevar su huella, debía ser bueno y bello; y aquella otra que mantenía que el mundo divino, perfecto y bello, se oponía al mundo terrenal, imperfecto y feo. La primera tesis pretendía unir el mundo terrenal con el divino, y la segunda separarlos. Esta ideología dualista entre el mundo terrenal y divino también influyó en la estética de ambas culturas.

Como ya formularon los filósofos antiguos, a cada mundo le correspondía una clase de belleza en particular. Junto a la belleza corpórea o sensible del mundo terrenal, existía la belleza espiritual o intelectual del mundo divino, que era entendida como la belleza moral de los estoicos y Cicerón. Los antiguos no hacían una distinción clara entre una belleza y otra, pues pensaban que en la belleza había tanto elementos sensibles como inteligibles. Tan solo Platón hizo una distinción clara, y con ello introdujo un matiz metafísico en la estética. Pero Plotino persiguió la tarea de relacionar ambos mundos mediante su teoría emanantista. Muchos estetas medievales trataron de establecer una graduación jerárquica de la belleza, separando la corpórea de la espiritual, bajo el postulado de que la belleza espiritual era superior a la corpórea. Esa situación de superioridad daba más valor a la belleza espiritual, debido a lo cual la belleza corpórea resultaba insignificante, algo que ya expusieron Platón y los platónicos. No obstante su separación, hubo otra actitud más positiva por parte de los estetas que atendía a las analogías de los dos mundos, como haría Plotino. En cuanto que la belleza del mundo terrenal emanaba de la belleza del mundo divino, esta también resultaba valiosa. Em-

pero, el mundo terrenal no era considerado bello por sí mismo, sino en tanto símbolo de la belleza del mundo divino. Esto llevó a recobrar de nuevo el sentido metafísico de la belleza y, como consecuencia, se originó una estética mística dirigida hacia la belleza espiritual, cuya esencia se representaba a través de un arte de carácter simbólico. Según Florenski (2016), pensador ruso de visión holística con influencias neoplatónicas, la identidad del icono radicaba precisamente en plasmar esa dimensión simbólica y espiritual. Para ello, el arte tenía que abandonar el modo lineal de representar la realidad a la hora de contemplar otras dimensiones (en el sentido de arquetipo platónico) para adentrarse en lo que Florenski llamó el “tiempo invertido”, un tiempo construido a la inversa del tiempo lineal, en donde todo resuena en el momento presente.

La estética medieval es una estética religiosa en torno a la ideología del cristianismo, pero apenas se relacionó con el arte de forma directa, de ahí que muchas teorías acerca de lo bello no reparasen en él. Sin embargo, el arte se adaptó a los objetivos ideológicos de la estética cristiana, más que nada porque los pensadores cristianos se encargaban de dictaminar sus contenidos. Según estos, el arte del medievo debía manifestar la belleza espiritual de las cosas mediante símbolos abstractos, como un modo de representar los prototipos universales del mundo divino. Las formas geométricas y desproporcionadas pretendían desmaterializar las formas para producir la sensación de que procedían de un mundo trascendente. De ahí que se evitaran hacer representaciones realistas de la naturaleza por creer que su linealidad y lógica no podían captar las ideas trascendentales de las cosas; aunque, dado que la naturaleza participaba de esos prototipos divinos por emanación, no se rechazaban del todo. Esa sería la razón por la cual el arte medieval contiene tanto elementos idealistas como realistas. De hecho, el icono medieval sería un ejemplo de esto, ya que está conformado tanto por la parte visible, la realidad manifiesta, como por la invisible, aquella otra realidad trascendental que no puede ser aprehendida por la razón (Florenski, 2016).

En la estética cristiana, apenas hubo divergencias, pero la dualidad en el concepto de lo bello y la posibilidad de alcanzar la naturaleza divina mediante representaciones simbólicas, repercutió sobre la querrela oriental entre iconólatras e iconoclastas de los siglos VII y IX. Los iconólatras se apoyaban en la idea de la superación del dualismo, realizada mediante la encarnación de Jesús, para argumentar la representación y el culto de las imágenes en el arte. Por el contrario, los iconoclastas basaron su doctrina en el dualismo del mundo terrenal y divino para arremeter contra el culto de las imágenes en el arte. Los dos grupos se basaban en los mismos supuestos dualistas. Ahora bien, los iconólatras se decantaron hacia una estética idealista, mientras que los iconoclastas hacia una estética realista de carácter racionalista,

libre de todo espiritualismo o misticismo. La dualidad en la estética cristiana también se reflejó en la forma de entender el arte. Para los iconólatras, el arte era un medio para transmitir la fe y alcanzar la naturaleza divina a través de símbolos, mientras que para los iconoclastas era simplemente un medio para representar la realidad terrenal. Esta divergencia en la interpretación del arte llevó a que el arte cristiano se dividiera en dos categorías: el arte litúrgico, utilizado en la liturgia de la iglesia, y el arte profano, destinado al público en general.

En la estética cristiana de la cultura de Oriente destaca San Basilio (ca. 330-379), uno de los Padres de la Iglesia griega más importantes e influyentes de su época. En cuanto a su visión de belleza, San Basilio fundió la doctrina pitagórica con la de Plotino. La belleza era considerada como una cualidad importante y universal del mundo, y para explicarla San Basilio introdujo una característica necesaria: la finalidad (teleología). En su opinión, algo es bello porque se dirige a un fin y, consiguientemente, es perfecto. El placer de la vista y de los oídos experimentado hacia la belleza es una imperfección que impide ver el orden y la finalidad que reside en ella. Por lo tanto, la belleza no es solo una característica subjetiva, sino que también tiene una dimensión objetiva. Con dicho argumento, San Basilio estableció dos tipos de belleza, una humana, imperfecta, y otra divina, perfecta. Este concepto dualista de la belleza lo entendía como una relación entre el sujeto y el objeto. Y en los orígenes del cristianismo esa fue la idea por parte de algunos pensadores.

El pensamiento estético de San Basilio y otros Padres de la Iglesia fueron adoptadas por el místico y teólogo cristiano Seudo-Dionisio (s.V). Además de su influencia en la teología cristiana, Seudo-Dionisio tuvo un impacto en el pensamiento estético a través de su concepto de la luz como emanación, y su relación con la belleza y la verdad. En su doctrina estética, Seudo-Dionisio fundió los conceptos cristianos con la concepción platónica de proporción y con la luz neoplatónica. Consideró que la belleza y la verdad eran un atributo de Dios y se podían reunir en una entidad única. Al relacionar belleza y verdad como referencia a la naturaleza divina, Seudo-Dionisio le dio a la belleza un carácter absoluto, de modo que la belleza terrestre o sensible fue marginada. La emanación de la belleza absoluta la presentaba a semejanza de la luz. La belleza terrestre o sensible reflejaba la emanación de esa luz. Este concepto de la luz como emanación influyó en la estética como claridad o resplandor, que se centra en la idea de que la belleza está relacionada con la claridad o resplandor de la verdad.

Con la obra de San Agustín empieza la estética de la cultura occidental. San Agustín (354-430), al recoger todas las aportaciones filosóficas precedentes, concibió la belleza de una manera muy genérica. Por un lado, tomó prestado el concepto metafísico de belleza de Platón, según el cual la belleza es una cualidad inherente a las cosas que está relacionada con

el bien y la verdad; así como el concepto cuantitativo de medida, proporción y armonía de los pitagóricos, manifestando que la belleza era unidad, coherencia de las partes entre sí, armonía del conjunto. Por otro lado, San Agustín adoptó la propiedad cualitativa de la belleza procedente de los estoicos y Cicerón, como adecuada proporción interna de las partes. Para los pitagóricos, la proporción tenía un carácter cuantitativo, pues era entendida matemáticamente como belleza externa. Para los estoicos y Cicerón, empero, adquiere un sentido cualitativo, como relación cualitativa de las partes, como belleza interna. Con relación a las propiedades cuantitativas y cualitativas de la belleza, San Agustín introdujo nuevos conceptos estéticos, como la belleza del ritmo y la belleza del contraste entre los opuestos. El concepto del ritmo existía como cualidad cuantitativa desde la estética antigua, pero San Agustín lo amplió para incluir factores cualitativos del alma. Según él, el ritmo está presente tanto en la naturaleza externa de las cosas como en el interior del hombre, en su psique. Por otra parte, la idea de que la belleza nace del contraste entre los opuestos evocaba la filosofía de Heráclito. San Agustín también diferenció dos elementos en la experiencia de lo bello, el sensible y el intelectual, el directo e indirecto. En su opinión, para experimentar la belleza hace falta una semejanza entre la belleza sensible y la belleza intelectual, una semejanza que se produce gracias a la compatibilidad o simpatía del alma por las cosas bellas. Un aspecto importante a la hora de alcanzar esta experiencia es el ritmo existente en el intelecto, sin el cual no se apreciarían otros ritmos ni se reproducirían. En general, San Agustín veía la belleza como una cualidad que se manifiesta en la armonía y el equilibrio entre opuestos y en la simpatía del alma por las cosas bellas.

Para San Agustín, la belleza del mundo era real, y no ideal. No obstante, el hombre no podía apreciar la belleza real del mundo porque la razón no era capaz de abarcarlo en su totalidad. Los detalles de esa totalidad incluían tanto la belleza como la fealdad, entendida como ausencia parcial de unidad, y en realidad ambos aspectos debían verse dentro de un conjunto como parte de un todo (integralismo estético). A la belleza del mundo contribuye la belleza sensible e intelectual, material y espiritual. Pero para él la belleza espiritual está por encima de la material, ya que contiene mayor perfección en su armonía. La belleza corpórea no es más que un reflejo de la divina, y por lo tanto era relativa, mientras que la belleza divina era absoluta. Como consecuencia, la belleza sensible pierde su aspecto directo para adquirir un aspecto indirecto, simbólico y espiritual para San Agustín. A su juicio, el arte debía buscar la belleza, aunque a través de una mimesis doble, imitando por un lado la belleza real de la realidad sensible, y por otra parte copiando sus aspectos ideales como vestigio de la belleza

divina más perfecta. En la obra de arte se puede decir que entra en juego el elemento formal (belleza sensible) y el simbólico (belleza intelectual).

Los filósofos de la Alta Edad Media se limitaron a repetir las ideas estéticas de los primitivos cristianos de Oriente y Occidente. Uno de ellos fue Boecio (ca. 480-ca. 525), que se consagró a la teoría de la música y asumió el concepto pitagórico de la belleza como una relación matemática entre las partes. Pero, según creía Boecio, esa relación matemática se limitaba al aspecto externo y superficial de las cosas, a una propiedad insignificante sobre la cual se levantaban otros aspectos superiores del alma. Así las cosas, la felicidad tenía mucho que ver para él con la armoniosa resonancia del interior del hombre con las leyes de proporción que gobernaban la música y el cosmos. Otro filósofo de la Alta Edad Media fue Casiodoro (ca. 480-ca. 575), que también asumió el concepto matemático de la belleza de los pitagóricos, como ya en su momento hizo San Basilio, San Agustín y Boecio.

Durante la época carolingia, la estética vuelve a retomar muchas de las ideas de la Antigüedad y de los primitivos cristianos. Al igual que los antiguos, los estetas carolingios distinguieron entre una belleza formal o sensible y una belleza eterna o divina. La primera proporcionaba placer visual, mientras que la segunda proporcionaba felicidad espiritual. Según pensaban, la belleza formal era manifestación de la belleza eterna, por lo que a través de las cosas sensibles se daba a conocer la existencia de Dios. Dentro de este planteamiento, la belleza formal de la naturaleza volvió a ocupar un puesto relevante. Amar la belleza formal era un medio para ascender a la belleza eterna. El máximo representante de la estética carolingia fue Juan Escoto (ca. 810-877), cuya doctrina era neoplatónica, debido a lo cual implantó en la estética carolingia un sistema metafísico. La principal aportación de Escoto es la oposición de la actitud estética respecto a la actitud práctica. La actitud estética era una actitud desinteresada, siendo necesaria para advertir la belleza. Esa belleza consistía en una especie de armonía concretada en la unidad de los diversos elementos, corporales y espirituales. Cada parte contribuía a la belleza total. Ello justifica el apego hacia la belleza sensible de la estética carolingia. Gracias a Juan Escoto, Europa occidental acogió el pensamiento neoplatónico.

14.1.3. Edad Moderna. La Edad Moderna se inicia a finales del s. XV y principios del siglo XVI, coincidiendo con el Renacimiento, que fue un movimiento cultural que tuvo lugar entre los siglos XIV y XVII.

14.1.3.1. Renacimiento. El Renacimiento fue un período de importantes cambios en el arte y la cultura occidental que duró aproximadamente tres siglos. Durante este tiempo, se produjo un redescubrimiento de la cultura greco-romana y una revaloración de

sus ideas y valores. Como resultado, se produjo un cambio en los gustos estéticos y en las creencias. La estética renacentista recurrió de nuevo a la tradición clásica sobre el esquema del macro y microcosmos, pero lo interpretaron de manera diferente a épocas anteriores. Al igual que los medievales, los renacentistas definieron la belleza como proporción armónica y adecuación de las partes, tal cual lo habían anunciado Pitágoras y Platón. Pero de las tendencias trascendentes y simbólicas propias del arte del medievo, se irá pasando poco a poco a las tendencias secularizadas y temporales de la naturaleza y la cultura. De ahí que en el primer Renacimiento se fundieran las teorías metafísicas de la Antigüedad con las nuevas teorías racionalistas (Tatarkiewicz, 1989b).

En el primer Renacimiento, se recupera la filosofía pitagórica y platónica, y se revaloriza la visión hermética de un universo regido por poderes ocultos, a cuyo conocimiento se podía acceder por el camino de la magia ritual. Ello contribuirá a la concepción del mundo como un todo animado, como un ser vivo en el que todas sus partes están interconectadas con todas las demás, de manera que actuando sobre ellas se podía influir en el conjunto, y a la inversa. Esta concepción mágica y organicista va a derivar en el deseo de descubrir las relaciones armoniosas existentes entre el micro y el macrocosmos de la antigua concepción cosmológica. En consecuencia, se produjo un interés por la simetría y la proporción en el arte y la arquitectura renacentistas, ya que se consideraba que estos elementos eran claves para comprender el orden y la armonía del universo.

Las especulaciones organicistas, que estaban en las bases de las creencias en la correspondencia entre el micro y el macrocosmos, calaron en la concepción estética del filósofo Nicolás de Cusa (1401-1464). Su pensamiento filosófico constituye un puente entre el Gótico y el primer Renacimiento, entre lo tradicional y lo moderno, pues recoge las tendencias platónicas de la escolástica medieval y las conecta con las preocupaciones científicas de su época para darles un nuevo significado, por lo que se sitúa a medio camino entre la mística y la ciencia. Nicolás de Cusa mostró interés por la estética y la trató en sus obras, en donde recogió la idea de belleza inteligible de Platón como cualidad ideal, no material. Para él, el arte humano era visto como una creación que consistía en dar unidad a la diversidad, y para ello se guiaba por el concepto de belleza platónica como una cualidad ideal, siendo el resplandor de la belleza su componente.

La Academia Platónica de Florencia es una escuela de corte neoplatónico que se fundó en 1459 por el mecenas Cosme de Médicis. Entre sus principales integrantes estuvo Giovanni Pico della Mirandola (1463-1494) y Marsilio Ficino (1433-1499), uno de los autores más destacados en el terreno de la estética que recibió influencias de Nicolás de Cusa. La

estética de la Academia Platónica florentina y de Ficino era una estética que recalca los supuestos metafísicos de corte neoplatónico, consistentes en la concepción de una belleza espiritual o ideal y en el papel del arte como medio para acceder a la verdad. Guiándose por una versión modificada de esa concepción, Ficino opinaba que la belleza no solo consistía en la adecuada proporción o armonía de las partes, como pensaba la antigua tradición pitagórica y platónica, sino también en el resplandor. Distingue así dos clases de belleza, la corporal de las formas y la no corporal de las virtudes, pero entiende que la belleza corporal es en realidad una imagen espiritual y, por tanto, no existe en las formas, sino en el espíritu o idea que se revela tras ellas. Cree, por esta razón, en las cualidades objetivas de la belleza. Gracias al amor y a la idea innata de lo bello el hombre puede reconocer esa belleza.

La visión estética y filosófica del neoplatonismo florentino ya estaba presente como símbolo en la “sección” que Platón recogió de los pitagóricos, la cual fue definida “divina proporción” por el geómetra y teólogo italiano Luca Pacioli (ca. 1445-ca. 1514), quien le consagró un tratado con el mismo nombre, y que fue considerado uno de los más importantes en el ámbito científico y artístico de su época. En dicho tratado explicaba que la divina proporción gozaba de unas propiedades geométricas que otorgaban belleza a los objetos, además de tener un carácter místico especial, porque era el número que más se asemejaba a la unicidad y omnipresencia de Dios, e incluso a la Santísima Trinidad, dado que su razón estaba definida por tres segmentos. Esta relación entre las cualidades de la proporción áurea y la divinidad, se remonta a la escuela religiosa de Pitágoras y al *Timeo* de Platón, en donde se vincula la “sección” con el Demiurgo conformador del mundo y con la quintaesencia del dodecaedro. Las consideraciones matemáticas y estéticas de la obra de Pacioli tuvieron en cuenta los argumentos filosóficos y teológicos del *Timeo*, sobre todo en relación con los poliedros regulares. A partir de estos argumentos, la proporción áurea se empezó a usar mucho en el ambiente cultural del Renacimiento italiano, especialmente en las artes y la arquitectura, pues al sintetizar la unión entre el microcosmos y el macrocosmos, suponía una concepción orgánica de la obra de arte, como lo entendían el pitagorismo y platonismo de la antigüedad.

15. La Estética Dual

La estética unitaria es una visión que defiende la existencia de una unidad y armonía en lo bello, y que esta belleza tiene carácter metafísico y está vinculada al bien y a la verdad. Esta unidad de la belleza se basa en la idea de que está gobernada por leyes universales de proporción que implican una metafísica relacionada con lo trascendental y divino. La disgregación de la estética unitaria por parte de la dualidad estética disuelve la continuidad de esa

unión y sus referencias axiológicas, ya que sobre la estética dual se levantan una serie de dialécticas que da lugar a los diversos criterios de la experiencia estética a la hora de entender lo bello. Dicha dialéctica se manifiesta en diferentes formas de oposición y actúa según la actitud estética que tome cada persona, resultado de las diferencias en el tipo de procesamiento de los dos hemisferios cerebrales. La contradicción de las actitudes personales conlleva a que las investigaciones filosóficas en el campo de lo bello y del arte se desarrollen según dos direcciones con características opuestas, y la historia de la Estética es el producto de esa tensión dinámica, pudiéndose hablar de una dualidad. En sus orígenes, el dualismo de la estética se expresa, por ejemplo, a través del contraste entre lo bello natural y lo bello artificial, entre la belleza sensible e intelectual, la belleza subjetiva y objetiva o la belleza estética y moral. Un sentido semejante lo tenía la distinción entre la belleza de lo ornamental y lo útil, lo hecho por placer y lo hecho por necesidad, la belleza múltiple y única, la belleza dinámica y estática, etc. Todas estas distinciones se enlazan mutuamente, de tal manera que la estética en su totalidad sigue tanto uno como otro camino.

15.1. La Estética Dual y la Filosofía

El concepto de estética tiene su origen en el ámbito metafísico de la antigua cultura griega, donde se categorizan los primeros dualismos sobre la belleza. Platón fue el primero en confrontar los principios fundamentales del cosmos al diferenciar dos órdenes separados en el ámbito del ser: el mundo sensible y el inteligible. Los conceptos básicos de los dos órdenes del mundo caracterizan dos tipos de belleza: la belleza sensible y la intelectual. La belleza sensible se percibe en el cuerpo, y la belleza intelectual en el espíritu. Esta última se vincula a la verdad y la bondad. Los filósofos clásicos admitían, ora el concepto de belleza sensible, ora el de belleza intelectual, pero no ambas a un tiempo. Platón admitió la belleza intelectual, en cambio, los filósofos helenístico-romanos la sensorial. Esta dualidad originaria ha sido muy debatida por filósofos y pensadores a lo largo de la historia de la Estética, hasta el punto de que ha llevado a la creación de diversas corrientes filosóficas que defienden un tipo de belleza sobre otro. Por ejemplo, el empirismo defiende la belleza sensible, mientras que el racionalismo se centra en la belleza intelectual.

La estética antigua tiene otro dualismo de la belleza que ha dado nacimiento a diversas visiones a lo largo de la historia, y que está en relación con las cualidades objetivas y subjetivas de lo bello. Dentro de la filosofía, la postura objetivista piensa que la belleza parece ser inherente a las cualidades objetivas de las cosas observadas. Este planteamiento ha sido dominante desde la Antigüedad Clásica al primer Renacimiento. Por otro lado, la postura

subjetivista dice que la belleza parece reducirse al gusto y las preferencias subjetivas del que observa. La postura subjetivista de la estética se ha ido extendiendo desde la época moderna hasta la actualidad, cuando el arte se dejó de entender como la representación de las leyes naturales para concebirse como una expresión subjetiva, es decir, del azar, de la imaginación, los sentimientos y la libertad del creador. El debate entre posturas objetivas y subjetivas, universales las unas y relativas las otras, tiene sus orígenes en la antigua Grecia, sobre todo con los distintos planteamientos de Platón y Aristóteles, y su éxito ha sido tal que aún perdura en nuestros días. Platón defendió que las cosas poseían cualidades objetivas bien definidas por la observación. Aristóteles, sin embargo, aunque reconocía que existía una belleza sujeta a reglas universales, pensaba que el sujeto era el que decidía lo que era bello o no. Los estudios sobre estética suelen abordar el concepto de belleza desde estas dos perspectivas opuestas, según se ciñan a la objetividad o a la subjetividad. En algunos períodos y épocas, predomina un criterio, y en otros, otro.

15.1.1. Antigüedad Clásica. La dualidad es una constante en el pensamiento de Occidente. En la cultura griega, se puede hablar de una dualidad en la doble actitud de los griegos frente a la belleza y el arte. Esta dualidad en las actitudes se originó, según Tatarkiewicz (1987), en las tendencias de los pueblos dóricos y jónicos. En los dóricos predominaban las tendencias objetivas, absolutas y racionalistas, y en los jónicos, en cambio, las subjetivas, relativistas y empiristas. Ambas tendencias continuaron como dos corrientes de pensamiento a lo largo de la cultura griega. La primera se estableció con fuerza en la época clásica, y la segunda en la época helenística, aunque nunca dejaron de coexistir en una misma época. En la época clásica, prevaleció una estética unitaria, mientras que en la época helenística, se desarrolló una estética dual con corrientes idealistas y realistas. Por eso, la estética tiene un doble aspecto que se refleja en el valor absoluto y relativo de la belleza. El valor absoluto de la belleza se refiere a aquello que es considerado bello de manera objetiva, y el valor relativo depende del juicio subjetivo de las personas.

Los criterios de belleza han ido variando a lo largo de la historia de la cultura griega. Esos criterios se refieren a las tendencias opuestas de origen que marcaron su pensamiento. En los inicios de la estética antigua, se creó la concepción de la belleza como unidad de los opuestos (Heráclito). Más tarde, surgieron dos doctrinas antagónicas que perduraron hasta el helenismo: la doctrina relativista de la belleza, donde la base de la belleza procede de los sentidos; y la doctrina absoluta, en donde el fundamento de la belleza proviene del intelecto. Como fenómeno objetivo, la belleza absoluta concierne a unas leyes de estabilidad y perma-

nencia comprometidas por lo normativo. Al fundamentarse en normas universales (unidad, orden, relaciones, proporción, simetría...) inherentes al objeto, es una belleza que se supone gusta siempre, porque va más allá de la época y del lugar. Este concepto absoluto de belleza está asociado a la posición clasicista del mundo griego iniciada por los pitagóricos y Platón. A lo largo del tiempo, el ideal clásico de unidad será sustituido por la belleza relativa de los sofistas, una belleza que al depender del gusto particular de cada momento y zona, está en continua evolución y dinamismo. El paso de la belleza estática a la dinámica originó la primera contradicción en la historia de la Estética.

En la primera fase de la época clásica, se produjo una de las mayores antítesis de la estética derivada de los presupuestos estéticos de los sofistas. Los sofistas trataban sus conocimientos de forma materialista y empírica, es decir, a través de la experiencia sensible, por consiguiente, se decantaron hacia el hedonismo o sensualismo. Con ello, presentaron una nueva concepción alternativa al tema de la belleza. Lo bello consistía en el grado de placer alcanzado por los sentidos de la vista y del oído, un aspecto que acometió contra el concepto tradicional, ya que los fenómenos aprensibles por los sentidos externos no concernían a la belleza moral o intelectual. Ese presupuesto estético llevó a los sofistas a considerar la relatividad de las cosas bellas, pues estas parecían subordinarse a una reacción subjetiva de las personas frente a ellas. Al considerar la diversidad de la belleza, se despojaron de la postura universal de los pitagóricos y Platón, quienes consideraban lo bello como una propiedad de las cosas, condicionando una estética subjetiva. Este planteamiento de la belleza como algo subjetivo y variable tuvo una gran influencia en el pensamiento estético posterior.

Aun cuando las ideas de la teoría relativista de los sofistas se manifestaron en el ámbito teórico de la belleza y del arte, no hallaron mucha resonancia en la estructura ideológica de su época, más que nada porque el arte de la cultura clásica estaba más próximo a las normas de carácter atemporal de la filosofía platónica y pitagórica, las cuales se oponían fuertemente al subjetivismo de los sofistas. Ello es así debido a que, según Platón, las sensaciones restringían el concepto de belleza, dado que no abarcaban las cosas inteligibles que iban más allá de la experiencia sensible. Por esta razón, en la época clásica la filosofía de los sofistas representaba el polo dominado, mientras que los pitagóricos y Platón el polo dominante. Sin embargo, es interesante notar que, aunque la teoría relativista de los sofistas no tuvo gran influencia en la cultura clásica, sí tuvo su impacto en la estética moderna y en la filosofía del arte, puesto que sentó las bases de una perspectiva subjetiva de la belleza.

Durante el período helenístico-romano (desde el siglo IX a. C. al siglo I), la visión del mundo clásico se invertirá bajo otro sistema de oposiciones, esta vez fundamentado en temas

antropológicos y, particularmente, morales. En el período clásico, el mundo se regía por unas leyes únicas de carácter racional, y el arte griego debía atenerse a esas reglas mediante formas canónicas. Debido a que el ámbito artístico estaba sujeto a esas reglas, casi no tenía cabida la libertad y la creatividad del artista. Era un arte objetivo y absoluto que buscaba la perfección y rechazaba la innovación o la creación de formas nuevas. Sin embargo, el arte del período helenístico acabó por asumir el subjetivismo y el relativismo de los sofistas y, por tanto, las reglas se fueron haciendo relativas de acuerdo con el concepto de belleza subjetiva, que atendía a las diferencias individuales, a la diversidad, lo que incrementó las expectativas de libertad para salirse de las categorías e inventar. De ahí que se empezara a valorar con fuerza el concepto de creación en el arte. Esto llevó a destacar la unión entre los conceptos de arte y belleza, que en la estética de los sofistas se usaban separadamente.

Los epicúreos y los escépticos pertenecen a escuelas filosóficas del helenismo que, en oposición a las escuelas estoicas, insistieron en las cualidades subjetivas de la belleza. El materialismo, hedonismo y subjetivismo de la estética del epicureísmo están próximos a la estética de los sofistas, aunque los filósofos epicúreos no valorarán los problemas relacionados con el arte y la belleza como hicieron los sofistas. Esta idea de relatividad y subjetividad de la belleza establecida por los sofistas se radicalizó aún más con los escépticos, quienes consideraban que sobre el arte y la belleza había muchos juicios diversos, y era imposible saber cuál de ellos era verdadero, de modo que se opusieron nuevamente a la concepción absolutista propia del clasicismo.

Durante la historia de la estética antigua, se puede observar cómo ha habido una constante dualidad en cuanto al modo de entender la belleza. En la época clásica, predominaba una estética unitaria, que constituye una tendencia hacia la unidad de las partes constituyentes, por lo que la belleza es inherente a las cualidades objetivas de las cosas observadas. No obstante, la época helenística ofrece una estética dual llena de contradicciones que se reduce al gusto y las preferencias subjetivas del observador. La belleza pasó del idealismo de la estética de la época clásica al realismo científico del helenismo. Los epicúreos y escépticos representaban tendencias realistas que enfatizaban los elementos subjetivos de la belleza, mientras que otros, como los filósofos platónicos y los neoplatónicos, representaban posiciones idealistas, en donde se acentuaban los elementos objetivos. En los tiempos modernos reaparecerá la vertiente realista, y la tendencia idealista anunciará la estética medieval. Este cambio se reflejó también en el arte.

La estética estoicista ejerció una gran influencia en la época helenística. En contraste con la mentalidad de los epicúreos y los escépticos, los estoicos creían en la universalidad de

la belleza, pero no solo entendían la belleza como totalidad orgánica, sino también en cada una de sus partes individuales. Conforme a los presupuestos estéticos de la tradición clásica, la belleza consistía en la proporción de las formas como cualidad universal y absoluta, que para los estoicos se oponía a una belleza de otra índole, individual y relativa, definida en términos de “decoro”, un principio de conveniencia o adecuación que cambiaba con las personas, las costumbres, los usos o incluso las creencias. Por tanto, los estoicos mantenía una visión dual de la belleza, donde, por un lado, se consideraba a la belleza como una cualidad absoluta y objetiva, y por otro lado, se entendía como algo relativo y subjetivo basado en el decoro. La búsqueda de la belleza absoluta era asunto de la razón, mientras que la de la belleza relativa de la imaginación. La primera era de inspiración pitagórica-platónica, la segunda era antiplatónica y se acercaba a los planteamientos sofistas. De esta manera, la estética estoicista combinaba aspectos de la estética clásica con elementos de la estética sofista. Además de esto, la estética estoicista relacionaba lo bello con el bien, la belleza intelectual o espiritual con la moral y, por ello mismo, dieron menor importancia a la belleza sensible o corpórea, lo que contribuyó a separar los dos tipos de belleza. En el estoicismo, la belleza corpórea se fundamentaba en la proporción matemática, que estaba más cercana al concepto de belleza estética; mientras que la belleza espiritual se identificaba con el bien moral, que residía en el ejercicio de la virtud como proporción adecuada, o decoro, de la mente para alcanzar la felicidad. Creían asimismo que la fealdad era necesaria para ensalzar la belleza mediante el contraste. Esta idea de la fealdad como un elemento necesario para apreciar la belleza es una corriente de pensamiento que se ha manifestado, sobre todo, en la estética romántica.

El eclecticismo fue una corriente filosófica que surgió durante el helenismo y se desarrolló en el período romano. Se caracterizó por su intento de conciliar las doctrinas estéticas de Platón, Aristóteles y la escuela de los estoicos, con el objetivo de buscar un punto de encuentro entre ellas. Siendo así, atendió a las semejanzas y diferencias entre la belleza sensible e intelectual, entre la corpórea y la espiritual, entre la estética y moral, o entre la belleza útil y ornamental. En este sentido, el eclecticismo ofreció una visión más compleja de la belleza, pues trataba de tener en cuenta los aspectos subjetivos y objetivos.

15.1.2. Edad Media. Platón y Aristóteles tuvieron diferentes enfoques en relación con el concepto de belleza. Mientras que Platón se centró en la belleza divina y lo ideal, Aristóteles se centró en la belleza terrestre y lo real. A pesar de sus diferencias, ambos filósofos fueron las grandes fuentes de inspiración del pensamiento cristiano del medievo, por consiguiente, su concepción estética irá fluctuando entre uno y otro. Así, la estética de la Alta

Edad Media enfocó toda su atención a la belleza divina promulgada por Platón. Tal situación cambió con el pensamiento estético de la Baja Edad Media, que fue formulando el concepto de lo bello en función de la belleza terrestre, aunque sin dejar de lado la divina. La filosofía se volcó entonces hacia las ideas de Aristóteles y, por lo tanto, empezó a tener un carácter más empírico y realista. Este hecho se reflejó en el arte, en donde es posible advertir una intensificación del realismo, si bien espiritualizado con la misma intensidad. Como consecuencia, el arte de la Baja Edad Media contiene tanto elementos ideales como reales, intelectuales y sensibles (Tatarkiewicz, 1989a).

En las tesis medievales hay una dualidad de tesis idealistas y realistas. La concepción del arte medieval oscilaba entre ambas, pues a la vez que se predicaba la representación de lo atemporal como simbolización de la belleza espiritual, se apreciaba la capacidad para representar fielmente la realidad sensible. Esto se reflejó en el arte medieval. Por esta razón, en la Edad Media, la forma de valorar la belleza espiritual y la belleza corpórea trajo consigo la diferenciación de dos tipos de arte, el románico de la Baja Edad Media y el gótico de la Alta Edad Media. Los objetivos ideológicos del románico inducían a reproducir en el arte las cosas sensibles, en tanto que símbolo de la belleza espiritual o divina. De ahí que el arte tuviera un carácter simbólico e idealizado. Sin embargo, en el gótico se fue acuciando cada vez más el interés por el mundo real y empírico, y el idealismo inicial de la Alta Edad Media se fue abandonando poco a poco. Las cosas representadas se valoraban ya no tanto por ser una expresión simbólica de la belleza divina, sino por su belleza intrínseca, independientemente de su relación con la divinidad.

Según Tatarkiewicz (1989a), en el siglo XII hubo tres escuelas importantes que trataron el tema de la belleza de manera diferente: la escuela cisterciense (San Bernardo de Chaval), la escuela de los victorianos (Hugo de San Víctor) y la escuela de Chartres. En la escuela cisterciense, San Bernardo sostenía que la belleza divina era la que verdaderamente importaba, y que el arte debía servir como un medio para conocer y alcanzar esa belleza. En cambio, la escuela de Chartres se centraba más en el conocimiento racional de la belleza. Para los estudiosos de la escuela de Chartres, esa belleza residía en las proporciones de las cosas materiales y no en el hecho de ser un símbolo de una belleza trascendente. Tanto los cistercienses como la escuela de Chartres compartían tendencias platónicas. No obstante, la tendencia científica en el estudio de la belleza por parte de la escuela de Chartres se opuso a la tendencia mística de los cistercienses.

San Bernardo de Charaval (1090-1153) fue un monje francés del cristianismo medieval, y uno de los impulsores de la orden cisterciense. San Bernardo y sus discípulos consideraron que la belleza espiritual era superior a la belleza corpórea. Su interpretación de la belleza corpórea conservaba una cierta dualidad, porque la consideraban, por una parte, imperfecta, dado que podía provocar sentimientos sensuales y distraer al hombre de su camino hacia Dios, en cuyo caso recomendaban alejarse de ella adoptando el ascetismo; y, por otra parte, la consideraban perfecta, ya que a través de ella se podían descubrir analogías y significados espirituales, en cuanto emanación de la belleza espiritual, que llevaban al hombre hacia la unión con Dios. Con el fin de descubrir esas analogías y significados espirituales, el hombre tenía que ascender por una serie de escalones de lo bello, hasta llegar al escalón supremo, al éxtasis místico. Esta tendencia moralista y ascética de San Bernardo le llevó a censurar la arquitectura puramente decorativa por servir al placer sensual, para decantarse hacia una austeridad basada en simples proporciones numéricas. Pero, aunque criticaba la decoración excesiva y opulenta, no necesariamente veía la austeridad y la simplicidad como una única forma correcta de abordar la arquitectura. En su lugar, creía que era importante encontrar un equilibrio y buscar la belleza tanto en el interior como en el exterior.

El teólogo francés Hugo de San Víctor (1096-1141) es conocido por sus aportes a la teología y la filosofía, especialmente en lo que se refiere a la relación entre la fe y la razón. Hugo de San Víctor distinguió entre belleza visible e invisible. La primera podía ser percibida por los sentidos, y la segunda sólo por la inteligencia. Según él, la belleza visible era compleja y variada, mientras la belleza invisible era simple y uniforme. Aunque consideraba que la belleza invisible era la belleza suprema, solamente podía ser captada por la intuición. A pesar de ser diferentes, no estaban del todo separadas, pues la belleza visible era una emanación de la invisible. En sus escritos, Hugo de San Víctor se ocupó de la belleza visible de forma empírica, realizando una clasificación de las experiencias estéticas, aunque no pudo desligarse completamente de las especulaciones místicas y religiosas.

A partir del siglo XIII surge la escolástica, un movimiento filosófico y teológico que surgió como un intento de usar la razón para entender el contenido sobrenatural de la fe. Su objetivo era construir un sistema más coherente compatible con el sistema filosófico y teológico del cristianismo. Los primeros escolásticos plantearon los problemas fundamentales de la belleza, y llegaron a la conclusión de que la belleza no era una simple cualidad objetiva, sino que se definía como una relación entre el sujeto y el objeto. Si la belleza se entendía como una cualidad objetiva de las cosas que provocaba admiración por parte del que las contemplaba, entonces necesariamente implicaba también al sujeto. Lo bello constaba, por tanto,

de elementos subjetivos y objetivos. Los escolásticos compararon el elemento objetivo de lo bello con la utilidad, que opera solo en ciertas condiciones en relación con las exigencias del sujeto. Por esa razón, dieron mayor importancia al elemento subjetivo de la experiencia estética, es decir, a las facultades intelectuales que intervienen en el proceso de conocimiento de lo bello. Esta tesis llevó a un abandono de las tendencias objetivistas de la belleza, que se fue acuciando aún más en la época moderna.

La famosa *Summa Alexandri* es un tratado atribuido al maestro Alejandro de Hales (1185-1245), un filósofo y teólogo inglés de la escolástica de comienzos del siglo XIII. Se basa fielmente en la estética de San Agustín, y defiende la idea de que la belleza es proporción, tanto en el mundo exterior como interior. Según la *Summa*, la forma exterior es bella por cuanto expresa la forma interior, conceptual. Los franciscanos asumieron esta idea desde la vertiente libre y cualitativa proveniente de San Agustín (popularizada ya por los estoicos y Cicerón), porque la vertiente rígida y cuantitativa de los pitagóricos no podía dar cuenta de la belleza moral o espiritual. En general, la *Summa Alexandri* defendía la idea de que la belleza era una cualidad universal sujeta a una jerarquía de graduación, y que debía ser buscada tanto externa como internamente.

En la escolástica, surgieron dos tendencias principales: una centrada en el estudio de la metafísica, y otra en el estudio de la ciencia empírica (Tatarkiewicz, 1989a). El franciscano inglés Robert Grosseteste (1175-1253) pertenecía a la corriente científica de la escolástica. Su estética se centró en la belleza del mundo material, pero sin renunciar a la idea de superioridad de la belleza espiritual. Según Grosseteste, la belleza material consistía en relaciones proporcionales de carácter cuantitativo (siguiendo a los pitagóricos), que resultaban de los efectos de la luz sobre la materia. Aparte de la metafísica de la luz, Grosseteste creía que la belleza se debía a una finalidad, es decir, a un propósito o a una intención. Esta idea de la belleza como finalidad se relacionaba con su creencia en la existencia de un plan divino y en la participación activa de Dios en el mundo. Con todo, Grosseteste defendía una estética basada en la proporción y en la finalidad, y creía que la belleza era algo que podía ser encontrado tanto en el mundo material como en el espiritual.

En la etapa madura de la escolástica, surgió una nueva corriente basada en la filosofía de Aristóteles, que se enfrentó a la corriente ya existente de inspiración platónica recogida por San Agustín. San Buenaventura (1221-1274) fue el máximo exponente de la corriente platónico-agustiniana, mientras que Santo Tomás de Aquino representó a la corriente aristotélica. Esta dualidad se reflejó también en la estética. San Buenaventura continuó haciendo referencia a las especulaciones metafísicas comunes a la estética medieval, pero dentro del

análisis empírico iniciado por los escolásticos. Para él, la belleza residía en la luz y también en la proporción de las formas, que se establecían por adecuación. Esta adecuación consistía en una igualdad numérica, que implica pluralidad e igualdad, referida al cuerpo y al espíritu, a los objetos compuestos y simples, a los objetos entre sí en su relación con el sujeto que los percibe. Asimismo, estableció que la percepción de la belleza corpórea era fuente de satisfacción espiritual cuando se producía una adecuación entre los sentidos y el objeto.

Alberto Magno (ca. 1193-1280) fue un destacado filósofo y teólogo de la escolástica que se interesó por la estética. Recogió de Seudo-Dionisio la tesis de la belleza como proporción de la antigua estética griega y como resplandor de los neoplatónicos, y sintetizó ambas perspectivas sobre la base del hilomorfismo de Aristóteles, según el cual la materia va unida a la forma. Identificó la forma con el resplandor en cuanto esencia de las cosas, definiendo la belleza como el resplandor de la forma en las distintas partes proporcionales de la materia. Al introducir el concepto de forma en cuanto esencia de las cosas, tuvo que añadir una nueva cualidad: la belleza esencial. Uno de los discípulos de Alberto Magno, Ulrico de Estrasburgo (1225-1277), desarrolló aún más ese concepto distinguiendo en la belleza corpórea y espiritual dos cualidades: la belleza esencial y la accidental. Según Ulrico, la belleza esencial era aquella que pertenecía intrínsecamente a las cosas, mientras que la belleza accidental era aquella que se encontraba en el exterior de las cosas y que podía variar. Asimismo, separó la belleza en sentido amplio de la belleza en sentido limitado. La belleza en sentido amplio incluía tanto la belleza en sentido limitado como la aptitud, o sea, la utilidad o la finalidad de las cosas, mientras que la belleza en sentido limitado excluía la aptitud.

Santo Tomás de Aquino (1225-1274) es considerado como el máximo representante de la escolástica. Asumió los conceptos aristotélicos de su maestro Alberto Magno, sobre todo el de la forma como esencia. También tomó las tesis provenientes de Seudo-Dionisio y San Agustín, cuyas ideas se remontaban a Platón y Plotino. Santo Tomás formuló la belleza en función de la belleza corpórea, empíricamente conocida, si bien esta belleza la extrapolaron por analogía a la espiritual. Por eso mismo, el concepto de belleza de Santo Tomás abarca tanto la belleza sensible como intelectual. En un principio, toma como punto de partida la belleza espiritual para descender al conocimiento de la belleza corpórea, aunque después procedió a la inversa, partiendo de la corpórea para ascender a la espiritual. En este hecho consiste la importancia de Santo Tomás en la historia de la estética medieval, en pasar del concepto platónico de belleza metafísica, de arriba abajo, al concepto empírico del pensamiento aristotélico, de abajo arriba. En Tomás prevaleció la opinión tradicional de que la belleza y la bondad estaban unidas, pero llevó a cabo una separación conceptual al señalar las diferencias

entre la contemplación y la aspiración. Tomás de Aquino opinaba también que la cuestión de lo bello presentaba aspectos objetivos y subjetivos. El aspecto subjetivo, que trataba de la contemplación de lo bello, ocupaba un puesto importante. Consideraba que la contemplación de la belleza era un tipo de conocimiento que se daba bajo una relación que iba del objeto contemplado al sujeto que contempla, lo que relativizaba el concepto de lo bello, aunque sin llegar a subjetivizarlo del todo, ya que suponía que el objeto penetraba en el sujeto, y no a la inversa. Con el fin de conocer lo bello, sensible e intelectual, el sujeto implicado necesitaba tanto de los sentidos como de la intelección. Con ello, reconoció el factor intelectual en la experiencia estética, cuyo instrumento es el juicio de aquello que nos gusta o disgusta. Asimismo, diferenció entre placeres estéticos y placeres biológicos, que se corresponden con el juicio racional, propio de los seres humanos, y el natural, propio de los animales. Para él, el sentimiento estético de placer no era ni sensible ni inteligible, sino un fenómeno intermedio entre ambos; mas la belleza concernía a la facultad de un juicio racional. En relación con los aspectos objetivos de las cosas, Tomás relacionó la belleza con la teoría de la proporción y de la luz. La proporción la concebía de manera muy amplia, ya en sentido cuantitativo, como relación matemática entre las partes de las cosas del mundo material, ya en sentido cualitativo, como adecuación proporcional o armónica del mundo espiritual, pero en su estética utilizó más el concepto cualitativo. Lo bello también debía ir acompañado del resplandor o la claridad, corporal y espiritual. La idea de proporción y claridad implicaba que la belleza se revelaba en el aspecto material de las cosas mismas, pero también en su esencia formal, referida a la luz que emana de la forma. Aparte de la proporción y la claridad, Santo Tomás introdujo un tercer factor, la integridad o perfecta disposición de las partes, entendida como completud del objeto, una idea que entra dentro del concepto de proporción. Estos tres elementos constitutivos de la belleza (proporción, claridad e integridad) guardaban relación con los conceptos aristotélicos de potencia y acto y, por tanto, con la forma y la materia.

Dentro del siglo XIII, se dio una estética de carácter empírico independiente del sistema filosófico y teológico de la escolástica. Las teorías de Ibn Alhacén (965-1040) y Witelo (ca.1230-ca.1275) entran dentro de esta vertiente. Ambos autores eran científicos que se dedicaron a la óptica. Se preocuparon por la percepción de las formas y establecieron dos formas de visión, una simple, basada en las sensaciones, y otra compleja, con base en las percepciones. Estas formas de visión se correspondían con dos tipos de belleza: la belleza de las cosas simples, como los colores y la luz, y de las cosas complejas, como las formas y sus relaciones en proporciones adecuadas. Según estos autores, la belleza puede ser originada por fenómenos con cualidades opuestas, como la luz y la sombra, la continuidad y la discontinui-

dad, el movimiento y la quietud, la aspereza y la lisura, la transparencia y la densidad, la semejanza y la diversidad, etc. Ambos sostenían que la belleza era una cualidad puramente objetiva, pero Witelo se empezó a dar cuenta de que la experiencia de la belleza era más bien relativa y subjetiva, pues dependía de la costumbre.

A partir del siglo XIV, hubo poco interés en la estética por parte de la escolástica. Esto pudo haberse debido a diversas razones, pero una de ellas fue el surgimiento de un nuevo dualismo entre los partidarios de las tendencias lógicas propias de la escolástica y los integrantes del naciente Renacimiento, que se decantaron hacia tendencias más estéticas. No obstante, los escolásticos siguieron definiendo con mayor precisión ciertos conceptos estéticos durante este período. Y este hecho mostró la relatividad y subjetividad de conceptos considerados hasta entonces absolutos y objetivos.

La escolástica tardía apenas se interesó por la estética y no creó nada nuevo, aunque la estética de Dante Alighieri (1265-1321), uno de los grandes poetas y pensadores de la Edad Media, fue una excepción. En *La Divina Comedia*, Dante utilizó la poesía y el arte para explorar cuestiones filosóficas y teológicas. En su obra, expresó conceptos cercanos a la estética escolástica, si bien introduciendo un elemento metafísico innovador: el amor, que aplicó al campo de la estética. Para él, el amor era la fuente de lo bello, tanto en el arte como en la naturaleza, porque era lo que unía y armonizaba todo en el universo, y era a través de él que podíamos acceder a la verdadera belleza y comprender la verdadera naturaleza de las cosas. Con todo, Dante imaginó un mundo al estilo de Plotino, donde la luz eterna se relacionaba con el concepto de lo divino, que unía por amor lo que aparentemente estaba separado y disperso en el universo, armonizando los mundos superiores e inferiores.

15.1.3. Edad Moderna. La Edad Moderna se inicia con el Renacimiento, que fue un movimiento cultural que abarca desde el s. XV hasta el s. XVII.

15.1.3.1. Renacimiento. En la época renacentista, se produce una recuperación de los valores estéticos de la cultura antigua, pero estos son reinterpretados al introducir nuevos conceptos, como el de diseño interior o el de gracia, lo que supone una ruptura o discontinuidad con la tradición medieval. Pese a que el espíritu cristiano de la Edad Media no estaba en desacuerdo con la cultura antigua, tomaron como referencia una parte de sus ideas. La Edad Moderna lo que hace es recuperar de la Antigüedad las ideas que habían sido descuidadas por la tradición medieval, aunque gradualmente fue introduciendo pequeños cambios que llevaron al surgimiento de nuevas categorías. Por efecto de estos cambios, surgió una concepción diferente del mundo. Frente a la concepción basada en el teocentrismo medieval, se configura

el antropocentrismo del humanismo renacentista. Además, el cambio del geocentrismo por el heliocentrismo lleva a una nueva concepción de la ciencia y a la adopción de los principios de un nuevo método científico por parte de Galileo. Es entonces cuando la ciencia aristotélica, teleológica y cualitativa entra en crisis para dar paso a la ciencia mecanicista y cuantitativa. Y el triunfo de la nueva mecánica sustituye el modelo organicista anterior por el modelo mecanicista. Con ello, se empieza a intensificar el problema de la subjetividad y el relativismo de la experiencia estética iniciado en el helenismo, que en la Edad Media se trató ligeramente.

Tanto la estética clásica como la medieval tuvieron sus variantes idealistas y realistas, pero nunca llegaron a diferenciarse claramente. Ese dualismo de la estética de la época clásica y la medieval también se dio en el Renacimiento, pero de forma más categórica. Como en el Medioevo, el Renacimiento se interesó por la estética clásica de los filósofos griegos Platón y Aristóteles. Los autores de los siglos XV y XVI se decantaron hacia la estética idealista de Platón o hacia la estética realista de Aristóteles. El platonismo fue asumido en el siglo XV por los humanistas, mientras que el aristotelismo se asumió en el siglo XVI por la filosofía universitaria. El antagonismo entre la versión metafísica de Platón y la científica de Aristóteles se convirtió en la oposición entre los dos centros más relevantes del Renacimiento, la Academia Platónica florentina, que predominó en el siglo XV, y la Universidad de Padua, que lo hizo en el siglo XVI (Tatarkiewicz, 1989b).

Leon Battista Alberti (1404-1472) y Marsilio Ficino (1433-1499) son los dos exponentes principales del siglo XV que tuvieron enfoques estéticos algo contradictorios, ya que la estética renacentista de Alberti recibió la influencia aristotélica, lo cual le llevó a tratar el problema de la belleza desde una actitud científica con base en la experiencia; mientras que Ficino recuperó la doctrina platónica del medioevo, por lo que su estética tendió hacia el terreno de la metafísica. Como consecuencia, la estética de Alberti asumió una postura realista, sin entrar en presupuestos metafísicos, y la Academia Platónica florentina de Ficino una postura algo más espiritualizada e idealista. La primera se ocupaba de la belleza visible, aquella cuya cualidad se mostraba en el mundo corporal, y la segunda aspiraba a alcanzar la belleza invisible, como una cualidad del espíritu o la idea revelada en la materia. La estética renacentista se decantó al principio hacia las dos posturas, razón por la que resultaba algo contradictoria. Ambas posturas constituirán el fundamento teórico de las proporciones humanas sobre el que se desarrollará el pensamiento de Leonardo y Durero, quienes establecerán algunas objeciones en torno a una proporción absoluta, pues creían que existían diferencias individuales en las proporciones.

Leon Battista Alberti fue un arquitecto y teórico del arte renacentista. Es conocido por ser el primer teórico del arte renacentista que hizo hincapié en las proporciones tomando una postura estética empírica, sin entrar en presupuestos metafísicos, como hizo Ficino. Al igual que en los antiguos, en Alberti se advierte un dualismo en la concepción sobre lo bello: la belleza en tanto que proporción cuantitativa de sus partes, y la belleza como la adecuación o conveniencia de la forma al contenido (decoro). Definió, pues, lo bello como la armonía o proporción adecuada de las partes con el todo, y asumió la tesis de que la belleza era una cualidad objetiva de las cosas, y no una respuesta subjetiva que cambiaba con los gustos de los observadores. Con estos principios, Alberti dio expresión a una nueva concepción antropomórfica de la arquitectura, como correspondencia del hombre con el universo, una visión organicista vinculada a la idea de unidad y totalidad de la Antigüedad. Asimismo, al hablar del decoro como una moderación de los temas artísticos, vinculó la belleza y el arte. Para él, la finalidad del arte era la belleza como armónica proporción de todas las partes (*concinntas*), y el medio para conseguirla era imitando a la naturaleza, pero no solo en su aspecto formal, seleccionando de ella lo más hermoso con el fin de componer un objeto aún más bello con sus fragmentos, sino también en sus leyes, que se manifestaban a través de la perspectiva lineal y la proporción descubierta por los arquitectos clásicos. Además, Alberti consideraba que el arte no solo debía participar de la unidad de las partes, sino también debía buscar la diversidad entre esas partes. Según él, la unidad y la diversidad tenían que trabajar juntas en armonía para crear obras verdaderamente bellas.

Antes del Renacimiento, existía la división tradicional de las artes en relación al esfuerzo físico: las artes mecánicas y las artes liberales, según tuvieran un origen manual o intelectual. Esta división tradicional de las artes se basaba en la antigüedad clásica, donde se distinguía entre artes vulgares y artes liberales. En la Edad Media, las artes vulgares se conocían como artes mecánicas, y hacían referencia a las artes serviles propias de los siervos o esclavos. En cambio, las artes liberales fue un término empleado en la escolástica medieval para designar a aquellas artes que servían para que el hombre libre alcanzara el conocimiento y la ciencia. Tradicionalmente, el arte era entendido como una habilidad que pertenecía al grupo de las artes mecánicas o manuales, como la arquitectura, la escultura y la pintura, aunque también otras actividades manuales, como la artesanía. Sin embargo, a partir de la reflexión de Alberti sobre la importancia de la geometría en el arte y la idea de que el pintor debía ser versado en ella, el arte dejó de ser considerado como una producción mecánica para adquirir la categoría de ciencia, por este motivo se elevó al nivel de las artes liberales o intelectuales. Esto supuso un cambio en el concepto del arte y en la forma en que se valoraba socialmente.

La estética clásica, inspirada en los principios estéticos formulados por los antiguos filósofos griegos, fue abordada en el siglo XV por Alberti de manera sistemática. Esta forma de entender la belleza se convirtió en una corriente fundamental del pensamiento de principios del siglo XVI. Aunque los estetas de siglo XVI siguieron siendo fieles a la definición clásica de lo bello, se introdujeron nuevas categorías en relación con los aspectos emocionales y subjetivos, como el concepto de “gracia” o encanto, entendida como una cualidad del alma que no dependía de la proporción y que añadía atractivo a la obra. En el Renacimiento, el valor de una obra de arte no solo estribaba en la proporción, sino también en la gracia, que no se podía someter a ninguna regla objetiva. Además, en este siglo se plantearon tres posturas en cuanto a la belleza: dos posturas extremas, según las cuales la belleza era una característica propia bien del cuerpo o del espíritu, y una postura intermedia. Una de esas posturas intermedias afirmaba que la belleza se mostraba tanto en el cuerpo como en el espíritu, y en ambos casos era la proporción la que decidía sobre ella. Por último, la estética del siglo XVI fue una estética que también preconizó la estética del amor, entendido como una actitud natural del hombre frente a la belleza, ya sea en el cuerpo o en el espíritu, y que se relacionaba con la idea de la atracción hacia lo bello.

Según Tatarkiewicz (1989b), dentro de este período hubo dos tendencias opuestas que tendieron hacia el extremo científico y el extremo espiritual, siendo sus representantes respectivos el fisiólogo y médico italiano Agostino Nifo (1473-1545) y el místico judío León Hebreo (1464-1530). Agostino Nifo se amparó en la ciencia aristotélica para elaborar una teoría sobre el amor y la belleza, mientras que León Hebreo siguió la tradición neoplatónica del Renacimiento para hablar del amor como una actitud natural del hombre frente a la belleza, siendo la categoría estética de gracia la que atraía hacia ella.

15.1.3.2. Manierismo. En el siglo XVI, los estetas identificaban la belleza con la proporción del cuerpo, tratándola como un problema cuantitativo u objetivo, pero otros estetas empezaron a haber una preferencia hacia el factor cualitativo o subjetivo de la estética, aunque no será hasta el Manierismo que la belleza subjetiva empiece a cobrar fuerza. Los primeros artistas manieristas se rebelaron contra las reglas de proporcionalidad y la dependencia hacia las formas naturales de los renacentistas clásicos. En cambio, aspiraban a cultivar la libertad frente a las reglas dadas, la intuición frente a la razón. Esto llevó a una mayor irracionalidad y subjetividad en el arte, y también a una mayor expresividad y abstracción. Con el manierismo las proporciones se alteran, provocando una deformación de los objetos, y con

ello la belleza se relativiza, en oposición a la belleza del renacimiento clásico, que aspiraba a alcanzar unas proporciones únicas.

Las tesis del arte manierista encontraron su formulación en el concepto de sutilidad del matemático italiano Gerolamo Cardano (1501-1576), que se asocia con todo aquello complejo difícil de percibir. Según Cardano, las cosas simples son más bellas, porque son más fáciles de percibir; mientras que las cosas complejas pueden volverse desagradables, debido a que son más difíciles de percibir. No obstante, si las cosas difíciles son aprehendidas a través de los sentidos o la razón, pueden proporcionar un placer mayor que las cosas simples, puesto que supone un reto para superar la adversidad. Su concepción de la sutilidad permite contraponer el arte clásico, que aspira hacia lo bello, lo claro y lo simple, al arte manierista, que aspira a lo sutil, lo oculto y lo complejo. Cardano contraponía así el arte de lo bello al arte de lo sutil, es decir, el arte clásico al arte manierista.

15.1.3.3. Barroco. Desde el siglo XVII, las nociones de proporción y armonía de la estética clásica del Renacimiento no van a diferir en la teoría, pero en la práctica fueron balanceándose en favor de tendencias más flexibles, en donde tenían cabida nuevos problemas en torno al arte, como los contrastes, el dinamismo, la multiplicidad compositiva, los sentimientos, la imaginación y la expresión. Así, dentro del marco de la nueva estética, lo bello se relativiza, ya que no se limita a la proporción y armonía clásicas, sino que se valora de acuerdo a una gama más amplia de factores. Esto se reflejó igualmente en la distinción hecha por Pierre Charron (1541-1603), un filósofo y teólogo francés que comparte analogías con la filosofía de Cardano. Charron distinguió entre un arte estático y monumental, representativo del Clasicismo, y un arte vivo y móvil, representativo del Barroco. Distinguió así dos clases de belleza: una belleza que era inmóvil, y que provenía de la proporción, y otra que era móvil, que se llamaba gracia, consistente en el movimiento del cuerpo y de los ojos. La primera solía estar muerta, y la segunda viva y activa. Esta distinción refleja la evolución de los gustos estéticos en el siglo XVII y la mayor aceptación de formas de arte más dinámicas y expresivas.

15.1.3.4. Ilustración. Con el paso del tiempo, el relativismo de la belleza acabará por identificarse con la modernidad, cuyos límites categóricos vuelven a romper con la belleza absoluta y normativa del Clasicismo. La época clásica se caracteriza por conciliar el objeto con el sujeto, en su afán de mantener la congruencia entre lo externo y lo interno, la correspondencia entre forma sensible y contenido espiritual. En cambio, la época moderna representa lo opuesto, pues instaaura la diversidad, el subjetivismo y la relatividad, y con ello asistimos a la separación de los dos componentes, al aislamiento y la discontinuidad. Esta separación o fragmentación entre el sujeto y el objeto es un rasgo que caracteriza a la modernidad,

de modo que su historia es la historia de la fragmentación. El proceso fraccionario acabará por separar por completo la ciencia del arte, la razón de la imaginación. Y todo ello afectará a los principios epistemológicos de la estética moderna, debido a los cuales surgieron teorías y corrientes contrarias.

En el siglo XVII, la autonomía de la estética como disciplina se vislumbra ya en la querrela entre los partidarios de lo clásico y de lo moderno acaecida en Francia, cuyos antecedentes directos se fueron gestando poco a poco desde mediados del siglo XVI. La estética del siglo ilustrado gira en torno a esta querrela. Los clásicos buscaban imitar el arte antiguo en su afán por alcanzar la perfección del modelo ideal, y los modernos cuestionaban la imitación clásica para centrarse en otra alternativa de perfección estética: el efecto que producía el arte sobre los estados afectivos del espectador. Los modernos tenían también presente la invención creadora y defendían la imaginación, aunque sin dejar de participar del carácter racional. Ello provocó una tensión entre la expresión de los estados afectivos y la imitación clásica. En este clima de reevaluación del sentimiento, floreció el concepto de genialidad como modelo de la autonomía creadora del hombre ilustrado, lo que hizo replantear el problema de la relación entre lo aprendido y la inspiración como don innato que acompaña al genio, de las reglas establecidas y las creaciones originales, libres de cualquier atadura objetiva.

El debate entre el partido de los clásicos y el de los modernos es una disputa sobre la superioridad o no de las fuentes y los modelos culturales de la época clásica y los avances de la época moderna, que van definiendo lentamente la transición de una estética basada en las normas y valores absolutos del Clasicismo a una estética relativista. El enfrentamiento traslucía asimismo la adopción de posturas contrapuestas en cuanto a la libertad creadora y la búsqueda de la verdad y la belleza como fenómeno objetivo. Esa confrontación se reactualizará a finales del siglo XVIII con la oposición entre la estética natural, que trata sobre la belleza observada en la naturaleza, y la estética artificial, centrada en la belleza de las producciones humanas. La belleza natural se adscribe a lo antiguo, la artificial a lo moderno. En la primera prima el instinto, la naturaleza, frente al entendimiento y el artificio de la segunda. Sin embargo, la belleza artística estará por encima de la belleza de la naturaleza, por lo que se reemplazará la idea ilustrada de la belleza natural como modelo de la artificial.

El nacimiento de la filosofía y la ciencia moderna se produce en torno a los movimientos fundados sobre la razón y la experiencia, es decir, en torno al racionalismo y el empirismo, dos tendencias opuestas que fueron afianzándose y disgregando cada vez más el conocimiento, hasta distanciarlo de la totalidad. Los principios estéticos de la época ilustrada se

asumen como una mediación que aspira a vencer los antagonismos creados en la sociedad fragmentada por la ciencia moderna, en aras del equilibrio de los sentimientos con la razón, de las artes con las ciencias. La aspiración de superación de esa totalidad perdida se manifiesta a través de la estética y del arte, cuyos promotores serán el filósofo y el burgués, a través de unos parámetros reguladores de la percepción. Estos parámetros se basaban en una serie de formas geométricas, elementales e impersonales, que parecían mostrar una supuesta validez universal. De ahí que lo estético se organice en consonancia con la razón. A lo estético se le asigna, por ende, un papel mediador en la unificación de la cabeza y el corazón. Para ello, la estética participa de una praxis para educar el gusto. Pero ese gusto irá revelando en el recorrido de su estudio un contraste entre su relatividad (gustos diferentes) y su universalidad (gustos compartidos), que llevará precisamente a la crisis de la superación.

Dentro del racionalismo francés destaca el filósofo René Descartes (1596-1650), quien estableció una distinción categórica entre el pensamiento (*res cogitans*) y la extensión (*res extensa*), y con ello una separación entre alma y cuerpo que, en cierta medida, es equivalente a la distinción platónica entre el mundo inteligible y el mundo sensible. Descartes, al desarticular ambas realidades, se convirtió en un adversario del objetivismo y el racionalismo de la belleza, aunque se valió de ellos para construir un sistema metodológico que influyó en la estética de la Ilustración. Para él, la estética no se podía aplicar al racionalismo porque la belleza era subjetiva, es decir, la creaba la *res cogitans* al tratar de ordenar la realidad sensible. Esta concepción subjetivista de lo bello se basaba en la idea de que el sentimiento de atracción o rechazo que provocaba la contemplación de un objeto bello era relativo, puesto que dependía de los gustos de cada individuo, condicionado por las costumbres y las modas. Ya que la belleza estaba fuera del racionalismo, Descartes no elaboró ninguna teoría estética, pero su metodología dará las bases para una estética racionalista que obedecía a determinadas leyes de la naturaleza.

El empirismo, desarrollado sobre todo en el Reino Unido, se opuso al racionalismo de Francia. Uno de los principales impulsores del empirismo inglés fue el filósofo David Hume (1711-1776), quien intentará resolver el problema de los juicios estéticos y los juicios lógicos desde una perspectiva subjetiva de lo bello, es decir, analizando la impresión que producía la experiencia de lo bello en el sujeto. En opinión de Hume, la belleza no era una cualidad de las cosas en sí, sino que solo se producía en la mente del que observaba. Esta relatividad del juicio estético se deducía de la vinculación a las emociones y sentimientos, pero también del grado de perfección de las percepciones internas de la mente, que hacía partícipe de la creatividad como proceso dinámico. Sin embargo, la diversidad en las graduaciones mentales no

impedía que hubiese una universalidad, lo que irá fundando ciertas reglas de consensualidad relacionadas con la experiencia y la observación. Este proceso revela un postulado relativista de la universalidad estética.

15.1.3.5. Idealismo. Durante la primera mitad del siglo XVIII, la estética alemana fue influenciada por el racionalismo y el empirismo de pensadores como Descartes y Hume. El racionalismo sostenía que el conocimiento se obtenía a través del razonamiento lógico, mientras que el empirismo afirmaba que se obtenía a través de la experiencia sensorial. Estas dos tendencias opuestas de pensamiento tuvieron un gran impacto en la estética alemana de la época, ya que muchos teóricos del arte y filósofos se inspiraron en ellas para entender y juzgar lo bello. Sin embargo, frente a la filosofía cartesiana y el relativismo se opusieron los teóricos del arte y aquellos otros filósofos que dudaban de la capacidad de estas tendencias para entenderlo y juzgarlo. Y pese a que muchos trataron de tomar posturas intermedias para salvaguardar el objetivismo clásico, la postura subjetiva y relativa empezó a cobrar más fuerza durante el siglo XVIII.

El filósofo y matemático Gottfried Leibniz (1646-1716) se opuso a la filosofía de Descartes. Frente a él, concibe el universo desde un punto de vista estético, como una enorme jerarquía de seres vivos que forman una unidad armónica, al igual que la estética metafísica de Platón, y desde esa concepción orgánica de la belleza edificó todo su sistema filosófico. En dicho sistema, Leibniz define unas entidades eternas e indestructibles que incorporan la información del todo (de modo holístico u holográfico), llamadas “mónadas”, cada una de las cuales está compuesta de un alma y un cuerpo unidos de formas indisoluble. Las mónadas se ordenan en jerarquías independientes unas de otras, pero todas ellas están conectadas a través de la conciencia de Dios en una armonía universal. Así pues, en Leibniz no hay una auténtica separación entre el pensamiento y la extensión, ya que ambos se sintetizan a través una armonía universal, que constituye el fundamento de todas las cosas gracias a una fuerza interior, y no exterior, como afirmaba la física mecanicista de Descartes. Por consiguiente, las razones espirituales e inmatriciales son las únicas capaces de resolver la antítesis entre el alma y el cuerpo. Amparándose en este concepto de mónadas, Leibniz elaboró una psicología estética. Según él, las mónadas sufren una continua evolución, cuya representación pasa del conocimiento confuso de la materia al conocimiento claro o divino. La representación estética correspondería a una región intermedia entre ambos, y sería el resultado de una evolución de la mónada hacia el conocimiento claro y divino. Esta idea de que lo bello ocupa un campo intermedio la volveremos a encontrar de forma sistematizada en muchas teorías estéticas posteriores.

El problema de la relación entre las posturas filosóficas del racionalismo y del empirismo encontrará su respuesta en Immanuel Kant (1724-1804), fundador de las bases del Idealismo alemán. Para ello, emprende una crítica del conocimiento en su totalidad. En su *Crítica del juicio*, Kant intentó relacionar los mundos del arte y la belleza al analizar las facultades que intervienen en el sentimiento de lo bello, es decir, en el juicio del gusto (juicio estético). En Kant, el juicio estético es una especie de juicio que apela a la sensibilidad, y que deriva del libre juego de las facultades de sentir y conocer, una tercera facultad que pertenece al ámbito de la subjetividad, al ámbito de los sentidos y los sentimientos. Dado que esta facultad intermedia permite el encuentro entre los dos mundos en el sujeto, la estética bascula hacia lo subjetivo, hacia un estado de sentimiento emanado de la concordancia de la imaginación y el entendimiento, por lo que es imposible evaluarlo empíricamente. No obstante, puede ser compartido universalmente por todos los individuos. La unidad de los opuestos para indicar la armonía del juicio estético proviene precisamente de la subjetividad estética, que al ser un sentimiento universal, tiende hacia una validez objetiva con leyes naturales que no son posibles de dilucidar ni determinar mediante principios definidos. Para Kant, un objeto es bello porque su contemplación produce un placer desinteresado, es decir, un placer que no está vinculado a un fin determinado. Esta contemplación sin interés es la condición que conduce a la armonía entre la facultad de sentir y conocer, y esta armonía tendría en la proporción áurea su mejor fundamento (Casans Arteaga, 2001). Para aclarar el concepto de contemplación desinteresada, Kant distingue entre un placer sensible y un placer estético. Ante algo bello se da un sentimiento de placer o displacer, de gusto o disgusto. El placer sensible se obtiene por los sentidos de manera interesada, puesto que la existencia de un objeto en cuestión dice algo importante acerca del mundo real o físico. Sin embargo, el placer estético obtenido en la contemplación de un objeto bello es un placer desinteresado, ya que, según él, la forma de ese objeto es indiferente en relación con sus vinculaciones reales, ya sean de orden teórico, práctico o moral. Ese desinterés, al no responder a ninguna vinculación determinada, posibilita el surgimiento de nuevos significados. Por lo tanto, lo que se capta en la representación estética no es la existencia del objeto, sino la esencia, lo que Kant llama la “finalidad sin fin”. La belleza es expresión de la finalidad sin fin, y tiene que ver con la armonización interna de las facultades de sentir y conocer. Esta finalidad subjetiva de la forma privada de fines vertebrará el formalismo estético. La finalidad formal o estética (formalismo) se contrapone así a la finalidad objetiva, tanto externa, como finalidad funcional y útil de la Ilustración (funcionalismo), como interna, como ideal clasicista de perfección, aunque Kant no rechaza del todo sus aspectos. Se contrapone de tal modo a la finalidad estética que cuando la repre-

sentación del objeto se hace interesada, el libre juego de las facultades que caracterizan al juicio estético desaparece. Como el arte es un juego que manifiesta el ejercicio libre y armónico de las facultades, independientemente de si se dirige a un fin, el genio se encuentra en la zona liminal entre las dos facultades cognitivas. En su mente existe un nexo de unión con el macrocosmos tan estrecho que le lleva a revelar la ley profunda y misteriosa de las cosas, debido a que su alma es análoga al alma del universo.

Las teorías estéticas de Kant fueron empleadas por el poeta dramático Friedrich Schiller (1759-1805), quien las desarrolló y las amplió. Schiller creía que la belleza era una manifestación del ideal de la humanidad, y que la experiencia estética tenía un papel importante en el desarrollo y el equilibrio del ser humano. Revitalizará la estética metafísica al establecer dos impulsos opuestos y complementarios en la actividad humana: el impulso sensible, que equipara con el mundo y la vida, y el impulso formal, que equivale a la ley y la forma. En la experiencia estética, se reúnen los dos impulsos, dando lugar a un tercer impulso, el del juego, que configura una armonía natural de carácter ético, pues hace del ser humano un ser equilibrado. Al atribuir a lo estético un papel mediador, Schiller manifestó que la belleza era un estado de armonía o correspondencia entre el sentimiento y la ley. Con ello, afirmó la objetividad de lo bello. Lo bello era para él la manifestación del ideal de la humanidad, cuyo fin era ser armoniosa en sociedad. Para Schiller, el genio artístico era aquel que podía unificar los dos impulsos opuestos y complementarios de la actividad humana y crear obras que reflejaban esa armonía.

La filosofía de Friedrich Schelling (1775-1854) también parte de Kant, pero se centra en el problema básico de la unidad de las oposiciones. Consideró que el todo-uno, lo absoluto, se mostraba a través de la actividad artística, que procede sobre la base de una intuición intelectual, que actúa suprimiendo las diferencias entre todos los opuestos, ya que en el arte no existe distinción entre lo interno y lo externo, entre el inconsciente y la conciencia. Al unificar las oposiciones, la actividad artística resulta el instrumento a través del cual las infinitas ideas se materializan de forma finita, por el cual lo absoluto se revela. Ese absoluto es concebido como un absoluto indiferenciado (sin diferencias entre yo y no-yo), y se conoce a través de la intuición artística, que es la intuición intelectual aplicada a la estética. La intuición estética era una forma de conocimiento superior al conocimiento racional, ya que permitía acceder a la verdad de manera más inmediata y directa. La intuición estética anula todas las diferencias y concilia los opuestos, y es propia del genio artístico. Por último, Schelling creía que el arte era una manifestación de la divinidad y que, por lo tanto, tenía una importan-

cia trascendental en la formación del carácter, porque permitía al ser humano desarrollar su intuición y su sensibilidad para acceder a lo absoluto.

El proyecto idealista kantiano culmina en la obra del filósofo alemán G. W. Friedrich Hegel (1770-1831), quien pretende superar la dualidad entre el pensamiento y la extensión, argumentando que hay una sola sustancia, la idea (o espíritu). Como Schelling, Hegel parte de lo absoluto, aunque considera que este ha de ser conocido conceptualmente, y el instrumento de ello es la dialéctica, un medio a través del cual la idea o espíritu se desarrollaba y se manifestaba. Para él, el conocimiento avanza a través de confrontaciones de opuestos mediante un proceso dialéctico basado en el movimiento tesis-antítesis-síntesis. Este proceso se dirige hacia la idea absoluta o espíritu absoluto, que, al sintetizar el espíritu subjetivo, la conciencia de relación con uno mismo, y el espíritu objetivo, la conciencia de relación con los demás, se resuelve en el todo y expresa la verdad. El espíritu absoluto se forma en el pensamiento, pero puede manifestarse externamente a través de la religión, el arte y la filosofía. En su estudio sobre la estética, Hegel sitúa a la belleza artística en un lugar intermedio entre la religión y la filosofía, a medio camino entre la infinitud del mundo inteligible y la finitud del sensible, entre el contenido y la forma, el concepto y la imagen, pues el arte es una forma de expresión que permite al hombre dar forma sensible a su espíritu. Por tanto, la belleza en arte es el resultado de la materialización de la perfecta unidad del espíritu absoluto. Debido a ello, el pensamiento se impone a la realidad, por lo que la belleza artística es cuantitativamente superior a la belleza de la naturaleza, debido a que esta es inconsciente. Para alcanzar la realización de ese ideal de belleza, el artista no debe imitar la naturaleza, sino representar de modo sensible aquello que procede de su espíritu, es decir, la unidad de lo ideal y lo real, del contenido y la forma sensible. Solamente en la perfecta unión entre el contenido y la forma, la representación realizará el ideal de la belleza artística. El verdadero artista, el genio, sería aquel que sabe unificarlas en sus obras mediante la imaginación y, en consecuencia, es capaz de dar forma sensible a su espíritu de manera perfecta.

En Hegel, la belleza en arte es la materialización formal de la idea o espíritu absoluto. Según la manera en que la idea aparece en la forma, distinguió tres fases dialécticas en las que el arte se ha desarrollado progresivamente a lo largo de la historia: el arte simbólico, el clásico y el romántico, que guardan relación con una forma artística diferente: arquitectura, escultura, pintura, música y poesía. En el arte simbólico, no se consigue adecuar la idea a la forma, porque aún no es una idea determinada, sino una idea indeterminada que no se sustenta en lo interior, sino en lo exterior, como un lugar de culto donde reside la divinidad (por ejemplo, la arquitectura egipcia, india y hebrea). En el arte clásico, se alcanza el perfecto

equilibrio entre idea y forma, ya que el centro de esa armonía es el cuerpo humano, a través del cual se manifiesta su espíritu absoluto en el arte (por ejemplo, la escultura griega). Y en el arte romántico se produce una nueva inadecuación entre idea y forma, como en el arte simbólico, mas lo que ahora crea el desequilibrio no es la exterioridad de la idea, sino su interioridad. La idea se eleva entonces hacia la espiritualidad pura y rebasa a la forma, de manera que no puede manifestarse. Al no poderse manifestar, el arte se va desmaterializando, pasando de la etapa más material (por ejemplo, la pintura) a la menos (por ejemplo, la música y la poesía). Como consecuencia, el arte romántico expresa lo bello como espíritu absoluto.

15.1.3.6. Romanticismo. La remodelación de la estética racionalista de la Ilustración tiene lugar bajo la filosofía idealista, de la cual fue heredero el Romanticismo, un movimiento cultural que apareció en Alemania a finales del siglo XVIII. El Romanticismo se caracterizó por una mayor atención a las emociones y la subjetividad, en contraposición a la objetividad de la ciencia ilustrada, fundamentada en la razón y la investigación empírica, y en respuesta a la expresión del ánimo subjetivo del ser humano, a su profundidad espiritual y su dimensión creativa. De ahí que la estética romántica gire en torno a las oposiciones entre los antiguos y los modernos, la totalidad y la fragmentación, e intente buscar una síntesis del conocer y el hacer. Tras esta síntesis, la naturaleza y el universo se entendían como una unidad orgánica antes que como un mecanismo de relojería. No obstante esta visión organicista, en la estética romántica la balanza se inclina hacia la formación artificial, porque se impulsa la reflexión artística, la heterogeneidad, la pluralidad y la fragmentación estilística, frente a la unión o reconciliación armónica del ideal ilustrado. Esa preferencia de la individualidad frente a la universalidad del clasicismo marcará la transición de la estética del gusto a la estética del genio. Y junto a esta irrupción del genio se produce la separación romántica entre la imaginación y la realidad, entre lo infinito y lo finito, favoreciendo una estética de la subjetividad que rompe con la armonía del orden clásico, en tanto adecuación de las proporciones. Pese a ello, la dispersión en las artes terminará por armonizarse en la creación artística a través del genio, que es visto como un creador absoluto vinculado con la naturaleza creadora.

Junto al carácter subjetivo de la belleza, el Romanticismo introdujo lo sublime y lo feo como categorías estéticas. La teoría de lo sublime tiene sus orígenes en el siglo X, y se le atribuye al autor griego Longino, pero fue Burke quien asienta sus bases al establecer una clara oposición entre lo bello y lo sublime, oposición que, dicho sea de paso, provenía de la distinción que Platón estableció entre la belleza del arte moderado y la belleza del gran arte. En el Romanticismo, lo sublime se refiere a la belleza y grandeza de algo que resulta difícil de comprender o representar. Al contrario que la belleza, que provoca atracción, lo sublime

se presenta como una paradoja, ya que combina a un tiempo las sensaciones de atracción y rechazo. Este sentimiento de lo sublime aparece más en los fenómenos de la naturaleza que en el propio arte, como el poder de una tormenta eléctrica. Dado que excede los límites del arte bello, lo sublime se abre hacia lo ilimitado e infinito. La apertura que presenta hacia lo ilimitado e infinito no sería otra cosa que un envión hacia la trascendencia, una especie de estado numinoso aplicado al terreno de la estética que se relaciona con las experiencias místicas de unidad. En cuanto a la categoría de lo feo, la fealdad empezó a ser reconocida dentro de la estética romántica a partir de la obra del filósofo poshegeliano Karl Rosenkranz (1805-1879), quien la describió en oposición dialéctica con la belleza, como negación, siendo lo bello la tesis (positividad) y lo feo la antítesis (negatividad). Sin embargo, puesto que ambas contienen los mismos factores, lo feo entraña la posibilidad de superación, pudiéndose sintetizar con lo bello en un nivel más complejo, a saber, en lo cómico (Bosanquet, 1970). En la misma línea de razonamiento, Rosenkranz hizo una analogía entre la fealdad y la maldad moral, de modo que se opuso a la fragmentación estilística propia del arte de su época.

El escritor y científico alemán J. Wolfgang von Goethe (1749-1832) fue clave en el desarrollo del movimiento romántico. Una de las características de la obra romántica de Goethe es el problema del equilibrio de elementos contrarios: la imaginación y la razón, lo natural y lo humano, lo general y lo particular, el todo y la parte, que resuelve desde el punto de vista de la actividad creadora del artista. Goethe sostiene que la excelencia del arte reside precisamente en la unión de tres elementos esenciales: la verdad, la belleza y la perfección artística, que se basan en el equilibrio de características contrarias: lo imaginativo y lo imitativo, el juego y la serenidad, lo expresivo y lo minucioso (Bosanquet, 1970). Según Goethe, esta dualidad elemental tiene una correspondencia con las relaciones generales de polaridad que rigen el mundo sensible, así como con los principios duales que se manifiestan en el color: sombra y luz, negro y blanco, azul y amarillo. De ahí que asigne al color un lenguaje universal que condiciona su valor estético (Goethe, 1999).

El poeta y filósofo alemán J. Christian Friedrich Hölderlin (1770-1843) también tuvo una gran influencia en el movimiento romántico. Su filosofía trató de trascender los límites de Kant uniendo lo sensible y lo inteligible en el arte. Además de su interés en unir lo sensible y lo inteligible en el arte, Hölderlin exploró el tema de la belleza y su relación con el amor. Según él, la armonía de la unidad se encuentra en la belleza artística, aunque esta belleza es fugaz, va y viene, pues implica un continuo movimiento de oposición y unificación de los contrarios. Y el amor forma parte de la belleza en cuanto proceso de escisión y concordancia. Asimismo, Hölderlin hizo una distinción entre *mythos* (poesía) y *logos* (filosofía), y

estimó que la poesía servía como medio para reconciliar los contrarios, por lo que tenía un poder transformador. Para él, la poesía y la filosofía eran dos formas de conocimiento distintas que podían reconciliarse entre sí. Hölderlin estimó que el genio era la contradicción en donde se unían la poesía y la filosofía.

15.1.3.7. Siglo XIX. Durante la estética positivista del siglo XIX, se dio una oposición entre arte y ciencia, entre emoción y razón. La ciencia se valoraba por su capacidad para proporcionar explicaciones racionales y verificables de los fenómenos naturales, mientras que el arte se veía como una forma de expresión subjetiva y emocional que no seguía los mismos principios de lógica y verificación. Esto se debió en parte a la influencia del Positivismo, una corriente filosófica que sostenía que solo el conocimiento basado en la observación y análisis de los hechos era válido, y que rechazaba la Metafísica y la teoría de corte idealista. En esta época, el arte se consideraba como una forma inferior de conocimiento, aunque se subordinó a la ciencia para promocionar el orden positivo y la técnica de la Revolución Industrial. En este contexto, se consideraba que el arte debía tener una finalidad práctica y utilitaria, de forma que debía servir para promover el progreso de la sociedad.

El filósofo alemán Karl Marx (1818-1883) es conocido principalmente por su teoría del materialismo histórico y del capitalismo, que sostienen que la historia de la humanidad es el resultado de la lucha de clases. Para Marx, la dialéctica no debía limitarse a los conceptos contradictorios de un discurso teórico, sino que debía abarcar el lado práctico, pero desde los conflictos sociales. En base a este pensamiento, creía que la fragmentación de la sociedad y la división del trabajo eran obstáculos para el desarrollo integral y multilateral de las capacidades humanas, y que la supresión de la propiedad privada y la creación de una sociedad más igualitaria eran esenciales para la emancipación social. En Marx, la emancipación es un proceso en el que se liberan las capacidades humanas, permitiendo que el individuo se desarrolle de manera integral y multilateral. Esta emancipación incluye la dimensión estética, que, según él, se encuentra en la tensión entre el sujeto (el individuo) y el objeto (el mundo exterior), que es un rasgo esencial del hombre total, aquel capaz de desarrollar de modo integral y multilateral sus capacidades. Esta emancipación humana, de herencia ilustrada, es posible en la medida en que se suprima la división del trabajo y la propiedad privada, que lo que hacen es agravar el estado de fragmentación de su época. Así pues, la emancipación estética no queda reducida a la emancipación filosófica y burguesa del ideal ilustrado, sino que se reafirma en sintonía con la emancipación social.

La reflexión filosófica de Friedrich Nietzsche (1844-1900) gira en torno a la estética. Estudiando la tragedia griega, Nietzsche vio en ella un dualismo fundado en lo apolíneo y lo

dionisiaco, dos aspectos que siguen el proceder de la querrela entre los partidarios de lo clásico y lo moderno, en cuanto que lo apolíneo acoge elementos clásicos, y lo dionisiaco elementos anticlásicos. Lo dionisiaco representa los instintos naturales sin limitaciones, los devaneos irracionales, faltos de toda realidad y lógica; y lo apolíneo simboliza el triunfo del intelecto, que lo que hace es frenar, reprimir e incluso combatir los malos instintos. Uno busca la expresión de los estados afectivos en la intimidad del espíritu; el otro el conocimiento, la representación del mundo. Nietzsche advirtió que la cultura presocrática había sido arrastrada por estas dos fuerzas estéticas, que se enfrentan mutuamente pero que no pueden existir la una sin la otra. De ahí que insertara como eje central en su estética la combinación entre ambas. No obstante, a partir de Sócrates y Platón, se intentó ocultar lo dionisiaco (el mundo sensible) con la invención de un mundo puramente apolíneo (el mundo inteligible), lo que supuso la victoria de lo apolíneo sobre lo dionisiaco, y con ello la represión de los impulsos vitales ejercida por la moral cristiana y el pensamiento lógico. A fin de superar esta fragmentación y alcanzar una verdadera unidad estética, Nietzsche propone forjar nuevos valores morales a través de la voluntad de poder, entendida como “voluntad de crear”, cuyo resultado final es un tipo superior de hombre que se sitúa más allá del bien y del mal. El modelo a seguir sería el artista, que expresa mejor que nadie esa voluntad de poder en sus obras.

Durante la segunda mitad del siglo XIX, se produjo un cambio importante en la forma en la que se entendía la estética. El predominio del método inductivo en la estética frente al deductivo de las épocas precedentes promueve la disolución de la estética tradicional como sistema filosófico y especulativo. En esta época, la estética se adecua al ámbito de la sociología, que vacila entre la estética teórica y la estética práctica, y la psicología. Este abandono de las pretensiones sistemáticas ha producido la fragmentación de la estética y el surgimiento de nuevos estilos artísticos. Aunque la estética ha seguido evolucionando desde entonces, estos cambios del siglo XIX han dejado una huella permanente en la forma de entenderla hoy en día.

Desde la Antigüedad Clásica, ya se veía un paralelismo entre belleza y utilidad. Esta idea se plasmó en diversas formas de arte y arquitectura, como el Partenón de Atenas, que se consideraba un ejemplo perfecto de belleza y utilidad. La estética sociológica defendió la función social del arte, cuyos diseños pueden contribuir al desarrollo de la sociedad. En este enfoque, se argumenta que el arte no solo es una expresión de la belleza, sino que también debe aunar belleza y utilidad en un todo armónico. Dentro de este contexto, cabe destacar al escritor y diseñador británico William Morris (1834-1896), considerado uno de los fundadores del movimiento Arts & Crafts. Morris abogó por un arte utilitario que satisficiera no solo

las necesidades espirituales del hombre, sino además las materiales. Para este fin, el arte debía alejarse de la producción industrial en serie y aproximarse más a la artesanía de los gremios medievales. Con ello, empieza una etapa de socialización del arte y su contribución al progreso social.

La estética psicológica es una corriente filosófica que se centra en el estudio de la experiencia estética y cómo esta es influenciada por factores psicológicos y culturales. La estética psicológica del psicólogo y filósofo alemán Gustav Fechner (1801-1887) trató de sentar las bases de unos principios científicos que se ajustaran al arte, pero bajo unas leyes estéticas derivadas del concepto griego de la unidad en la variedad. Inducido por la búsqueda de esa unidad subyacente a la aparente diversidad del mundo, Fechner hizo un análisis experimental del conocimiento sensitivo. Para ello, llevó a cabo numerosos experimentos psicológicos en donde aplicó métodos empíricos. Uno de esos experimentos consistió en medir las condiciones perceptivas de las personas para averiguar si el rectángulo áureo les resultaba bello. Con el propósito de explicar la causa de las preferencias de las personas hacia el susodicho rectángulo, Fechner alegó que la percepción humana estaba sometida a las mismas leyes que regían las formas naturales. Ese vínculo le llevó a la conclusión de que existían relaciones matemáticas entre los elementos psíquicos y físicos, entre lo espiritual y lo material, lo que le permitió crear una nueva ciencia llamada Psicofísica. Dentro de esta misma corriente de pensamiento destaca el psicólogo y filósofo alemán Theodor Lipps (1851-1914), quien desarrolló el concepto de empatía o simpatía estética como un proceso de afinidad entre el sujeto y el objeto. Según Lipps, este concepto de resonancia estética es lo que permite al individuo apreciar la belleza de un objeto o de una obra artística, y ya había sido tratado desde la antigüedad. No obstante, fue San Agustín quien estableció una relación de semejanza entre la belleza sensible y la belleza intelectual, semejanza que se producía merced a la simpatía del alma por las cosas bellas.

Las teorías más influyentes dentro de la estética psicológica fueron formuladas por los psicólogos Sigmund Freud (1856-1939) y Carl Gustav Jung (1875-1961). La teoría de Freud gira en torno al concepto del inconsciente y a las relaciones entre la sensibilidad en cuanto función pasional del Ello y la razón calculadora como función del Yo. Con esto estableció un modelo fundamentado en el equilibrio de la pasión y la razón. En relación con la experiencia estética, Freud estimó que era el resultado de la proyección de los impulsos inconscientes reprimidos en el objeto de arte. El arte sería para él una vía de expresión de los impulsos inconscientes reprimidos, como una forma de canalizarlos hacia actividades de valor cultural. Por lo tanto, el arte tenía un efecto terapéutico para el que lo contemplaba, pues tras la forma

bella se encontraba la armonía reprimida entre la pasión y la razón. En cuando a Jung, estudió los elementos simbólicos presentes en el arte y los relacionó con lo que denominó las “imágenes primordiales” o “arquetipos”, definidas como patrones de conducta instintiva que emergen de un inconsciente común a toda la humanidad. Estos elementos simbólicos, que denominó símbolos naturales, son arquetipos universales de carácter inmutable que derivan de la estructura interna del psiquismo, en contraste con los símbolos culturales, que reflejan las imágenes colectivas adoptadas por las distintas sociedades, siendo cambiantes en el tiempo mediante un proceso consciente. La experiencia estética era el resultado de la conexión del sujeto con su inconsciente colectivo, es decir, con los arquetipos y símbolos universales que están presentes en la psique humana.

16. La Estética Holográfica

Actualmente, la estética contemporánea se mueve dentro del marco de la fragmentación iniciado por la modernidad, puesto que no se muestra unitaria. Esta fragmentación del pensamiento estético actual es fruto de una ruptura que se ha ido produciendo en el cambio del siglo XIX-XX, como consecuencia del surgimiento de una gran cantidad de ideas culturales y filosóficas, en muchos casos contradictorias, lo que ha derivado en tendencias artísticas dispares que han relativizado la belleza absoluta. Esta fragmentación, producto de la cultura y la filosofía, puede superarse derivando los enunciados sobre estética general hacia una simetría recursiva que los unifique. Para llevar a cabo dicha superación, es necesario reformular una nueva filosofía de la belleza y del arte cimentada en la teoría de los sistemas complejos, dentro de un discurso transdisciplinar que parta de una concepción dialógica desde la cual las polaridades se complementan y se oponen a la vez.

La teoría holográfica y la geometría fractal de la naturaleza contienen los principios fundamentales para formalizar una concepción estética más unificada, donde espiritualidad y ciencia se armonizan en un todo con el arte a través de la proporción áurea y los fractales. Una nueva concepción estética de la complejidad que culmina en el llamado *Sistemismo Estético*, *Estética Sistémica* o *Estética Holográfica*. La Estética Holográfica disuelve las resistencias al trascender los dos momentos de la experiencia estética, la complementariedad y la oposición, a partir de las emergencias creativas. Al romper con las contradicciones a nivel de la unidad y la dualidad, reproduce la integración de la antigua espiritualidad, que asume la combinación de los dos aspectos; pero asimismo la disgregación, la dimensión de la escisión y la fragmentación connotada por la modernidad. Por eso, no rechaza el análisis ni la razón

categorizante del mundo dual, sino que lo integra con la síntesis y la intuición, dentro de un marco más amplio, transdisciplinar.

La Postmodernidad se inserta dentro de una cultura compleja en donde la unidad de un paradigma rivaliza con la fragmentación de otro. El ideal estético postmoderno debe ser capaz de cohesionar en una totalidad armónica la unidad con la fragmentación, la coherencia entre lo implicado y lo explicado, ya que en el arte y en la belleza conviven las contradicciones de la estética, el carácter objetivo y subjetivo del gusto artístico, que desembocó en la querrela entre el partido de los clásicos y los modernos. Aunque la estética clásica defiende la objetividad de la belleza, y la estética moderna la subjetividad, la Estética Holo fractal oscila entre ambas de manera proporcionada, sin caer en los extremos antagónicos. En este aspecto, la Estética Holo fractal aspira a una unificación compleja. Y esa unificación se funda sobre los principios de fractalidad del método holofractal: la simetría recursiva y el sentido relacional. La simetría recursiva se refiere a la propiedad de ciertos sistemas de ser invariantes bajo transformaciones recursivas, mientras que el sentido relacional a la capacidad de un sistema para establecer relaciones y conexiones con otros sistemas. A través de estos principios, ambos aspectos estéticos se consignan a una vertiente de cohesión como signo de lo postmoderno.

16.1. La Coherencia Estética

Las explicaciones de la teoría cuántica y los principios científicos de la complejidad sientan las bases que permiten la comprensión de las experiencias estéticas bajo una concepción derivada del concepto metafísico de conexión unitaria de lo múltiple. Las experiencias estéticas y, por lo tanto, la idea de belleza, participan de los niveles del campo. El arte revela esos niveles de contenido espiritual en la forma sensible, de tal manera que los elementos separados se dirigen hacia un conjunto funcional. Ello otorga un sentido teleológico (causas dirigidas a una finalidad), siendo esta finalidad lo que le da valor estético. Igual que los sistemas complejos se auto-organizan hacia fines teleológicos, los valores estéticos del arte tienen como fin la uniformidad en la variedad, el ideal trascendente que remite a lo metafísico. Estos valores inherentes a la creación artística se consideran valores axiológicos. En los valores axiológicos es posible descubrir la teleología presente en el orden implícito del universo, que se refiere al fenómeno de coherencia (ver apéndice B).

Al hablar de valores axiológicos en el ámbito de la estética nos referimos a los principios estéticos que giran en torno a los conceptos de unidad, orden, proporción, simetría, armonía, equilibrio, ritmo... Las características de estos valores nos ponen de relieve las impli-

caciones con los dominios éticos y lógicos. Por ejemplo, la noción de equilibrio armónico está estrechamente relacionado con cualidades éticas, como la virtud, que es una moderada proporción entre dos extremos, un estado mental y emocional ideal que queda reflejado en el concepto latino *Aurea Mediocritas*, que se aplica al principio aristotélico del término medio entre dos vicios, uno por exceso y otro por defecto, doctrina que se asemeja a la doctrina budista del Sendero del Medio, que no está en el centro, sino en la media proporcional. Este punto de medida comporta el mantenimiento de una coherencia interna, con uno mismo, y externa, con el mundo, que tiene que ver con la familia, la sociedad y la naturaleza, una armonía que constituye el principio ético más elevado de la cultura confucionista y china (Shao & Zhu, 2005). De igual modo, la coherencia lógica consiste en ordenar los enunciados de forma proporcionada, a través del término medio entre unas ideas y otras, de modo que formen en sus relaciones un sistema unitario coherente, con significado, ya sea un significado acausal y/o causal. Así como la ética y la lógica incitan a buscar la unidad dentro de la variedad mediante principios de proporción, uno evitando los excesos de la conducta humana y el otro los extremos conceptuales, los valores estéticos equivalen a las relaciones proporcionales de los elementos dentro de una totalidad, de manera que se establezca un equilibrio armónico de la variedad en la unidad. Un cuerpo, por ejemplo, resulta bello en razón de la adecuada proporción de sus miembros; y la capacidad de conjugar sin estridencias los elementos plásticos de una obra de arte es la clave para una proporción armoniosa. Esta armonía es un elemento integrante que llamamos belleza, de lo que se infiere que la belleza es un estado ideal en el que fuerzas opuestas son armonizadas. Los problemas éticos y lógicos pertenecen, consiguientemente, al ámbito de la estética, ya que su naturaleza implica una correcta proporcionalidad de las partes para formar un todo. Este proceso de unidad axiológica converge en la intuición, cuyo fundamento es el amor, que es el resultado de los patrones áureos que emergen de la ordenación coherente de los armónicos del corazón.

El concepto de proporcionalidad aparece también en los elementos naturales de nuestro mundo, cada uno de los cuales está compuesto a su vez de una infinidad de elementos. Como sabemos, la naturaleza mantiene continuamente un equilibrio dinámico gracias a la armonía del término medio. Este equilibrio armónico basado en la unidad de las partes conlleva en sí un ritmo coherente. Por ejemplo, la evolución del cosmos implica una coherencia entre sus constantes, leyes y fuerzas fundamentales que permite mantener todo el universo en orden. Por ese motivo, Einstein creía que el criterio de verdad de una teoría debía radicar en su belleza, que queda definida por su coherencia lógica y armonía (precisamente, los ideales que iluminaron su camino fueron la bondad, la belleza y la verdad). Asimismo, un organismo

saludable es coherente debido a que sus partes se interconectan en una unidad funcional. Esta coherencia se produce igualmente entre diferentes organismos, o entre el organismo y su entorno. En resumidas cuentas, el deleite por la belleza mantiene un denominador común con otros valores en apariencia aislados, como la ética y la lógica, porque constituye la parte de una totalidad que se identifica con la recuperación del equilibrio y la integración de los organismos. Todas son vistas como producto de la proporción áurea.

La axiología es la ciencia de los valores. Los valores axiológicos forman parejas de contrarios que discurren a lo largo de una línea divisoria en sentido positivo y negativo. Así, el bien es positivo respecto al mal, la verdad respecto a la falsedad, la belleza respecto a la fealdad, etc. Los valores positivos o “trascendentales” están más unificados que los negativos, o también llamados “disvalores”, por eso se suele atribuir a los valores trascendentales connotaciones de orden jerárquico superior y a los disvalores connotaciones de orden inferior. La idea de belleza es un valor positivo dentro del ámbito de la estética, pero dentro de sus consideraciones también entra el valor polarizado de la fealdad, que constituye el disvalor de la negatividad. Lo estético y lo bello existen en contraposición con lo antiestético y lo feo, de modo que ambos implican dimensiones estéticas diferentes. Lo bello comporta atracción y una sensación visual agradable que produce sentimientos positivos, debido a que todas sus partes son proporcionadas entre sí; y lo feo provoca repulsión y una sensación visual desagradable, pues sus partes presentan desproporciones. En este sentido, lo bello supone la integración de lo feo, siendo la fealdad una ruptura en el flujo de información, una disgregación de lo ideal. La belleza se aproxima, de esta forma, al bien moral en contraposición al binomio fealdad-maldad. Aun así, la dualidad belleza y fealdad es una cuestión subjetiva y compleja que involucra factores que cambian a lo largo de la historia y en diferentes culturas.

La belleza y su opuesto, la fealdad, entran en escena en la estética idealista del siglo XIX. Según las leyes dialécticas, podríamos decir que las nociones de lo bello (la tesis) y lo feo (la antítesis) son complementarias y opuestas a la vez. Y el mismo argumento atribuido al conocimiento integrado o disgregado podría analogarse al juicio de belleza y fealdad. Todas las cosas nos agradan o desagradan dado que sentimos que son bonitas o feas. Estas tendencias a sentir agrado y desagrado ante determinadas ideas o formas surgen del orden o el desorden, de las proporciones de las cosas o falta de ellas, que están basadas en el concepto griego de armonía o desarmonía. En vistas de que el orden en el desorden es una peculiaridad de los sistemas complejos, podemos colegir que lo bello y lo feo no se pueden dar por separado, aunque sean contrarios entre sí, puesto que uno contiene al otro en su evolución, colaboran para producir complejidad. Como diría Morin (2008), nuestro mundo incluye a la armonía,

pero esa armonía está vinculada a la desarmonía (p.95). En el mundo natural no hay cosas bellas ni feas. Para nosotros las cosas causan atracción o repulsión porque la belleza-fealdad radica en la proporción orden-desorden que encontramos bajo los patrones fractales de la naturaleza. Los fractales matemáticos, tanto naturales como artificiales, son un ejemplo de unidad de los contrarios, pues en ellos coexisten armónicamente el orden con el desorden, la unidad con la fragmentación. Y la existencia de sus regularidades y proporciones matemáticas en la naturaleza se manifiestan en una geometría tan bella que alcanza la más alta manifestación estética. En consecuencia, la verdadera belleza sería la integración de lo bello y lo feo.

La belleza de los fractales no reside solo en las proporciones cuantitativas del orden explícito, aquellas movidas por causas eficientes, ya que en los cuerpos también decide el orden implícito como fenómeno que otorga la adecuada proporción cualitativa a las partes, y donde impera las causas finales. La belleza implícita contenida en los fractales es la síntesis (analogía) que enlaza los opuestos. A lo largo de los niveles del fractal, la analogía de lo bello pasa por umbrales críticos que dan lugar a rupturas de simetrías con bifurcaciones, universales por un lado, que expresan qué es la belleza, y relativas por otro, que tienen algo de esa belleza. En ellas se percibe un movimiento cíclico que va del todo universal a la parte relativa, y viceversa. La parte relativa lleva a la diversificación, aunque es capaz de superarse a sí misma hasta alcanzar la unificación ideal del todo universal. Esta paradoja es un movimiento inverso que hace que toda unidad incluya la oposición como posibilidad. Por así decirlo, la belleza absoluta tiene como posibilidad una belleza relativa y viceversa, y su emerger activa el conflicto que se ha de superar en una nueva unidad armónica, y así hasta el infinito, como en un fractal. Ello sugiere que la belleza relativa y subjetiva es un estado derivado de la objetividad de la belleza absoluta. La belleza absoluta surge de la conciliación de las oposiciones a través de proporciones áureas, lo que podría interpretarse como una afirmación de que la belleza absoluta se encuentra en la simetría o el equilibrio, ya que las proporciones áureas implican una armonía entre dos cosas. Pero hay momentos en los cuales ese equilibrio se rompe y se bifurca en bellezas distintas, que dependen de la percepción individual de cada persona. Esto significa que, aunque la belleza objetiva se basa en unas proporciones matemáticas, la percepción de cada persona puede afectar a la experiencia de esas proporciones. No obstante, la experiencia subjetiva de la belleza puede llegar a superarse. Todo sentimiento estético tiene que ver con esas superaciones. Es precisamente este impulso de superación la solución que propuso Rosenkranz para describir la trascendencia de lo negativo estético, es decir, lo feo, que define como una autodestrucción de la armonía que puede resolver su con-

tradición al conciliarse nuevamente con lo bello (Givone, 1990). Siendo así, es posible integrar la belleza objetiva y subjetiva en un sistema estético coherente.

En la experiencia estética interviene la intuición intelectual y la sensible, que son vías de conocimiento propias del racionalismo y del empirismo respectivamente. Dentro de la actividad intuitiva, la belleza se divide en una belleza intelectual y sensible. La belleza intelectual o inteligible corresponde al significado de la obra, que entra dentro de la llamada estética del contenido; y la belleza sensible a las relaciones formales, que pertenece a la llamada estética de la forma. Los sentidos internos captan el contenido implícito de la belleza, y los sentidos externos la forma explícita. Contenido y forma están coimplicados en el proceso propio del arte, porque el artista participa de ambas. El racionalismo reivindica la belleza intelectual y universal, pues las tendencias racionalistas se centran tanto en la investigación empírica como en las ideas del mundo interno, razón por la que en ocasiones se dirigen hacia el idealismo; y el empirismo demanda todo lo contrario, la belleza sensible y relativa, puesto que las tendencias empiristas tienen como punto de mira los hechos reales del mundo externo, motivo por el que se orientan hacia el realismo. El idealismo es el objeto de la metafísica, y el realismo de la ciencia. La estética, al entrar dentro del ámbito de la metafísica y de la ciencia, es una dialéctica que contiene tanto lo ideal como lo real.

Por lo general, la belleza intelectual y absoluta entra dentro del ámbito de la metafísica, y la belleza sensible y relativa dentro de la ciencia. La belleza de la metafísica es estimada como cualitativa, y la belleza de la ciencia como cuantitativa. La relación de ambas bellezas es paralela a la relación todo-parte de un sistema, cuyas emergencias pueden ser descendentes, desde arriba (especulativa), o ascendentes, desde abajo (observación experimental y medible). La belleza de la metafísica va del todo a la parte (estética desde arriba o unitaria). Y la belleza de la ciencia de la parte al todo (estética desde abajo o dual). La primera reinó en la Antigüedad, siendo predominante en la mayor parte del medievo, en tanto que la segunda empezó a gestarse en el helenismo, hasta llegar a la estética moderna. La estética antigua y medieval gozan de mayor uniformidad que la estética moderna, mucho más diversificada.

La belleza como cualidad intelectual se refiere al orden de los valores axiológicos de la estética unitaria, en donde juega un papel importante las relaciones armónicas entre las formas, que pueden derivar en un cierto misticismo, en cuyo caso la belleza se identifica con lo bueno y lo verdadero. Las formas de un objeto se adecuan a reglas generales de armonía, es decir, se circunscriben a cánones y proporciones naturales, que ya fueron definidas en el mundo clásico, y que aún gozan de consideración como reglas elementales de composición, aunque con ciertas variaciones, siendo la clave para una distribución armoniosa de los diver-

esos elementos de una obra. Esas reglas y condiciones constituyen el factor capital que define la belleza absoluta y universal de un objeto. Esto quiere decir que existen principios universales que se dan en la experiencia estética que gustan a todos, y que obedecen a unos patrones en relación con las matemáticas (ritmo, simetría, armonía, proporción, recursividad, fractalidad...), más allá de las características estéticas subjetivas. A través de ellos, una obra puede ser unificada y resultar bella, sin importar el momento o el lugar, ni el individuo o la cultura. En este sentido, la belleza tendría un carácter objetivo, cuya naturaleza queda circunscrita dentro de la intuición intelectual, porque es estimada como absoluta, y de la especulación (racionalismo), que también puede expresar cuestiones metafísicas. A través de la intuición intelectual la mente participa de los niveles más altos del orden implicado, que están en relación con el mundo de los arquetipos ideales de la belleza del campo holográfico, que responden, según Penrose, a unos parámetros codificados en la geometría espaciotemporal a nivel cuántico.

En la belleza sensible nos encontramos con la relatividad del gusto, que está condicionada por el juicio subjetivo sobre lo bello. El gusto se considera particular y relativo debido a que la belleza es singular del gusto de cada persona, es decir, existe solamente dentro del sujeto en razón de su capacidad para captar y experimentar las cualidades de un objeto. Cuando las cualidades no pertenecen al objeto, sino a la reacción subjetiva de la persona que las percibe, hablamos de cualidades subjetivas de la belleza. En la definición de dichas cualidades fue fundamental la distinción del empirista inglés John Locke entre las cualidades primarias, que son cualidades que tienen los objetos mismos, independientemente del observador, y las cualidades secundarias, que son aquellas otras que dependen de las características de cada sujeto y que son signos distintivos de la modernidad, ya que pone al descubierto una estética dual de conflicto entre el observador y lo observado. La relatividad de la belleza se circunscribe dentro de la intuición sensible, estimada como relativa y variable, la cual se reduce a relaciones perceptivas guiadas por la experiencia (empirismo). La función de la intuición sensible es aprehender toda clase de datos del orden explicado.

Según un estudio dirigido por el profesor Hu Chuan-Peng (Hu et al., 2019), de la Universidad de Tsinghua, el cerebro tiene dos centros de belleza que comparten una base neuronal común, si bien activan distintos sistemas de recompensa: un sistema que trata el procesamiento de la belleza como una recompensa “primaria”, similar a la comida o la sexualidad, y otro que la procesa como una recompensa “secundaria”. El primer sistema de recompensa se produce cuando observamos la belleza natural, en concreto la belleza de los rostros, y el segundo cuando contemplamos la belleza artificial, concretamente la belleza del arte. Para los

investigadores, esas diferencias en el sistema de recompensa se puede deber a que la percepción de un rostro bello produce en el cerebro una satisfacción a corto plazo, mientras que cuando se contempla una bella obra de arte el cerebro experimenta una satisfacción más duradera, a través de un procesamiento de alto nivel que va de arriba hacia abajo. Estos resultados apoyan la opinión de que la experiencia estética tiene a la vez un componente particular y otro universal, sensible e inteligible.

El concepto real de belleza tiene algo de absoluto y de relativo, de unidad y de fragmentación. La integración de los opuestos en las obras de arte (entre contenido y forma, lo subjetivo y lo objetivo, la interioridad y la exterioridad...) y su disgregación se vinculan con la relación, o falta de relación, de la belleza objetiva y subjetiva en la filosofía. Y la elección hacia una u otra es solo un aspecto de nuestra libertad, una cuestión de decisión, de juicio estético. Cuando en la descripción del fenómeno estético predominan las tendencias racionalistas, la belleza es global y absoluta; y cuando priman las tendencias empiristas, la belleza es parcial y relativa. Ello supone un criterio de belleza en cuestión. No obstante, la belleza absoluta y la relativa no pueden por sí solas captar el sentido total de lo bello. Son dos criterios parciales de belleza pertenecientes a dos niveles distintos, pero que se conjugan libremente en distintas proporciones. Dicha libertad, al romper con lo establecido y superar las dualidades, puede dar lugar a una infinidad de relaciones dinámicas capaces de ampliar los límites de lo bello. Esta idea de belleza en continuo movimiento ha ido evolucionando en el tiempo según la estructura cognitiva e ideológica de cada momento histórico, tal y como evolucionan las teorías filosóficas y científicas. Incluso hay ideales de belleza que varían de una cultura a otra.

A partir de la modernidad, han prevalecido las tendencias empiristas para definir la naturaleza de la belleza subjetiva. Mas detrás de la belleza subjetiva, de la extensa variedad de gustos individuales y culturales, hay unos principios absolutos de belleza, trascendentales y atemporales. Estos principios estéticos aluden a la coherencia de las formas en la integración de las partes, que sería expresión de la cadena continua de procesos entrelazados del universo. Tales principios usan un lenguaje universal, accesible para todos los gustos, vinculado a leyes sistémicas basadas en recurrencias analógicas, que implican relaciones áureas entre la unidad y la variedad. En opinión de Caballero (2015):

Si la naturaleza está constituida de acuerdo con esa métrica, descubriéndola tanto en un cromosoma como en una galaxia, y si, igualmente, el hombre, como objeto natural, está formado sobre la base de esa proporción, estamos señalando que esa regla está por encima del ser humano, trasciende al hombre, es objetiva. (p.417)

Tanto que su uso se puede extender a todas las ramas del conocimiento científico y humanístico. Este hecho fundamentaría el carácter objetivo de la estética, emparentado con lo clásico, esto es, con el concepto de analogía de los pitagóricos y Platón, que está relacionado con las nociones vitruvianas de simetría y euritmia.

Pese a la universalidad de las leyes sistémicas, hay que tener en cuenta la particularidad de los casos concretos a la hora de concordar con ellas. La fractalidad es universal, pero el hombre revela infinidad de modelos que se acercan o se alejan de ella. Cuando se acercan se convierten en modelos objetivos, y cuando se alejan en modelos subjetivos. Por eso, toda belleza subjetiva refleja, siquiera sea de modo imperfecto, los principios sistémicos universales que se dan en la naturaleza. Dichos principios derivan de unos arquetipos numéricos y geométricos simples en torno a la unidad y a la dualidad, cuyas sintaxis se repiten con auto-semejanza en todos los niveles hasta ser complejos. La clave de esta auto-semejanza que unifica todas las cosas es la proporción áurea, que conduce al concepto de entrelazamiento cuántico y fractalidad, y que a su vez queda caracterizada por la analogía de proporcionalidad y atribución. Se podría decir que la analogía funciona como un intermediario equilibrador, en el sentido de que puede ayudar a establecer conexiones y equilibrios entre dualidades, así como el entrelazamiento cuántico y la proporción áurea pueden ser entendidos como principios sistémicos que operan en diversos niveles del conocimiento, incluyendo la geometría fractal.

La captación de los niveles más universales y atemporales de la belleza supone un esfuerzo por expandir la conciencia y desvelar el orden implícito en las relaciones establecidas entre las partes con el todo, que permanecen ocultas tras el orden explícito de las bellezas particulares y temporales. La analogía recurrente constituye ese orden oculto que permite la propagación armónica en donde lo atemporal se introduce en la forma temporal, debido a que tiene el efecto de “congelar” la dimensión no lineal del tiempo en una obra. Como consecuencia de ello, el arte adquiere un carácter ideal, cuyo rasgo principal es lo infinito, que contrasta con el carácter material, o lo finito, de cada obra de arte. Cada una pone de manifiesto la estructura cognitiva de una sociedad en un momento histórico determinado, pero se vincula con las demás por su carácter indeterminista, ya que todas beben de una misma fuente fundamental a nivel implícito.

16.2. La Experiencia Estética como Enviñon del Cambio de Conciencia

La estética contemporánea señala que hay tres momentos en toda verdadera experiencia estética: *poiesis*, *aisthesis* y *catharsis*. El primero se refiere al momento de inspiración del artista cuando está creando una obra, el segundo a la experiencia del contemplador en el mo-

mento en el que observa la obra, y el tercero se refiere a la capacidad terapéutica de la obra a la hora de estimular un estado interno de equilibrio durante su contemplación. Todos esos momentos se pueden incluir dentro de otra categoría igualmente válida, esta vez basada en cuatro aspectos: el artista, la obra de arte, la armonía o la belleza, y la catarsis, aspectos que estudiaremos a continuación.

16.2.1. El Artista. En el arte entra en juego una dualidad entre el desorden y el orden, lo implícito y lo explícito, como expresión de la dualidad interna del artista, pues la práctica artística y creativa responde a una intermediación en donde se combinan elementos inconscientes e irracionales, basados en la intuición y la imaginación, y elementos conscientes y racionales, fundamentados sobre reglas lógicas y habilidades. Estas contradicciones internas se vuelcan sobre la obra de arte, donde finalmente se resuelven como unidad de los contrarios mediante el lenguaje gráfico-plástico (las texturas visuales y matéricas, las luces y las sombras, las curvas y las rectas, lo ligero y lo pesado, etc.). Esa facultad del artista de dar forma a sus conflictos internos constituye una vía terapéutica para desarrollar todo su potencial (terapia artística), llegando incluso a un estado de iluminación o autorrealización. La creación artística es, por tanto, una emergencia de la retroacción entre la mente subjetiva y el producto objetivo, así como el resultado de la búsqueda de la psique por alcanzar el ideal cerebral de la unidad, el ideal metafísico del hombre autorrealizado. De esta suerte, por encarnar las ideas creadoras en objetos concretos, el arte es una simbolización del hacer de la vida, es una creación análoga a la actividad creativa de la naturaleza, que mezcla en sus creaciones el indeterminismo y el determinismo, el azar y la necesidad. La una y la otra son complementarias, se conjugan para dar lugar a una infinidad de relaciones capaces de hacer emerger nuevas propiedades creadoras que cambian el ámbito de la conciencia.

Las distintas estructuras cognoscitivas son diversos conjuntos culturales en el modo de relacionar las ideas con diferentes grados de sentido, que van desde lo cuantitativo a lo cualitativo. La aprehensión del sentido requiere una sensibilidad empática para acceder al campo de información de la noosfera. Las creaciones del artista constituyen en sí el carácter integrador o unificador de la síntesis creadora, porque tienen la capacidad de transformar la visión de las cosas, cuyas condiciones generan nuevos puntos de vista. Por lo general, los artistas pueden experimentar la sensación estética de totalidad del nivel holográfico gracias a su capacidad intuitiva, que presenta la información implícita a fogonazos, de manera no lineal. Pero estas totalidades instantáneas o insights se acentúan aún más en el genio artístico, que cuenta con una habilidad especial para atraer un nivel de experiencia estética mayor, en

cierto modo, más bello, dado que las diversas regiones de su cerebro se interconectan conforme a un patrón fractal, lo cual favorece la sincronización hemisférica, que le faculta el acceso a los niveles más sutiles de la información holográfica. En ese nivel arquetípico, el sentido de la belleza tiene un carácter místico y simbólico, pues se concibe como una unidad que inspira la coexistencia armónica del desorden y del orden. Desde esta óptica, el genio sería el lugar de paso del sujeto al objeto, de lo inconsciente a lo consciente, de la naturaleza a la cultura, quien mantiene unido los dos aspectos. Se presenta así como el mediador que hace explícito lo implícito, que adecua el mundo inteligible al sensible. Esta capacidad de unificar las dualidades le permite encontrar un punto de equilibrio entre dos ideas opuestas, una habilidad que le otorga la facultad de ver más allá de las dicotomías y de encontrar soluciones creativas y originales que trasciendan los límites establecidos de una cultura. En el ámbito artístico, las dualidades pueden ser la innovación y la tradición, la fealdad y la belleza, el caos y el orden, entre otras.

Las diferencias entre el artista y el genio artístico dependen de las resonancias personales con las vibraciones de los niveles del campo, que se relacionan con los niveles o dimensiones fractales de la conciencia humana. Tales dimensiones están en función del menor o mayor grado de adecuación, sincronización, inspiración y creatividad. La manifestación de lo ideal es susceptible de pasar por varios grados, en la medida en que la coherencia particular de un individuo sincroniza o simpatiza con la coherencia universal del campo. Esa transferencia de simpatía se presenta como una revelación intuitiva de las ideas creadoras del universo o arquetipos del inconsciente colectivo, cuyo contenido significativo se plasma en el arte de forma simbólica, gracias a la capacidad analógica del individuo creativo. Cuando más sutiles y altas sean esas transferencias, menos separación habrá en la información y, por consiguiente, mayor será la capacidad analógica del creador para percibir conexiones distantes que le permita mirar de forma más compleja y profunda. La clave para transformar la visión consiste en la sincronización hemisférica, un estado de coherencia cuántica que lleva al reconocimiento de un campo holográfico de información en donde todo está interconectado de forma coherente. Ello abre al artista a sus infinitas posibilidades, permitiéndole desvelar soluciones que aparecían veladas tras la experiencia cotidiana de las cosas. El genio artístico sería capaz de acceder a ese campo holográfico, a fin de obtener información y conocimiento que puede ser aplicado para resolver problemas y crear algo innovador u original.

El artista presenta un tipo particular de vibración que recibe pequeñas bocanadas de información holográfica en golpes o saltos abruptos de creatividad, porque la resonancia de su holograma interno es limitada para acceder en plenitud al campo universal. Sin embargo,

el genio artístico refleja la propiedad estética del todo unificado, debido a que está inmerso en el potencial de unificación del orden implicado del campo holográfico, lo que le hace alcanzar niveles superiores de conciencia. Al incluir dentro de su holograma interno un holograma mayor, obtiene grandes cantidades de información de forma continua, condición esencial para acceder a una percepción más compleja y profunda de la realidad. Esto lleva incluido la aprehensión de un nivel superior de inspiración. Precisamente, el genio que llevamos dentro consiste en lograr un alto grado de coherencia cuántica con los niveles sutiles del campo, con el propósito de otorgar a las cosas un nuevo significado, por el cual emerge una forma más creativa y original de ver el mundo que impacta y transforma a las personas, pues les lleva a utilizar de manera equilibrada las capacidades de ambos hemisferios. Esta forma de percibir nuevos significados es una cuestión de sensibilidad y admiración. Una persona sensible con capacidad de asombro frente a los misterios de la vida, como si observara la realidad por vez primera, mantiene viva su curiosidad hacia el entorno, y con ello puede alcanzar ese nivel emocional de creatividad desde el que se perciben los problemas desde múltiples puntos de vista. Lo que merma la capacidad de asombro que trasciende lo dado y lleva a una percepción más sutil del mundo, es el límite impuesto por nuestras categorías duales o clasificadoras, la privación de la mente intuitiva-emotiva para identificarse plenamente con el todo. No obstante, el secreto del genio artístico reside en la combinación entre el trabajo extenuante y la curiosidad. Cuanto mayor sea su nivel de trabajo y curiosidad, mayor será su capacidad para adquirir nuevos conocimientos y descubrir cosas nuevas.

16.2.2. La Obra de Arte. Una obra de arte surge del proceso creativo del artista. La teoría de la interacción explícita-implícita propone que en el proceso creativo coexisten dos tipos diferentes de conocimiento en el procesamiento de la información: el conocimiento explícito y el implícito. El proceso creativo trabaja en un nivel implícito, que es el conocimiento utilizado en la intuición, desde el cual se generan de forma repentina y directa nuevas soluciones que permiten resolver un problema planteado; en un nivel intermedio, que corresponde a la obra de arte que se está realizando, donde se vuelcan las ideas y se resuelven los problemas prácticos; y en un nivel explícito, que sería el conocimiento racional involucrado en la selección de distintas opciones en el transcurso de la producción artística. Una obra de arte constituye una herramienta que modula la mente del artista, puesto que procura una mediación capaz de promover la integración de las dualidades, entendida en términos proporcionales. Cualquier obra artística, cuando pretende alcanzar la belleza, implica una reconciliación de los opuestos con diferentes grados de proporción. En general, una obra que sigue en sus

composiciones mayor proporción, está bien estructurada matemáticamente. Y la mayor cantidad de grados de proporciones en la composición del cuadro hace que pueda acercarse más al ideal de belleza objetiva. Para que el artista pueda crear una obra bien proporcionada, él mismo debe experimentar esa proporcionalidad como armonía o coherencia interna, en cuanto tiene que existir una correspondencia relacional entre la imagen y las relaciones métricas de su mente. Por consiguiente, toda obra de arte es un reflejo de la personalidad del artista, ya que manifiesta en la composición la reconciliación de los opuestos de su mente.

Muchos artistas sienten en un primer estadio del proceso creativo una especie de unión mística con su obra, que contrasta con la experiencia de fragmentación del artista, que es asumida por la autonomía propia de la obra de arte en su estadio final. Por ende, la unión y la fragmentación se dan en la configuración de toda creación artística. Esta unión y fragmentación de la obra se concibe tanto en la estructura integrada, en el registro significativo de la totalidad, como en la disgregada, en el registro mecánico de las partes. La unión muestra las vinculaciones que ligan cada elemento con todos los demás, lo que manifiesta la integración de la mente del creador. En esa integración se produce un ritmo creativo que oscila constantemente entre la unión y la separación. Dado que la creación artística estriba en superar las dicotomías, en reunificar lo separado mediante las proporciones, el espectador de la obra, al atender a uno o a otro elemento de forma proporcional, se sume en una unidad en donde las polaridades se funden, una experiencia de flujo que, a juicio de Csikszentmihalyi (2005), ordena armoniosamente la mente e impide la entropía psíquica. Dado que las composiciones armoniosas ordenan la mente, no es de extrañar que una obra estética pueda ejercer efectos sinestésicos en el observador sensible que la contempla, induciendo a la negantropía psíquica o a la coherencia hemisférica. Precisamente, las grandes obras maestras han surgido a raíz de esa experiencia de flujo con el nivel más elevado del campo holográfico.

16.2.3. La Armonía o la Belleza. El arte también manifiesta un cierto grado o nivel de armonía o belleza, es decir, existe una especie de jerarquía estética de caracteres inferiores y superiores, que produce lo que James Joyce (2010, como se citó en Craft, 2012) llamó arte inapropiado y arte apropiado. Una obra de arte con un alto nivel de armonía transmite una sensación de plenitud y satisfacción en el observador que le lleva hacia un estado de coherencia hemisférica, y un bajo nivel de armonía le lleva a un estado de incoherencia. El estado de coherencia se subordina a la belleza sensible e intelectual. La belleza sensible es la coherencia de los cuerpos, que concierne a la geometría fractal del orden explícito. Y la belleza intelectual es la coherencia de las mentes, que tiene su equivalente en la teoría holográfica del

orden implicado. En el arte, la más importante de las manifestaciones de la belleza sensible es la simetría y la proporción áurea, que responden a la armoniosa disposición de las partes con el todo. En cuanto a la belleza intelectual, se manifiesta en la coherencia hemisférica, que sigue patrones igualmente armónicos relacionados con dicha proporción. Lo que los psicólogos humanistas han llamado autorrealización coincide positivamente con el concepto de belleza intelectual de la filosofía clásica, cuya fuente es la unidad de las dualidades. En ambos casos, se trata de formas de plenitud y realización personal que implican una conexión profunda entre el mundo interior y exterior. Como las leyes de la proporción armónica de la belleza existen tanto en los dominios físicos como en los psíquicos, cuando un observador se encuentra en una organización mental análoga a una obra equilibrada, se dan eventos sincrónicos como consecuencia de un entrelazamiento cuántico, presumiblemente gracias a la analogía recurrente, una correlación de los ritmos de la obra y los ritmos cerebrales del observador que lleva a la sincronización de un ritmo más universal. El resultante de esa interacción rítmica es la integración del ser con el campo holográfico, que transfiere continuamente la experiencia finita a la infinita. Como consecuencia, se produce la experiencia estética, que es comparable al éxtasis místico o a la experiencia cumbre de autorrealización, porque obedece a unas leyes sistémicas similares que encajan con el concepto metafísico de que todo es uno. De ahí que la experiencia estética exprese un conocimiento con un valor de verdad que no puede ser verificado mediante el método científico, tal y como concluyó Hans-Georg Gadamer (como se citó en Givone, 1990). Este valor de verdad como fuente de conocimiento es diferente a la verdad de la ciencia, aunque comparten semejanzas, ya que de algún modo ambas verdades siguen leyes que expresan la belleza de la naturaleza.

16.2.4. La Catarsis. La empatía es la facultad humana para “ponerse en el lugar de”. Los especialistas (Braidot, 2011) distinguen dos tipos de empatía que interactúan entre sí: la emocional y la cognitiva. La empatía emocional es la habilidad para sentir lo que siente otra persona, y la cognitiva es la capacidad de conocer lo que otra persona siente o piensa. En su justa medida, la empatía nos permite sintonizar y colaborar con otros seres humanos. Recientemente, la neurociencia ha descubierto que la empatía es inducida por un tipo de neuronas visuales-motoras denominadas “neuronas espejo”, un tipo de neuronas que reflejan respuestas similares a las acciones de los demás, induciendo a la imitación como mecanismo para el aprendizaje. Esto significa que el cerebro puede simular las emociones y las acciones de otras personas, lo que nos permite empatizar con ellas.

Las neuronas espejos están implicadas en la empatía. En el terreno estético, la empatía es el verdadero hilo conductor que permite la correspondencia entre el sujeto y el objeto bello. De esta manera, la experiencia estética de cada sujeto está en una relación empática con el objeto bello percibido, lo cual quiere decir que está emocionalmente sincronizado a través de neuronas espejo. Gracias a la sintonización empática con la obra de arte, el espectador puede alcanzar una organización mental análoga a la usada por el artista para crear la obra. Por ejemplo, si el artista crea formas armoniosas, la frecuencia resonante de la obra sintonizará con el estado mental del espectador, por lo que este podría sentir una experiencia de totalidad. De hecho, la percepción de la belleza conduce a una mayor activación de las ondas cerebrales (Lengger et al., 2007). Esto significa que los caracteres superiores o arquetípicos de la estética, aquellos que se rigen por propiedades geométricas armónicas, como la sección áurea, tienen la capacidad de expandir los límites de la conciencia y su relación con el cosmos en términos de totalidad psíquica, puesto que el objeto percibido puede actuar sobre el sujeto por medio de un ritmo coherente que lleve a una armonía interna más elevada. Esa armonía de la psique deriva de la unión de los hemisferios cerebrales, que facilita la coherencia propia para realizar la unidad en la diversidad, y con ello participar de la armonía de la obra en una experiencia cumbre. Dado que nuestra percepción y cerebro están sintonizados con los patrones armónicos de la naturaleza (Taylor, 2006), podría decirse que cuando el patrón fractal de una obra de arte, o de un entorno, coincide con las estructuras fractales subyacentes a nuestra percepción y cognición, se produce una experiencia estética (Briggs, 1992).

El arte y la belleza esconden un poder terapéutico, liberador, paralelo al antiguo concepto de catarsis, porque ambas son capaces de restaurar la armonía interna y crear una correspondencia analógica, favoreciendo el justo medio que lleva a la superación del dualismo. La catarsis es un concepto que se refiere a la liberación de las emociones reprimidas a través de la expresión artística. Las experiencias de catarsis figuran entre los fines útiles. El arte tiene una finalidad útil (técnica espiritual o eidética), pues puede llevar al espectador hacia un estado alterado de coherencia interna donde las ondas cerebrales generan puentes alfa, que tienen la capacidad de inducir relaciones áureas entre todos los niveles fractales de la mente, creando belleza intelectual, que es otra expresión para referirnos a las experiencias cumbres de autorrealización psicológica. En la contemplación de la obra de arte, la conciencia del observador resulta trascendida hacia ese ideal cerebral.

17. Referentes Artísticos de la Estética Holofractal

Si entendemos la Estética Holofractal como una relación proporcional en donde las dualidades se complementan mediante una dinámica de autosemejanza que se repite en diversas escalas, debemos admitir que este tipo de estética cuenta con unos referentes históricos muy antiguos. A lo largo de la historia, los códigos autosemejantes del entorno natural sirvieron de inspiración a los primeros humanos, quienes los utilizaron como formas ideales para la arquitectura, la escultura y la pintura, ya que se dieron cuenta de que se relacionaban con el equilibrio de la belleza y con las concepciones cosmológicas que concebían el universo como un holograma, en donde el macrocosmos se replica una y otra vez en el microcosmos. El concepto de autosemejanza se puede descubrir, por ejemplo, en las decoraciones simbólicas de los pueblos primitivos, en la arquitectura megalítica, en la iconografía precolombina, en la arquitectura indígena americana, en los antiguos mandalas tibetanos, en la arquitectura budista, en las culturas babilónica y asiria, en parte del arte africano y árabe, etc. Domina en el arte griego y romano bajo el concepto de proporción áurea, que persiste, aunque de forma oculta, en la arquitectura gótica de la Edad Media, hasta resurgir en el Renacimiento. Todas estas manifestaciones artísticas tratan de expresar con profusión los patrones geométricos y las proporciones matemáticas de la naturaleza en sus decoraciones. Actualmente, la ciencia denomina a estos patrones “fractales”.

Para Mandelbrot, el padre de la geometría fractal, los artistas ya aplicaron las formas fractales de la naturaleza de forma claramente intuitiva en sus obras, puesto que, según él, el ser humano tiene un gusto natural por las estructuras fractales, si bien dichas estructuras no tuvieran el desarrollo conceptual que hoy tiene. Como dice en una entrevista de Punset (2007) para Redes:

Algunos artistas tenían una fuerte sensibilidad hacia lo rugoso y fragmentado, pero al principio yo no lo sabía, nadie lo sabía. Solamente después de desarrollar la geometría fractal se me ocurrió que Hokusai, el genial pintor japonés del período Edo, tenía una visión extremadamente geométrica. En sus dibujos siempre aparece alguna forma clásica (el monte Fuji, que es muy suave y casi un cono) varias cosas simples, y todo lo demás es muy abrupto. Sin saberlo, simplemente por motivos estéticos, Hokusai pintaba fractales [...]. Delacroix, también era consciente de ello, pero no en sus cuadros. Una vez, cuando aconsejaba a un joven pintor que le había preguntado cómo se dibujaba un árbol, Delacroix dijo: “un árbol se compone de árboles pequeños [...]”.

Aparte de las relaciones de proporcionalidad, son muchos los artistas que han basado sus obras en el concepto clásico de dualidad, de manera comparable a la dualidad onda/partícula de la física cuántica. La dualidad en el arte se refiere a la presencia de dos elementos contrapuestos en un obra de arte. Estos elementos contrapuestos pueden incluir oposiciones, como el desorden y el orden, la abstracción y la representación, lo oscuro y lo luminoso, lo inmanifiesto y lo manifiesto, lo analógico y lo lógico, el misticismo y la ciencia, y todos los opuestos derivados del color y de la forma. La dualidad puede ser utilizada por los artistas para exhibir tensiones, ambigüedades o contradicciones, de modo que puede ser una forma de reconciliar los opuestos para otorgar armonía en sus obras. Algunos ejemplos de dualidad en el arte incluyen las obras del escultor británico Mark Hosking, que están marcadas por las tensiones de lo positivo y lo negativo, de ser y no ser (Figura 102). En el ámbito de la pintura, la tensión de elementos contrarios es también una evidencia. Concretamente, una parte de la producción del artista sevillano Luis Gordillo tiene como argumento el concepto de dualidad. Esta dualidad se ve plasmada en las cabezas con dos perfiles que empezó a pintar a comienzos de los sesenta, y que se relacionan con el pensamiento janusiano, aquel capaz de concebir conceptos o imágenes opuestas de forma simultánea (Figura 103).

De igual forma, la dualidad en el arte es el tema predominante del Dualismo, un movimiento desarrollado en España durante finales del siglo XX, cuyo manifiesto fue presentado con motivo de la Exposición Antológica de José Antonio Zapata en 1999. En la pintura dualista, los diversos niveles interactúan sobre la base de un principio dual onda/partícula, representado como la contraposición entre el desorden (principio de indeterminación de Heisenberg) y el orden (cristal). Pero el arte del Dualismo no concierne solo a la pintura, sino también a la escultura, la arquitectura o el diseño mobiliario, esta vez bajo en binomio volumen-vacío (Pintura Dualista, s.f.).

17.1. Proporciones Áureas

La Estética Holofractal es un enfoque del pensamiento estético que se basa en la idea de que la belleza y la armonía pueden ser encontradas en las estructuras autosimilares presentes en la naturaleza y el universo. La proporción áurea se encuentra a menudo en estas estructuras fractales, como en la distribución de las ramas en un árbol o en la forma de una galaxia en espiral. Por lo tanto, ha sido considerada como un elemento importante de la Estética Holofractal. Aunque no está claro quién descubrió la proporción áurea, se cree que los griegos de la antigüedad clásica fueron los primeros en utilizarla con asiduidad en su arquitectura y arte. Luego, fue empleada por los arquitectos y artistas a lo largo de la historia, pues se pen-

saba que encarnaba la belleza que se hallaba detrás de las estructuras autosimilares observadas en el entorno natural.

17.1.1. Arquitectura. Ya desde muy antiguo, la arquitectura occidental asoció el ideal de belleza con los patrones autosemejantes de la naturaleza, los cuales se pensaba estaban sujetos a una proporción numérica específica. Las alusiones al concepto de fractal se pueden apreciar, por ejemplo, en ciertos estilos arquitectónicos en donde los patrones geométricos se repiten en una jerarquía de varias escalas, para crear relaciones formales de proporcionalidad o autosemejanza. Muchos arquitectos de la antigüedad adaptaron la composición formal de sus obras a las proporciones matemáticas de la geometría fractal, con el propósito de acercarse a la armonía presente en la naturaleza, desde la arquitectura griega, pasando por las construcciones de las catedrales románicas, góticas y renacentistas, hasta los diseños modulares de Le Corbusier. Esto indica claramente que el diseño arquitectónico sigue patrones fractales desde sus orígenes.

17.1.1.1. Arquitectura Griega y Romana. La proporción áurea es una sucesión recursiva que evidencia la autosemejanza de los fractales, porque, al igual que ellos, posibilita la construcción de estructuras jerárquicas para organizar la complejidad. Muchos autores dicen que la historia de la proporción áurea se remonta a civilizaciones tan antiguas como Babilonia, y, según relató el historiador griego Herodoto, los egipcios ya la conocían. Sin embargo, para otros autores su historia comenzó con los antiguos griegos, especialmente a raíz de los conocimientos geométricos de Pitágoras, que alcanzaron un nivel teórico más complejo en comparación con los egipcios. Mas el hecho de que Pitágoras hubiese adquirido estos conocimientos de los sacerdotes de Egipto y Babilonia hace pensar que las civilizaciones egipcia y babilónica ya sabían de la proporción áurea.

El escritor rumano Ghyka (1977) relata que la razón áurea fue utilizada en la construcción de la Gran Pirámide de Keops en Egipto (Figura 104), en la relación matemática entre la altura y la inclinación de las caras de la pirámide, y a partir de entonces, se empleó de modo constante en las construcciones arquitectónicas de Grecia. Aunque hay varias investigaciones (Livio, 2018) que afirman que no es posible evidenciar que la Gran Pirámide fue construida en proporción áurea, el estudio del arquitecto egipcio Alexander Badawy (1965, como se citó en Olsen et al., 2020) sobre cincuenta templos en Egipto sí acredita que fueron diseñados siguiendo los números de Fibonacci.

La arquitectura griega parte de las proporciones humanas y de la visión orgánica del universo, que expresa que el microcosmo (el ser humano) refleja el macrocosmo (el univer-

so). Esto implica formas autosemejantes en todos sus niveles. La clave de la armonía de estos niveles estaba en la recurrencia analógica de una fórmula sencilla utilizada para establecer las relaciones proporcionales de los templos, tanto en la planta como en la fachada. Tatarkiewicz (1987) expresa claramente esta idea:

El arte griego clásico fue producto de una estética para la cual las formas ideales eran las naturales, y las proporciones más perfectas las orgánicas. Esta estética halló su expresión directa en la escultura y también, indirectamente, la encontramos en la arquitectura, donde se aplicaban proporciones analógicas, basadas en el mismo principio del número áureo. (p.77)

A veces, el templo era concebido como el lugar en donde se alojaba una determinada escultura que personificaba a una divinidad o cualidad humana. Al emplear el mismo canon en la imagen esculpida y en el edificio, se producía un encuentro en las relaciones de proporcionalidad de ambos niveles. Un recurso que enfatizaba esas relaciones era el canon, una parte del total tomada como módulo o unidad de medida, que se iba multiplicando en una cadena creciente o decreciente de proporciones para relacionar las partes entre sí y estas con el todo. Así, el canon de una columna es la parte que guía todas las proporciones del conjunto, y se repite con exactitud en todas las escalas. Asimismo, la distancia entre las columnas y las medidas de los elementos del templo están sujetas a los mismos módulos, lo que hace que participen de las características de los fractales. El canon es una proporción conmensurable, es decir, que utiliza números enteros, pero en el arte griego también se utilizaron proporciones inconmensurables, aquellas que se expresan por medio de números irracionales, como la proporción áurea. Existen muchas teorías que afirman que el diseño del Partenón de Atenas (entre el 447 y el 438 a. C.) sigue un patrón inconmensurable basado en el rectángulo áureo, aunque otras lo ponen en duda. Por ejemplo, el análisis geométrico de Ghyka (1968a) considera que la proporción áurea se encuentra en la relación entre el alto y ancho de la fachada (Figura 105), y relata que el primero en observarla fue el psicólogo alemán Adolf Zeising. Del mismo modo, la planta del edificio forma un rectángulo de raíz cuadrada de cinco, que consta de dos rectángulos áureos recíprocos.

La proporción áurea constituía la piedra angular en la que se basaba el arte y la arquitectura griega. Desde la Antigua Grecia, su uso pasó a Roma. Allí el arquitecto romano Vitruvio (1987) hace referencia a ella en su tratado de arquitectura, cuando describe el cuerpo humano como un ejemplo perfecto de simetría y de euritmia (combinación que hace que sus partes estén en proporción al todo) que debe servir de inspiración para los trazados geométricos de los arquitectos:

Simetría -dice- es la conveniente correspondencia entre los miembros de la obra, y la armonía de cada una de sus partes con el todo; pues así como se halla simetría y proporciones entre el codo, pie, palmo, dedo y demás partes del cuerpo humano, sucede lo mismo en la construcción de las obras. (p.17)

Al respecto, Ghyka (1968a) menciona en su libro *El número de oro I*:

La euritmia aparece cuando la simetría, esta correspondencia métrica, se obtiene por el encadenamiento continuo de las proporciones, por la analogía recurrente, y cuando además, la analogía se manifiesta de modo feliz tanto en las formas de las partes maestras como en las relaciones entre estas partes y el conjunto arquitectónico. (p.44)

Gracias a la obra de Vitruvio, los cánones estéticos de la Antigua Grecia se transmitieron a la arquitectura medieval, y más tarde fueron retomados por la arquitectura renacentista como un intento de lograr el ideal de belleza absoluta.

17.1.1.2. Arquitectura Medieval. La noción vitruviana de simetría como una cadena de proporciones recurrentes es un concepto unificado que se aplicó de forma amplia en muchos esquemas arquitectónicos y decorativos de la Edad Media, especialmente por los arquitectos del Gótico. Este concepto unificado se hace evidente en la estructura del templo del arte medieval, que tenía un sentido místico y simbólico, ya que se pensaba que representaba la perfección de la creación divina. En la época del medievo, se creía que el mundo natural, tanto material como espiritual, estaba construido conforme a reglas matemáticas de proporcionalidad creadas por Dios, así que el arte y la arquitectura debían reproducir las mismas relaciones proporcionales para alcanzar la belleza del mundo. Al igual que en Grecia, esas relaciones armónicas de proporción tenían su seminal fundamento en el canon o módulo.

En la arquitectura románica, la fractalidad puede apreciarse en el empleo de un sencillo sistema de proporciones basado en formas modulares geométricas, especialmente el cuadrado, que se van alternando y repitiendo a lo largo de todos sus elementos, desde la estructura de la construcción hasta sus detalles más pequeños (un cuadro de la nave central corresponde a dos cuadrados de la nave lateral), generando un espacio modular unificado a todos los niveles. No en vano, se ha dicho que cada detalle de un templo medieval contiene la totalidad del edificio debido a sus proporciones recursivas. Esta secuencia repetitiva de proporciones no se limitaba al templo o a los claustros de los monasterios románicos, sino que de manera similar se aplicaba al arte decorativo. Sin embargo, aunque los artistas medievales usaban cánones fijos para acercar su arte a las proporciones de la naturaleza, también hubo lugar para la imaginación, ante todo en el libre uso arquitectónico de la escultura.

Los patrones fractales de autosimilitud están presentes de igual forma en el estilo arquitectónico del gótico, que toma en cuenta la relación entre las partes y el todo en la articulación del espacio. Las proporciones de las catedrales góticas (Reims, Colonia, Amiens, Notre Dame (Figura 106), Chartres y muchas otras catedrales europeas) difieren de las románicas en su estructura ascendente, pero ambas se basaron, sobre todo, en las proporciones áureas y en el método de la triangulación o de la cuadratura, mostrando predilección por los triángulos pitagóricos, cuyos lados tienen como proporción 3 : 4 : 5, y los cuadrados platónicos, tan relacionados con la manera de hallar la proporción áurea. En el estilo Gótico, estos módulos generadores de formas fractales se observan igualmente en las fachadas y en las secuencias repetitivas de sus arcos apuntados, así como en los componentes internos, que guardaban una correspondencia armónica con la organización externa. Los arquitectos pensaban que las propiedades eurítmicas de esas organizaciones modulares garantizaban la belleza de sus obras, aunque aparte de las razones estéticas estaban las técnicas, puesto que era un método cómodo para determinar proporciones en la práctica y facilitar los trabajos de construcción.

El concepto de fractal se puede ver asimismo en el diseño de las vidrieras de las catedrales góticas, concretamente en los mandalas-rosetones, que reproducen la unión de lo uno y lo múltiple. En los trazados geométricos de estos rosetones tuvo una gran importancia el pentagrama pitagórico, un símbolo que, según Ghyka, se transmitió de padres a hijos a través de las logias medievales de constructores y las corrientes herméticas, cabalísticas, alquímicas, neopitagóricas, neoplatónicas, etc. Un ejemplo de rosetón con este tipo de trazado lo podemos encontrar en la *Catedral de Amiens* (Figura 107). Después de revisar que el pentagrama pitagórico (identificado con el microcosmos) y la década (identificado con el macrocosmos) se transmitían de generación en generación, Ghyka llegó a la conclusión de que el secreto de la simetría griega y de las construcciones góticas residía en el uso de la sección áurea como analogía por excelencia de todas las analogías posibles, lo que implicaba, al parecer, una especie de jerarquía fractal entrelazada.

17.1.1.3. Arquitectura Renacentista. En el arte del Renacimiento, se produce un resurgir de las proporciones armónicas de la cultura clásica gracias a la mezcla de corrientes que confluyen en el humanismo. Estas proporciones fueron exploradas tanto en su vertiente estática (números enteros) como dinámica (números irracionales), y fueron difundidas gracias a los tratados de la época. La proporción áurea es un número irracional muy característico en las obras renacentistas, como pinturas y esculturas, pero el caso más representativo en el uso de ella se encuentra en la práctica constructiva. Como en el Románico y el Gótico, la arqui-

tectura del Renacimiento experimenta con una descomposición fractal basaba en la repetición de formas geométricas sencillas, como el círculo y el cuadrado. Y al igual que la arquitectura románica y gótica, la renacentista se fundamenta en los cánones clásicos que transmitió Vitruvio en su tratado, como un intento de construir obras orgánicas en donde cada parte estuviera en armonía con el todo, una idea que estaba en relación con la correspondencia entre el hombre y el universo. En la búsqueda de esa relación armoniosa como reflejo de unidad cósmica, los arquitectos renacentistas utilizaron mucho el concepto de proporción áurea redescubierta por Pacioli, que claramente describía un fractal al traducirse a la forma geométrica del rectángulo áureo, considerado como el rectángulo con las proporciones más perfectas. A la hora de plantear sus diseños arquitectónicos, autores italianos como Andrea Palladio, Leon Battista Alberti y Filippo Brunelleschi fueron fieles a este sistema de proporción matemática para dotar de una belleza objetiva a sus obras. Un ejemplo a destacar es la *Iglesia Santa María de Novella* (Figura 108) en Florencia de Alberti, arquitecto que redefine la idea orgánica empleada por Vitruvio bajo el concepto de *concinnitas*, entendido como la armonía existente entre todas las partes de un edificio.

17.1.1.4. Arquitectura Moderna. El conocimiento de la proporción áurea no se había olvidado tras el Renacimiento, pero su interés fue casi abandonado en la Edad Moderna, hasta que a mediados del siglo XIX Adolf Zeising (1810-1876) y, poco después, Matila Ghyka (1881-1965) vuelven a recuperar de nuevo su valor. El trabajo de Zeising interpretará la razón áurea como una forma de nuestra sensibilidad, desde la cual se configura la impresión de los objetos externos. Sin embargo, esa forma está regida por una ley universal independiente de las cualidades estéticas, una ley que lucha por la belleza y la integridad de los reinos de la naturaleza y el arte. Es a partir de entonces cuando Zeising pone a disposición de los artistas y arquitectos la sección áurea como principio básico de la belleza. Con relación a Ghyka, recogió los sistemas teóricos de Hambidge, Lund y Moessel para desarrollar su teoría sobre las proporciones áurea en el arte y la arquitectura, aunque dentro de una vertiente más subjetiva, es decir, desde una orientación filosófica que tiene en cuenta lo espiritual. En cierta forma, Ghyka se acerca más a un esoterismo místico que unifica los pensamientos de Pitágoras, Platón, Vitruvio, Pacioli, Da Vinci, Kepler, Descartes o incluso Einstein.

A medida que iba avanzando el siglo XX, se empezó a cuestionar la validez universal de la proporción áurea en el ámbito de la arquitectura. No obstante, dos destacados arquitectos se apoyaron en el concepto tradicional de la razón áurea: Ernst Neufert y Le Corbusier. El arquitecto alemán Ernst Neufert (1900-1986) se valió del estudio de las proporciones del cuerpo humano de Zeising para elaborar un sistema propio de medidas a partir de la sección

áurea (Figura 109), en un intento de revivir el antropomorfismo de Vitruvio y hacer posible la renovación de la arquitectura. Este sistema le sirvió para establecer los tamaños adecuados en el diseño de espacios y utensilios, como un modo de estandarización universal que confería proporciones armónicas a las formas arquitectónicas. Por otro lado, la obra de Ghyka sirvió de base en los planteamientos del arquitecto y pintor de origen suizo Charles-Édouard Jeanneret, más conocido como Le Corbusier (1887-1965). Para Le Corbusier, el hombre y su creación constituyen una unidad indivisible, porque existía una interrelación mutua entre ellos. Esa concepción unitaria hace referencia al ideal clásico de relacionar las proporciones del hombre con los edificios. Como respuesta a este ideal, Le Corbusier estableció un sistema de medidas llamado “Le Modulor” (1949), palabra derivada de “módulo” y “section d’or”, en el que la proporcionalidad de alturas del ser humano estaba basada en la utilización de la proporción áurea y la sucesión de Fibonacci. Para hallar las medidas del Modulor, Le Corbusier parte de dos series de Fibonacci que admiten infinitas combinaciones armónicas, en una escala que va desde lo muy pequeño a lo muy grande: la serie roja, que toma como referencia la altura del cuerpo humano a partir del ombligo, y la serie azul, basada en la medida de un hombre con el brazo levantado (Figura 110). A partir de estas series antropométricas, establece una rejilla de progresiones áureas que ayuda a establecer las medidas adecuadas del diseño mobiliario y de la arquitectura. La *Villa Savoye* (Figura 111), en Poissy (Francia), es uno de los proyectos más conocidos en donde el sistema Modulor se pone en práctica, tanto en el exterior como en el interior del edificio. Otro ejemplo donde fue llevado a cabo el Modulor lo encontramos en la *Unidad Habitacional* (Figura 112) de Marsella, y, posteriormente, en la *Casa Curutchet* en la Plata, Argentina (Figura 113).

17.1.2. Arte. Artísticamente, el concepto de fractal puede entenderse en términos de composición de una obra, ya sea una escultura o pintura. Uno de los elementos más importantes que ha permitido a los artistas componer sus obras para transmitir la sensación de belleza y armonía es la proporción áurea y sus derivados (las espirales áureas, triángulos áureos, rectángulos áureos, pentágonos, pentagramas...), que, como es sabido, tienen relación directa con la propiedad de autosemejanza de los fractales. Aunque los libros sobre la proporción áurea afirman que los pintores y escultores la emplearon conscientemente como referencia para sus obras, Livio (2018) piensa que no existen fundamentos concluyentes para esas afirmaciones. De hecho, muchos de ellos la usaron de manera inconsciente, debido más que nada a la ubicuidad de los fractales áureos en el mundo natural.

17.1.2.1. Escultura. Desde la Antigüedad, la proporcionalidad corporal del ser humano ha sido utilizada como forma de expresar con mayor claridad las leyes geométricas y numéricas por las que se rigen las formas fractales de la naturaleza. Esta idea quedó reflejada en el aforismo griego de Heráclito y de Protágoras: el hombre como medida de todas las cosas. La escultura es una disciplina artística que tiene relación inmediata con las proporciones del cuerpo humano, por lo que en muchas ocasiones se ha visto forzada a usar la proporción áurea, que ha sido usada durante siglos como un principio de belleza y armonía.

En la escultura griega, las obras están construidas conforme al principio de la proporción conmensurable, es decir, aquella que emplea números enteros, y de la proporción inconmensurable, como la sección áurea. Al primer tipo de proporción pertenece el canon, que define una parte del total tomada como unidad o módulo para proporcionar el cuerpo humano. Un ejemplo de proporción conmensurable aplicable al arte es el canon de Policleto, escultor griego del s. V a. C. que escribió un tratado sobre la escultura desaparecido llamado *Kanon*. Se cree que su escultura el *Doríforo* fue creada siguiendo los preceptos que proponía en su tratado. El aspecto más conocido en el canon de Policleto es que la altura del cuerpo humano es siete veces la altura de la cabeza. Además de estas proporciones, Policleto dota de movimiento a sus esculturas mediante una simetría entre opuestos en la posición de los músculos y las distintas partes del cuerpo para así alcanzar una armonía. A esta simetría entre opuestos se la denomina “contraposto” (Gómez del Villar Cerón, 2014). En cuanto a las relaciones inconmensurables de proporcionalidad, algunos especialistas creen que se dan en abundancia en la escultura griega, especialmente la proporción áurea. Existen, por ejemplo, en las bellas estatuas realizadas por Fidias (ca. 490-ca. 430 a. C.) en el Partenón de Atenas, como la *Atenea Parthenos*. Asimismo aparece en algunas de las más famosas esculturas griegas, como el *Hermes* de Praxíteles (Figura 114), el *Apolo de Belvedere* (Figura 115), la *Venus de Milo* (Figura 116), el *Doríforo* de Policleto (Figura 117), el *Poseidón de Artemisión*, la *Afrodita de Cirene*...

No se sabe si existió un estudio de las proporciones armónicas del cuerpo humano por parte de los escultores medievales. Pero sí es posible determinar con certeza que la proporción áurea fue redescubierta en el Renacimiento, y ejerció un influjo notable en los escultores de la época. Allí el escultor italiano Miguel Ángel Buonarroti integró la proporción áurea en algunas de sus obras, como en la famosa estatua de *David* (Figura 118), lo que hizo retomar los valores estéticos de la escultura clásica. No obstante, en la época renacentista se relativizó el carácter absoluto del canon de belleza, sobre todo debido al estudio de las diferencias morfológicas del cuerpo humano por parte del artista como Durero. Según él, la belleza no se

basaba en un canon único y universal, sino que dependía de las características particulares de cada individuo. Con ello, se relativizó el concepto de belleza ideal del Clasicismo. Sin embargo, la proporción áurea se siguió utilizando ampliamente en la escultura de los siglos posteriores hasta el surgimiento del arte moderno.

17.1.2.2. Pintura. A lo largo de la historia, ciertas reglas compositivas se han encaminado hacia el uso de las proporciones áureas, quizá porque siguen los mismos planteamientos matemáticos que los fractales encontrados en la naturaleza. Son numerosos los artistas que emplearon la proporción áurea en la composición de sus obras, con la intención de buscar el equilibrio y la armonía visual de las formas, ciertas veces de forma latente y otras patentemente. A continuación, repasaremos algunas obras pictóricas que se cree han sido creadas bajo este patrón recursivo de forma intencionada por sus autores.

Si bien no existen referencias explícitas en la pintura del Renacimiento, se puede deducir por el estudio de sus obras que los pintores renacentistas a menudo utilizaron la proporción áurea en la composición de sus cuadros, colocando los elementos clave en puntos estratégicos según esta relación matemática, con la finalidad de crear una sensación de armonía y belleza. Una de las obras más conocidas donde se hace uso de ella es *El nacimiento de Venus* (Figura 119) de Sandro Botticelli (1444-1510). En este cuadro, la sección áurea se ajusta a las proporciones del cuerpo de la diosa, por ejemplo, la relación entre los pies, el ombligo y la cabeza, entre tantas otras. Esas proporciones encajan muy bien con la escala simple de divisiones áureas que describió Sir Theodore Cook en el siglo XIX.

Según algunos autores, el matemático y pintor Piero della Francesca (1422-1492), profesor de Luca Pacioli, también usó las proporciones geométricas en sus obras pictóricas. Un ejemplo se puede observar en *La flagelación* (Figura 120), cuya escena está dividida en dos espacios desiguales vinculados por la sección áurea. Además de utilizar la proporción áurea en sus obras, se le atribuye la invención de la perspectiva lineal para dar la sensación de profundidad y realismo en una pintura.

En el siglo XVI, el libro de Luca Pacioli enfatizará la proporción áurea desde el punto de vista del neopitagorismo y neoplatonismo. El pintor Leonardo Da Vinci (1452-1519) ilustró con sus dibujos la obra de Pacioli, quien le enseñó cómo calcularla matemáticamente. De acuerdo con algunos estudiosos (Hemenway, 2008), Leonardo Da Vinci fue el primero que destacó la importancia de la proporción en el arte y, por lo que se ve, la incluyó intencionalmente en sus pinturas. Ello se observa en cuadros como *La Gioconda*, *La última cena* o *El hombre de Vitruvio*. En *La Gioconda* (Figura 121), se aprecia una sucesión de varios rectángulos áureos en el rostro, tanto en sus detalles como en su conjunto, al igual que en toda la

composición. En *La última cena* (Figura 122), los discípulos y la figura de Jesús están dispuestos siguiendo la proporción del rectángulo áureo, asimismo define las proporciones tanto de la mesa como de las paredes de la estancia y las ventanas del fondo. Y en *El hombre de Vitruvio* (Figura 123), las articulaciones del cuerpo humano obedecen a las mismas relaciones áureas. En esta obra, Leonardo sigue los preceptos del ideal de belleza de Vitruvio. Representa a un hombre desnudo en dos posiciones, una con los brazos estirados y las piernas extendidas, y otra con las piernas perpendiculares a los brazos. Ambas posiciones están inscritas en una circunferencia y un cuadrado, que en aquella época representaban el cielo y la tierra, la unidad y la diversidad. La circunferencia está centrada en el ombligo de una posición, y el cuadrado en la ingle de la otra, por lo cual hace del ser humano el centro del universo. El cociente entre el radio de la circunferencia (o sea, la distancia del ombligo a la planta de los pies) y el lado del cuadrado (la altura del cuerpo), así como también entre la altura y la distancia del ombligo al suelo, revela la proporción áurea como símbolo de la armonía de las dualidades.

A partir de Leonardo, artistas como Miguel Ángel (1475-1564) y Rafael (1483-1520) hicieron uso de la proporción áurea para construir sus obras. Por ejemplo, en la *Creación de Adán* (Figura 124) que Miguel Ángel pintó en la Capilla Sixtina, se ha descubierto que existe una relación de proporcionalidad entre el dedo de Dios y el de Adán (De Campos et al., 2015). Además, en la composición circular de *La Sagrada Familia* (Figura 125), se inscribe una estrella pentagonal, que tanto usaron los artistas de la época por su relación con la proporción áurea. En cuanto a Rafael, utilizó el número áureo para estructurar algunas de sus obras, como *La escuela de Atenas* (Figura 126). Además, usó la perspectiva lineal para otorgar a la obra de una mayor sensación de profundidad y realismo.

Parece ser que el pintor y matemático alemán Alberto Durero (1471-1528) estuvo en contacto con Pacioli durante su segundo viaje a Italia (Bonell, 2014), de ahí que muchas composiciones suyas se ajusten a la proporción áurea. Por ejemplo, la utilizó para estructurar su obra *Adán y Eva* (Figura 127). En su tratado de matemáticas *De la medida*, Durero ofrece su concepción de la belleza: “La belleza consiste en la armonía de las partes entre sí y con el todo [...]”, y describe la construcción de varias espirales, entre ellas la espiral logarítmica a partir del rectángulo áureo, también conocida como “la espiral de Durero”. Por tanto, la proporción áurea juega un papel importante en el trabajo de este artista.

En la pintura contemporánea, algunos artistas hicieron uso de la proporción áurea, mientras que otros optaron por romper con las proporciones tradicionales y experimentar con nuevas formas compositivas, hasta el punto de olvidarse. Según Ghyka (1977), la proporción

áurea fue olvidada después de que alcanzara un gran esplendor en el Renacimiento, apareciendo apenas en el Barroco y el Neoclasicismo. Sin embargo, a mediados del siglo XIX, el matemático y filósofo alemán Adolf Zeising la rescató en su libro *Aesthetische Forschungen*, en el que la denominó “ley de las proporciones”, y la presentó como un principio generador de formas que fundamentaba su belleza. Zeising sostenía que la proporción áurea se encontraba en todas partes en la naturaleza, y que era el principio subyacente a la belleza de las formas. Esta idea tuvo un gran impacto en el mundo de las artes y, a partir de entonces, la proporción áurea volvió a ser considerada como un principio importante en la creación de formas armoniosas y equilibradas.

Hacia finales del siglo XIX, los círculos científicos y artísticos vieron cómo florecía el interés por la sección áurea gracias a los estudios sistemáticos de varios autores que se iniciaron a partir de la obra de Zeising, tales como Gustav Fechner, Theodore Andrea Cook, Jay Hambidge o D’Arcy Thompson, quienes pretendían demostrar la presencia de un principio unitario de belleza basado en ella. En el ámbito artístico, un ejemplo claro de este interés lo tenemos en el neopresionista francés Georges Seurat (1859-1891), quien utilizó una figura geométrica llamada “composición armónica” para dividir los laterales de sus lienzos en proporciones armónicas y secciones áureas (Bonell, 2014). Un ejemplo de ello se muestra en el cuadro *Le Chahut* (Figura 128) o en *La Parada del circo* (Figura 129), en donde los espacios están distribuidos conforme a una secuencia recursiva de rectángulos áureos. En el cuadro *Los Bañistas* (Figura 130), también empleó una serie de rectángulos y líneas áureas para disponer los personajes que forman la escena. Asimismo, el pintor Paul Sérusier (1864-1927) estructuró intencionadamente sus pinturas basándose en la sección áurea. Debido a su influencia, el concepto de proporción áurea repercutió en otros movimientos artísticos, como el Cubismo.

A principios del siglo XX, la utilización de las proporciones se hace evidente en algunos artistas vinculados a las primeras vanguardias, como el movimiento del Cubismo y del Surrealismo. La obra cubista tiene como principal objetivo conciliar el idealismo con el realismo descomponiendo las formas en cubos y otras figuras geométricas. Y la obra surrealista también intenta conjugar conceptos contrapuestos, pues parece ubicarse a caballo entre el mundo onírico y el mundo real.

La proporción áurea fue reivindicada, entre otros, por Jacques Billón (1875-1963), fundador en 1911 del movimiento cubista "Section d’Or", con el fin de generar una visión más holística del Cubismo, en contraste con la visión mecanicista del Cubismo más ortodoxo, y darle un fundamento más teórico. En octubre de 1912, una treintena de artistas pertenecien-

tes a este movimiento inauguró una exposición colectiva en la Galerie La Boétie de París, que ha sido considerada como la principal y última manifestación de las vanguardias antes de la I Guerra Mundial. El propósito de las obras expuestas por estos artistas era recuperar el principio de armonía formal con la introducción del concepto de proporción en la composición. Entre los artistas cubistas que formaron parte de esta exposición colectiva están André Lhote, Albert Gleizes, Jean Metzinger, los hermanos Duchamp, Le Fauconnier Delaunay, Roger de la Fresnaye, Louis Marcoussis, Oleksandr Archipenko, Marie Laurencin, Francis Picabia, Henri Valensi, Frantisek Kupka, Fernand Léger, Juan Gris..., mientras que Picasso y Braque decidieron no tomar parte de ella. Por poner solo un par de ejemplos, Léger usó la sección áurea en su cuadro *Las cuatro ciclistas* (Figura 131), cuya composición se rige por un círculo en donde se inscribe un pentágono estrellado. Y Juan Gris compuso la pintura *Hombre en el café* (Figura 132) de acuerdo con un complejo sistema de cuadrículas basado en sus principios (Sariugarte Gómez, 2016).

Asimismo, la obra surrealista también intenta conjugar en sus composiciones las proporciones armónicas de la sección áurea. Salvador Dalí (1904-1988), uno de los mayores exponentes de este movimiento, plasmó de forma consciente la proporción áurea en sus obras gracias a la ayuda del matemático rumano Matila Ghyka, quien le enseñó cómo hacerlo. Así lo hizo en obras como *Semitaza gigante volante* (Figura 133), una pintura en donde los elementos formales más notorios coinciden con los cuadros inscritos del rectángulo áureo. Todos esos elementos formales configuran una espiral áurea que comienza en la base de la taza y termina en la sombra de la parte alta. En el cuadro *Leda Atómica* (Figura 134) y en *La última cena* (Figura 135), Dalí también utilizó la proporción áurea, esta vez basándose en estructuras geométricas en relación con ella, como el pentagrama pitagórico y el dodecaedro.

En la década de los cincuenta del siglo XX, se convocó en Milán el Primer Congreso Internacional de la Proporción en el Arte con el título de “Divina Proportione”, en donde muchos especialistas del tema reivindicaron el reconocimiento de la proporción áurea como valor formal que originaba la experiencia de lo bello en el arte. Uno de los pintores que participaron en el congreso fue el pintor y escultor italiano Gino Severini (1883-1966), quien ya antes había mostrado un gran interés por la geometría y la proporción áurea en su libro *Del Cubismo al clasicismo*, en el que proclama el retorno de la figuración y de las reglas proporcionales del orden clásico. Creía que su uso podía contribuir a recrear las leyes armónicas del universo y superar así la anarquía artística de su época. Para ello, utilizó la sección áurea a la hora de determinar las líneas principales de sus obras, sobre todo en los bocetos preliminares.

Además de los artistas mencionados, otros pintores del siglo XX han usado la proporción áurea de forma deliberada, como es el caso de Paul Signac, Paul Klee, Max Bill, Piet Mondrian, etc. Siguiendo con esta misma temática, otros artistas internacionales han basado sus obras en la sucesión de Fibonacci y la espiral logarítmica. Destacan los trabajos conceptuales titulados *Fibonacci Nápoles* y *Onda d'urto* de Mario Merz, perteneciente al Arte Povera (Arte Pobre); la obra *Contruictional Relief* de Anthony Hill. Igualmente, se pueden encontrar las mismas ideas arquetípicas en obras como *La oreja del silencio* de Adolfo Schlosser, *Golden Spiral* de Hannsjörg Voth, *Tree Mountain -A Living Time Capsule- 11,000 People, 11,000 Trees, 400 Years* de Agnes Denes, etc. (León-Río, 2020).

17.2. Estética Fractal

Aparte de la sección áurea, la Estética Holofractal se nutre del arte fractal, ya que comparte algunas similitudes con él. El arte fractal tiene su origen en el uso de la proporción áurea a lo largo de la historia, pero, según Mandelbrot, en los elementos paisajísticos del pintor y grabador japonés Katsushika Hokusai (1760-1849) encontramos las primeras representaciones de estas estructuras autosemejantes y fragmentadas que se iteran una y otra vez, como nubes, olas y copas de los árboles. No obstante, sin bien Hokusai introdujo patrones recursivos en sus pinturas y grabados, no fue hasta que se acuñara el término “fractal” por Mandelbrot en 1975, y se empezaran a reproducir fractales merced al uso de los ordenadores, cuando se pudo explorar su verdadero valor estético. Las imágenes del arte fractal se generan mediante la ejecución de algoritmos matemáticos en un ordenador, preludiando, de algún modo, el encuentro de la inteligencia humana con la inteligencia artificial. La manipulación de los parámetros de esos algoritmos permite al artista controlar las formas y los colores repetitivos de las imágenes fractales. En muchas de ellas, encontramos espirales y proporciones áureas que se repiten constantemente, más que nada porque la proporción áurea tiene un comportamiento de autosimilitud fractal.

La estética derivada de la geometría fractal empezó a desarrollarse a partir de la década de los 80, pero a finales de los años 90 los creadores mostraron un mayor interés hacia ella. La nueva estética llevó consigo el desarrollo de un movimiento cultural que hizo acto de presencia en el arte y la literatura, abriendo un nuevo mundo de expresión artística aún por explorar. Más tarde, Mitchell (1999) presentó su *Manifiesto del Arte Fractal*, que manifiesta que el arte fractal no es algo que haga una computadora por sí misma, ni algo que cualquier persona pueda hacer con un simple ordenador, sino algo que precisa de la imaginación, el esfuerzo y la inteligencia de un artista, por lo cual está estrechamente vinculado al proceso

creativo. Un año después, Neuer (2000) redactó el *Manifiesto del Fractalismo*, en donde considera la geometría fractal como el reconocimiento de que el mundo entero (pasado, presente y futuro) está contenido en uno mismo y que, a su vez, cada uno forma parte del todo, lo que implica que al cambiar uno mismo se cambia el mundo. A ella se unió Héctor A. Piccoli, quien en marzo de 2002 publicó otro *Manifiesto Fractal* destinado a la literatura. Una de las ideas principales de dicho manifiesto será usar todos los recursos literarios disponibles para recrear la belleza “perfecta”.

17.2.1. Arquitectura Fractal. Antes que de que el término “fractal” se acuñase por Mandelbrot, muchos arquitectos de la antigüedad y, sobre todo, del Renacimiento, basaron sus diseños en patrones autosemejantes a partir de la proporción áurea, atributo fundamental que otorgaba unidad armónica a los edificios y que se veía reflejada en la correspondencia entre el microcosmos y el macrocosmos. Por ejemplo, se pueden observar las primeras aplicaciones “fractales” en las reglas compositivas que utilizó el arquitecto romano Vitruvio para establecer las correspondencias métricas que debían existir entre las diferentes partes de un edificio, o en el concepto de *concinnitas* del arquitecto renacentista Alberti, cuyo significado es la armonía de las partes en un todo. Pero con la progresiva desmistificación de la geometría por parte de la ciencia moderna se irá abandonando el sentido de unidad armónica en pro de una instrumentalidad científica. No obstante esta desmistificación, hubo muchos intentos de conciliar la visión metafísica de los antiguos y la ciencia moderna para explicar la armonía arquitectónica, como fue el caso de François Blondel (como se citó en Grillo, 2005), quien defendió la tradición pitagórico-platónica como fundamento de la arquitectura.

Como expone Grillo (2005) en su tesis doctoral *La arquitectura y la naturaleza compleja*, la visión de la naturaleza vinculada a la idea de proporción armónica comparte características comunes con las visiones de Goethe, Schlegel y otros después de ellos, a la luz de los nuevos descubrimientos en torno a las ciencias naturales, como un intento de justificar el ideal metafísico de la Antigüedad y el concepto de *concinnitas*. Muchas de estas visiones establecieron similitudes entre la arquitectura y la estructura de desarrollo de los organismos, sugiriendo que ambas se caracterizaban por una totalidad orgánica. Con esto, introdujeron en la arquitectura una base conceptual tan potente que fortaleció los principios teóricos del funcionalismo arquitectónico, sobre todo en sus dos vertientes: el funcionalismo estructural y el funcionalismo espacial. Un claro ejemplo de funcionalismo estructural lo encontramos en la obra modernista de Antoni Gaudí (1852-1926), quien contó con la influencia de Viollet y de

Ruskin. Viollet asumió el concepto de unidad en la arquitectura, aunque basándose en un análisis racionalista, de manera que desvinculó el concepto de sus connotaciones metafísicas. Por otra parte, Ruskin aplicó la analogía de los organismos a los estilos artísticos, como si se tratara de una continuidad natural de la obra divina por medio del hombre. Gracias a ello, traspasó los límites entre arte y naturaleza, entre obra humana y divina, una idea muy afín a la arquitectura de Gaudí, en donde lo artificial se integra con lo natural. La *Sagrada Familia* (Figura 136), La *Pedrera*, El *parque Güel* (Figura 137) y La *Casa Bellesguard* son algunos ejemplos. En lo que respecta al funcionalismo espacial, un ejemplo lo podemos encontrar en la arquitectura del estadounidense Frank Lloyd Wright (1869-1959). Wright fue colaborador de Louis Henry Sullivan (1856-1924), quien se valdrá de la idea de lo orgánico para argumentar su célebre axioma de que la forma sigue la función, un axioma que se hizo notar tanto en la arquitectura como en el diseño. La idea de lo orgánico de Wright se vincula con el concepto de proporción armónica, y muchas de sus obras arquitectónicas presentan patrones característicos de los fractales, aunque él no era consciente de este hecho. Sus edificios tienen una gran coherencia, ya que repiten a diferentes escalas una misma estructura formal, como se puede observar en el *Museo Guggenheim* de New York (Figura 138), en *La Casa de la Cascada* (Figura 139) o en el conjunto de cuatro casas *Roloson houses* (Figura 140).

Después de Gaudí y Wright, otros arquitectos se han inspirado en la ciencia de la complejidad para justificar la vertiente orgánica de la arquitectura. La arquitectura orgánica es un estilo que el historiador Siegfried Giedion (1978, como se citó en Grillo, 2005) vinculó con lo irracional y el inconsciente, contraponiéndose a la excesiva formalización de la arquitectura racionalista de la época, cuyos fundamentos fueron iniciados por Descartes. Giedion reconoció así la persistencia de estas dos tendencias opuestas a lo largo de la historia. Del mismo modo, Bruno Zevi (1950, como se citó en Grillo, 2005) interpretó la tendencia organicista de la arquitectura como un vehículo para satisfacer las demandas psicológicas y espirituales de las personas, de modo que le lleve a la integración del cuerpo y el alma, de la razón y el sentimiento, de la materia edificada y la vida. Al promover la integración del entorno en el hábitat humano, la arquitectura orgánica nos induce a pensar en las estructuras autosimilares de la naturaleza, como se puede apreciar en la planta del *Orfanato* de Ámsterdam (Figura 141) de Aldo van Eyck (1918-1999), quien usó una figura fractal, la llamada curva de dragón, para crear complejas relaciones interior-exterior, cerrado-abierto; o en el *Estudio de Joe Price* de Bartlesville (Figura 142) de Bruce Goff (1904-1982), quien utilizó un triángulo equilátero que lo repitió y giró en diferentes escalas.

La idea de representar los patrones fractales propios de la naturaleza en las producciones arquitectónicas se remonta a la arquitectura orgánica, que presenta similitudes con la idea de proporción armónica de la arquitectura clásica. Pero la arquitectura fundamentada en las nuevas teorías científicas vinculadas al paradigma de la complejidad empezó a surgir, según Lacasta Codorniu (2010), en la década de los años 60 y principios de los 70 del siglo XX. Charles Jencks (1995, como se citó en Lacasta Codorniu, 2010) fue uno de los arquitectos más destacados que estableció la primera línea argumental de la arquitectura en relación con las ideas procedentes de la ciencia de la complejidad, que constituyen, en su opinión, el corazón mismo de la Postmodernidad. Para argumentar dicha relación, Jencks lleva a cabo un enfrentamiento dialéctico entre la nueva visión postmoderna de un mundo complejo y la visión moderna de los siglos anteriores, caracterizada por ser determinista, mecanicista, reduccionista y materialista. Este enfrentamiento dialéctico con la modernidad provoca una contradicción entre parejas de opuestos (la simplicidad se contrapone a la complejidad, lo regular a lo irregular, el control a la espontaneidad, lo concreto a lo abstracto, el exterior a lo interior, la dualidad a la unidad...), una contradicción que lleva hacia un nuevo lenguaje arquitectónico basado en el recurso comunicativo de la metáfora. El papel de esa contradicción será fundamental en el desarrollo de la teoría de la arquitectura de la complejidad por parte de Venturi y Eisenman, autores que tomaron como referencia los trabajos de Le Corbusier y que alzaron sus críticas contra el sustrato determinista y reduccionista de la arquitectura moderna.

El arquitecto estadounidense Robert Venturi (1972, como se citó en Lacasta Codorniu, 2010), considerado como el padre de la complejidad en la arquitectura, entiende la naturaleza contradictoria como una nueva realidad derivada de la idea de complejidad, aunque prefiere referirse a “niveles contradictorios” capaces de admitir la paradoja de las partes y de estas con el todo. Para transmitir convenientemente esa idea, Venturi se remite a conceptos pertenecientes a la psicología de la Gestalt, llegando a la conclusión de que las contradicciones nacen de una irregularidad provocada por una ruptura de un orden regular inherente. A esta contradicción Venturi la llama “contradicción adaptada”, una forma flexible de contradicción que se contrapone a la “contradicción yuxtapuesta”, una contradicción inflexible, de violentos contraste. La idea de Venturi es que una arquitectura de la complejidad debe adaptarse al entorno o el contexto para que exista una coherencia del conjunto.

Si Jencks se considera el mayor divulgador de la complejidad en la arquitectura, el arquitecto Peter Eisenman (n. 1932) será considerado el que mejor aúna las teorías de la complejidad con la producción arquitectónica. Para este fin, propone una teoría de la arquitectura como un sistema abierto sujeto a un continuo proceso de evolución, en cuanto a la aplicación

de nuevos principios teóricos. Con ello, se opone a las tradicionales teorías de final cerrado del siglo anterior. Como cualquier teoría de la arquitectura es susceptible de evolucionar y ser completada una y otra vez, la construcción teórica de Eisenman lleva implícita una lógica entre lo abstracto y lo concreto, lo genérico y lo específico, lo absoluto y lo relativo, abriéndose así a la incertidumbre de la lógica borrosa, y marcando el inicio de la complejidad en la arquitectura. Con el propósito de superar la contradicción entre lo absoluto y lo relativo, Eisenman cree encontrar una solución conceptual en la idea de lo “absoluto relativizado”, es decir, un absoluto en constante cambio, pero necesario para otorgar coherencia al todo. Dicho pensamiento entronca con la idea de contradicción de Venturi. En este sentido, los planteamientos de Eisenman y Venturi son similares, aunque se puede decir que son la cara y el envés de la idea de complejidad contemporánea (Lacasta Codorniu, 2010).

A finales de los años 80, y sobre todo a principios de los 90, la ciencia de la complejidad se introdujo de lleno en los diseños arquitectónicos gracias a la aparición y socialización de los ordenadores, que hicieron posible la recreación de formas muy complejas. Esta arquitectura de la complejidad retoma las analogías con la naturaleza que ya se usaron en otras épocas pasadas, como hizo la arquitectura clásica y la organicista. Los planteamientos de Eisenman coincidieron con el despunte de las nuevas tecnologías digitales que, según él, suponían un importante agente de cambio para superar la visión del espacio homogéneo enclavada en el paradigma reduccionista del hombre moderno, y que contraponen al concepto espacial de pliegue del matemático René Thom y del filósofo Gilles Deleuze. René Thom (1923-2002) presenta la evolución global de un sistema como un espacio continuo separado por una serie de rupturas, saltos o discontinuidades (a estas discontinuidades se los denomina “puntos catastróficos”), indescriptibles de manera exacta por el cálculo diferencial de la física mecanicista. Entre esas discontinuidades, se forma un tipo de catástrofe llamado pliegue, que es una representación topológica que explica la transición de dos estados diferentes. En cuanto a Gilles Deleuze (1925-1995), analizó el pliegue desde la filosofía de Leibniz, llegándolo a asociar con el arte barroco, pues piensa que las mónadas leibnizianas se corresponden con ciertas “celdillas” que son predominantes en el Barroco. En su opinión, el arte barroco divide el mundo en pliegues que siguen dos direcciones infinitas, como si tuviera dos “pisos” que hacen alusión a una jerarquía: un pliegue inferior, referente a la realidad material, y otro superior, referente a la espiritual, que, a su juicio, se relacionan con la exterioridad de la materia y la interioridad de la mónada. Ambos pliegues se conforman en torno a un punto de inflexión, una singularidad que explica el tránsito entre las dos realidades. Ese punto es entendido en la filosofía deleuziana como un punto de vista, o perspectiva, que nos permite ver la totali-

dad de las cosas. Por lo tanto, no son realidades separadas, sino que forman parte de un solo y mismo pliegue que está dentro de otros pliegues, y así sucesivamente, manteniendo una continuidad sin límites que implica la existencia de un orden jerárquico que nos hace recordar a los objetos fractales, que oscilan entre el desorden y el orden (Ayala, 2005).

La idea genérica de pliegue en la arquitectura compleja, junto con el desarrollo de potentes programas informáticos, a dado lugar a lo que se ha denominado “arquitectura fractal”. La arquitectura fractal introduce conceptos científicos provenientes de la ciencia de la complejidad, como la teoría del caos, la autosimilitud, la auto-organización, las matemáticas no-lineales, etc. Se trata, pues, de una arquitectura no reduccionista que propicia las relaciones de simetría entre el interior y el exterior, el azar y el determinismo, la naturaleza y el artificio, y, por consiguiente, que está en sintonía con las respuestas fisiológicas de nuestra percepción y nuestro cerebro. Entre las obras arquitectónicas fractales más reconocidas está el proyecto *Eleven house* de Peter Eisenman, la *Escuela judía Heinz-Galinsky* de Berlín (Figura 143) de Zvi Hecker, la ampliación del *Museo Albert y Victoria* de Londres y el *Museo judío* de Berlín (Figura 144) de Daniel Liebeskind, el *Edificio Fred and Ginger* de Praga (Figura 145) de Vlado Milunić, el *Museo Guggenheim* de Bilbao y el *Centro Neue Zollhof* de Dusseldörff de Frank O. Gehry, el *Museo Nacional de Arte del Siglo XXI* de Roma (Figura 146) de Zaha Hadid, la *Torre Agbar* de Barcelona (Figura 147) de Jean Nouvel, el *Aulario de la Universidad de Vigo* (Figura 148) de Enric Miralles, basado en la repetición y agrupamientos de partes en varias escalas, el *Edificio Tod's* (Figura 149) de Toyo Ito, etc.

De modo similar a la arquitectura fractal, la arquitectura biofílica busca la sinergia del hombre con la naturaleza incorporando elementos naturales en los exteriores e interiores de los edificios, con el propósito de crear entornos saludables que ayuden a reducir el nivel de estrés o la fatiga mental, ya que las investigaciones han demostrado que el cerebro humano se siente más relajado cuando está rodeado por paisajes naturales. No obstante, la práctica de incorporar paisajes naturales en las ciudades resulta a veces imposible dada la alta densidad de construcción. Como el concepto de geometría fractal se basa en algunas respuestas biofílicas, se cree que sería más factible introducir los patrones y las formas características de la naturaleza en los diseños arquitectónicos. En este sentido, la arquitectura fractal podría ser otra alternativa a la hora contribuir al bienestar de nuestra mente, debido más que nada a que las estructuras fractales de la naturaleza están sintonizadas con nuestras respuestas perceptivas y cerebrales. Pero algunos autores piensan que dicha arquitectura debería tener unas dimensiones fractales específicas, preferentemente de rango medio, puesto que los niveles in-

termedios de complejidad pueden resultar favorables a la hora de reducir el estrés de aquellas personas que viven en edificios privados de elementos naturales (Taylor, 2006).

17.2.2. Arte Fractal. Las características recursivas de los fractales siguen los mismos principios de proporcionalidad que formularon artistas como Seurat, Juan Gris o Severini, porque la división de un segmento en proporción áurea es un proceso que puede repetirse indefinidamente. Este proceso iterativo aparece por doquier en la naturaleza, y también hace acto de presencia en el arte. Los dos movimientos de las primeras vanguardias que más relación tienen con la recursividad son el Cubismo y el Surrealismo, quizá porque se adentraron en los descubrimientos de la investigación científica de su época, aunque todavía no se conocía el concepto matemático "fractal".

En su afán de sustituir las tres dimensiones de la geometría euclidiana por una geometría no-euclidiana que incluyera el tiempo como cuarta dimensión, los artistas cubistas se refirieron a una geometría multidimensional subyacente a la realidad tridimensional, que Bohm equiparó con el proceso de plegado y desplegado del orden implícito. Con esta idea en mente, los cubistas intentaron fragmentar los diferentes puntos de vista de una imagen para sintetizarlos en una visión total mediante estructuras racionalistas y esquematizadas. Por ejemplo, los rostros los representaban simultáneamente tanto de frente como de perfil, y la figura se concebía igualmente como un elemento intercambiable con el fondo. A partir del Cubismo, se desarrolló el Cubismo Órfico (Orfismo), movimiento francés que se inició a partir de las obras expuestas en la "Section d'Or", donde prima la libertad frente al cubismo más racionalizado. El pintor y artista gráfico checo Frantisek Kupka (1871-1957) perteneció al Orfismo. Kupka vio en la abstracción la forma más idónea de expresar el concepto de interconexión o correspondencia que se ocultaba tras las cosas. Para crear esa visión holística, se interesó por la representación del dinamismo mediante un código pictórico abstracto basado en el lenguaje musical, que relacionó con campos opuestos del conocimiento científico y filosófico. Esta síntesis hace que su obra se desarrolle a partir de formas y colores que se reiteran en varios niveles autosemejantes, como vía de representación analógica entre el microcosmos y el macrocosmos, tal y como se refleja, por ejemplo, en el cuadro *Hindu Motif* (Figura 150).

Partiendo de la unión del Cubismo y la escuela teosófica de Blavatsky, cuya pretensión residía en la integración de la ciencia, la filosofía y la religión, el pintor Piet Mondrian (1872-1944) dio origen al Neoplasticismo, un movimiento artístico basado en la idea de que las formas podían representarse de manera abstracta mediante las líneas horizontales y verticales, los colores primarios, el blanco, el negro y el gris. Con ello, Mondrian pretendía desve-

lar la armonía universal de las cosas individuales. De hecho, las líneas negras de sus pinturas, verticales y horizontales, estaban basadas en el valor simbólico de la perfecta armonía, como síntesis entre lo externo y lo interno, entre la materia y la energía (espíritu). Para reflejar esa armonía, Mondrian hizo uso de las formas fractales al estructurar muchas de sus pinturas abstractas conforme a las reglas de la proporción áurea. Por ejemplo, en su obra *Composition with Gray and Light Brown* (Figura 151) combina rectángulos áureos y cuadrados.

En cuanto al Surrealismo, se alzaría como un movimiento alternativo al contrasentido de la corriente dadaísta a través de la exploración del inconsciente y el estudio de los sueños. Mediante la improvisación automática, sus integrantes pretendían impulsar la unidad de los principios reales e irreal, racionales e intuitivos de la mente humana. Dentro de ese concepto unitario, el pintor surrealista Salvador Dalí utilizó estructuras fractales que se repiten en todos los niveles de la obra. Por ejemplo, en *El rostro de la guerra* (Figura 152) aparece una cara cuyos ojos y boca contienen otras caras. Pero la contribución más importante de Dalí en el terreno de la fractalidad fue su método paranoico-crítico, que expresa la dicotomía blando-duro manifestada en algunas de sus obras, como *Persistencia de la memoria* (Figura 153), donde se representan los elementos espaciales como duros, y los temporales, en particular los relojes, como figuras blandas. Otro gran surrealista que representa estructuras fractales en sus obras es Max Ernst (1891-1976). En ellas hace concordar formas abstractas y realistas en relación con la naturaleza, las cuales se repiten recursivamente gracias al empleo de técnicas como la decalcomanía, el frottage y el grattage, técnicas que inventó él mismo. Una de las obras más características que refleja este estilo fractal de Ernst es *Árbol solitario y árboles coyugales* (Figura 154). Asimismo, las pinturas del surrealista Óscar Domínguez (1906-1957) evocan a menudo fractales gracias al uso de la técnica de la decalcomanía (García Muriel, 2014).

Dentro de las segundas vanguardias, podemos hablar de la fractalidad en la actividad artística del artista Victor Vasarely (1908-1997) o Jackson Pollock (1912-1956), uno desde la abstracción geométrica (Figura 155) y otro desde la abstracción lírica (Figura 156), dos polos del arte abstracto vinculados con las dos grandes actitudes en el arte, la actitud racional y la actitud emocional, que están en relación con la física clásica y la física cuántica. La abstracción geométrica se basa en la utilización de formas que siguen leyes matemático-geométricas para crear composiciones abstractas. Ello hace que se establezca una identidad entre arte y ciencia. Como ya se dijo anteriormente (Troyán, 2015a), las vanguardias como el Constructivismo y, en parte, el Cubismo y el Futurismo, dieron lugar a la actitud racionalista de la abstracción geométrica, cuyos precursores más importantes fueron Mondrian y Malevich. Frente

a las tendencias de la abstracción geométrica, más objetivas y racionales, la abstracción lírica es más libre y creativa en el uso de la forma y el color, pues exalta la actitud emocional del artista a la hora de expresar sus sentimientos e intuiciones. Para ello, se apoya en las experiencias del Expresionismo y en las técnicas de improvisación automática del Dadaísmo y el Surrealismo, que calaron en artistas como Kandinsky y Paul Klee, los mayores representantes de la abstracción lírica. Cabe destacar que Vasarely se interesó especialmente por el arte geométrico de Mondrian y Malevich. En sus obras utilizó módulos y redes modulares que se repiten con variaciones y deformaciones, lo que se asemeja a algunas de las características de la geometría fractal. Por otro lado, Jackson Pollock se inspiró en la libertad artística de la improvisación de Kandinsky. En sus cuadros representó una maraña interconectada mediante un vertido de pintura que parece mostrar formas fractales (Taylor, Micolich & Jonas, 1999), si bien de manera más expresiva, convirtiéndose en el principal representante del expresionismo abstracto. Mientras que las formas repetitivas de Vasarely se describen como geométricas, las de Pollock son orgánicas. En este sentido, existen algunas similitudes entre el trabajo de Vasarely y el concepto de geometría fractal, así como entre el trabajo de Pollock y el concepto de campo holográfico que todo lo interconecta. La obra de Vasarely se hallaría dentro de la concepción wölffliana de “lo lineal”, mientras que Pollock quedaría relacionado con “lo pictórico”. El primero aparece menos intuitivo y súbito, el segundo menos racional y estático (Troyán, 2015a).

El Op Art o Arte Óptico, cuyo máximo representante fue Vasarely, es una corriente artística abstracta que surgió a partir de los suprematistas, cuyas aportaciones son fundamentales en los planteamientos teóricos de los constructivistas rusos, la Bauhaus y De Stijl. Los artistas ópticos utilizaron en sus obras formas simples que se repiten con un orden donde se contraponen espacios positivos y negativos, así como colores complementarios (un color primario que no participa de la mezcla del opuesto secundario). Esto crea tensiones visuales que dan la sensación de movimiento. El matemático y artista gráfico holandés Maurits Cornelis Escher (1898-1972) se suele clasificar dentro de Op Art. Escher fue uno de los primeros artistas que trabajaron con las propiedades recursivas de la geometría fractal, y para ello se inspiró en el estilo de los mosaicos geométricos de la decoración de la cultura árabe. Su obra representa universos imposibles contenidos en otros universos que a su vez albergan otros, dentro de unas transformaciones modulares que juegan con los conceptos espaciales de figura y fondo, que son formas ambiguas que van cambiando progresivamente de un estado a otro, y que se relacionan con otros términos opuestos, como lo finito y lo infinito, el negro y el blanco o la ambigüedad. Muchas obras suyas sintetizan a la perfección los órdenes de realidad de

la teoría de David Bohm y el concepto de fractal de Mandelbrot, en una época en la que aún no había sido acuñado el término. Un ejemplo de ello lo tenemos en la obra *Día y noche* (Figura 157), que muestra un paisaje simétrico de cultivos, uno durante el día y otro en la noche, que se van transformando en bandadas de aves blancas y negras que vuelan en patrones opuestos.

El arte psicodélico es una corriente artística surgida en los años sesenta del siglo XX que se inspiró en los patrones repetitivos, fractales, del Op Art, aunque, a diferencia de este, usa formas y colores muy vibrantes y llamativos. El interés por las experiencias místicas, la evolución de la conciencia o la psicología transpersonal es el fundamento de la obra de muchos artistas psicodélicos. Un ejemplo de artista psicodélico es Scott Miller (1955-2008), quien en su evolución creativa fusiona misticismo, arte y ciencia para plasmar en sus cuadros una estética trascendental que emerge del plano de la realidad concreta, como se aprecia en su obra *Thermodynamic horizon* (Figura 158).

En la actualidad, el número de artistas que incorporan elementos fractales en sus obras es muy amplio, tanto de forma directa como por medio de ordenadores. La capacidad de generar formas fractales directamente entra dentro del llamado “expresionismo fractal”, un término introducido por Taylor, Micolich y Jonas (1999) para referirse al estilo lírico de Pollock. Entre los pintores plásticos que han centrado su estilo en la expresión directa de las formas fractales destacan Jean-Paul Agosti (Figura 159), Edward Berko (Figura 160), Carlos Ginzburg (Figura 161), Jim Long (Figura 162), Larry Poons (Figura 163), Nabil Nathas (Figura 164), Yehrin Tong (Figura 165), Yuma Díaz (Figura 166), Verónica Navarro o Yayoi Kusama. Adicionalmente, otros artistas contemporáneos han creado imágenes fractales a partir de algoritmos recursivos generados mediante ordenador, lo que hace que estén en deuda con los pioneros de la abstracción geométrica. Entre los artistas fractales más destacados que usan este tipo de imágenes digitales cabe mencionar a Kerry Mitchell (Figura 167), Robert Williams, Juan Carlos Guarneros (Figura 168), Mark Townsend (Figura 169), Janet Parke (Figura 170), Scott Draves (Figura 171), William Latham (Figura 172), Gregory Sams (Figura 173), Michel Field (Figura 174), Andy Gilmore (Figura 175), Linda Allison (Figura 176), Damien Jones (Figura 177), Sylvie Gallet (Figura 178), Klaus-Peter Kubik (Figura 179), Daniel Kuzmenka (Figura 180), Earl Hinrichs (Figura 181), Javier Barrallo (Figura 182), Krzysztof Marczak (Figura 183), David Makin (Figura 184), Garth Thornton (Figura 185), Daniel White (Figura 186), Mark Napier (Figura 187), entre otros muchos.

En comparación con la pintura, la escultura fractal es bastante escasa. Esto se debe a que los fractales son difíciles de reproducir manualmente en tres dimensiones. La generación

de fractales a menudo requiere cálculos complejos que son más fáciles de lograr por medio de un software de modelado asistido por ordenador. Entre los escultores que usan fractales encontramos a artistas como Michael Hansmeyer (Figura 188), Sachiko Kodama (Figura 189), Ya Shin (Figura 190), Jotero (Figura 191), Tom Beddard (Figura 192), Sonja Vordermaier (Figura 193), Richard Sweeney (Figura 194), Matthew Ritchie (Figura 195), Jeannine Mosley (Figura 196), y un larguísimo etcétera. Bajo estilos muy diferentes, todos ellos experimentan con las formas complejas, la autosimilitud, la relación entre el desorden y el orden o entre el macrocosmos y el microcosmos.

Además del arte fractal, existen otros recursos fractales que se utilizan como expresión artística. Estos incluyen el efecto Droste y el mosaico de fotos. El efecto Droste (Figura 197) es un tipo específico de imagen recursiva que comparte las cualidades de la geometría fractal. Consiste en una técnica visual que se utiliza en la creación de una imagen donde se incluyen versiones de menor tamaño de sí misma de manera recurrente. El efecto Droste fue muy explotado durante la época de los '30 y '40 del siglo XX, especialmente en el ámbito publicitario, además de haber sido uno de los fuertes del excelente artista holandés Escher.

De la misma forma, puede apreciarse el concepto de geometría fractal en el mosaico de fotos (Figura 198), también conocido como fotomosaico. El fotomosaico es un recurso fotográfico que consiste en crear un conjunto de fotos pequeñas o fragmentos de imágenes ordenadas de tal forma que crean una imagen más grande. Esta técnica se puede lograr a través de diversos programas de edición de imágenes o bien físicamente, pegando fragmentos de papel o tela sobre una superficie.

17.3. Estética Cuántica

La Estética Holofractal se inspira asimismo en las ideas de la física cuántica, sobre todo en lo que respecta al concepto de complementariedad e interconectividad. Se puede decir que la física cuántica ha modificado nuestra percepción de la realidad, y, por consiguiente, nuestra forma de hacer arte y literatura. Es por ello que la producción artística contemporánea asume vinculaciones con los conceptos filosóficos de la nueva visión científica de la Postmodernidad, como la no linealidad, la incertidumbre o la complementariedad.

La estética cuántica es un movimiento cultural que deriva de las investigaciones de la física cuántica y del paradigma holográfico del universo, a las que se unen las teorías del principio de borrosidad, aquellas cuya lógica analiza la información del mundo en una escala comprendida entre lo verdadero y lo falso, y el pensamiento complejo de Edgar Morin. Fue concretada a finales de los años 90 cuando el escritor español Morales Villena (1998) propu-

so este tipo de estética en su ensayo-manifiesto *El cadáver de Balzac: Una visión cuántica de la literatura y el arte*. En él justifica el paso de la ciencia a la estética a través de los estudios del psicólogo Jung, que llevó al ámbito de la psicología las teorías de la física cuántica, demostrando la unión entre mente y materia bajo el concepto de sincronicidad. Posteriormente surgió un Grupo de Estética Cuántica (2008), al que el Xaverio se adhiere en febrero de 1999. Junto a Gregorio Morales, Xaverio redacta un *Manifiesto de Estética Cuántica*, que firmarán representantes de una diversidad de disciplinas artísticas, entre ellos artistas plásticos y escritores de todo el mundo. En el manifiesto se dice que la estética cuántica significa asumir la creatividad, tanto artística como literaria, como un hecho ligado a los más avanzados descubrimientos de la física subatómica y la psicología correspondiente. Así las cosas, las manifestaciones artísticas se convierten en un instrumento de conocimiento para indagar de manera esclarecedora en el universo que nos rodea y, fundamentalmente, en la complejidad humana.

Los integrantes del Grupo de Estética Cuántica defienden la realidad subjetiva que los experimentos de la física cuántica proponen, frente a la realidad objetiva, fundamento del realismo y del dualismo de la ciencia positivista; el principio de incertidumbre y la complementariedad onda/partícula de la física cuántica, frente a la lógica binaria de la física clásica; la libertad y la liberación del individuo, frente al dogmatismo y la opresión social; y la no separatividad de los niveles de realidad y sus partes constituyentes, frente a la separación de dichos niveles y partes (Caro, 2000). Entre los presupuestos de la nueva estética están los siguientes:

- 1.º) La devolución al hombre y a la mujer del papel de imaginadores activos del universo.
- 2.º) La certeza de que el ser humano es el creador de su realidad.
- 3.º) La síntesis de los opuestos en una totalidad integradora.
- 4.º) La consideración de materia y conciencia como dos variedades de un magma común y que pueden influirse recíprocamente, produciendo, entre otros efectos, las llamadas “sincronías” o casualidades significativas, así como la hipótesis de que la materia pueda ser inteligente (“El universo está constituido de materia mental”, Eddington).
- 5.º) El hincapié en que la tarea de toda vida es la “individuación”, es decir, el emerger en la persona de su propia singularidad. Toda persona individuada contribuye decisivamente al servicio de la comunidad, por lo que “individuación” se opone radicalmente a “individualismo” o “egoísmo”.
- 6.º) La consciencia de que todo arte y todo escrito deben tener una esencia holográfica, en correspondencia con el universo, donde la más ínfima parte contiene el todo.
- 7.º) La capacidad de penetrar en los “campos morfogenéticos” (Sheldrake) y “registros akásicos” donde está almacenada la información de la humanidad y del

universo. 8.º) La apuesta por la civilización y la conciencia surgidas de la integración de la naturaleza y del inconsciente. 9.º) La visión del cosmos como un fluido compacto donde, siguiendo la teoría de la “no-separabilidad”, todo está interrelacionado. 10.º) La superación de la teoría positivista de la relatividad al tener en cuenta que existe una velocidad superior a la de la luz -al menos, en la polarización de partículas subatómicas- (Boigandreau, 2008).

17.3.1. Arquitectura Cuántica. La arquitectura fractal está estrechamente relacionada con el estudio de la complejidad, al igual que con del pensamiento complejo. Aplica los patrones fractales de la naturaleza a sus diseños, lo que puede mejorar la fluidez fractal y reducir el estrés de sus habitantes, como demuestran los estudios de Richard Taylor (Taylor & Spehar, 2016). Pero la incorporación de diseños fractales en la arquitectura no pone de manifiesto el entorno construido como elemento armonizador del campo electromagnético, algo que sí hace la arquitectura biológica, un tipo de arquitectura fractal propuesta por Dan Winter (como se citó en Álvarez Ponce de León, 2007) que se inspira en la geometría sustentable de la naturaleza, la cual hace uso de las leyes sistémicas del universo como fuente de vida a nivel subyacente. La finalidad de la arquitectura biológica es diseñar espacios fractales que ayuden a crear campos con ondas coherentes, es decir, que no interfieran destructivamente, con el propósito de dotar de trascendencia a sus construcciones. En teoría, esto permitiría atraer mayor fuerza vital hacia el punto de implosión del campo biológico en aras de promover la integración armónica de sus niveles. Para ello, Winter se basa en una lista de materiales con diferentes niveles de fractalidad. Cuanto mayores sean esos niveles mayor será la coherencia del campo electromagnético para aportar energía vital a los espacios y contribuir al bienestar, paz y equilibrio de quien los habitan.

Una idea es una imagen interior que se materializa en la realidad como obra. Por tanto, en el proceso creador los procesos ideales y materiales se imbrican. Para el arquitecto chileno Andrés Weil (Arquitectura Cuántica, s.f.), la fenomenología arquitectónica opera según un principio dual idea/materia análogo a la dualidad onda/partícula de la física cuántica. Esta reflexión sentará las bases de la arquitectura cuántica o *arquiqubits*, un estilo arquitectónico que emula los principios cuánticos de la física para crear espacios habitables coherentes, esto es, en armonía con la naturaleza y, en general, con el universo, y sus consecuentes implicaciones ecológicas, de forma similar a los planteamientos de la arquitectura biológica. Para ello, Weil se basa en el concepto de información cuántica o cúbit de la tecnología digital, la

unidad básica desde la que emergen la materia y la energía, así como en la sección áurea descubierta por los pitagóricos, y después usada por Fidias. Con todo, la Arquitectura Cuántica invoca a una simbología arquetípica que fundamenta la evolución de la conciencia como proceso noosférico.

Entre los arquitectos con tendencia hacia la arquitectura cuántica encontramos al costarricense Ibo Bonilla, que la define como “el entorno espacial donde los espacios se caracterizan por medición relativa, superposición, referencias repartidas, incertidumbre posicional, entrelazamiento, presencia global e inmediatez con entes y objetos considerados paquetes de información” (Bonilla, 2015). Una de sus obras más característica de esta tendencia es el edificio de las *Oficinas Telecom* (Figura 199). Otros arquitectos independientes que han mostrado una fuerte orientación a la arquitectura cuántica son: Bernard Tschumi, Shusaku Arakawa, Madeline Gins, Frank Gehry, David Archilla y Sergio Pons. Shusaku Arakawa y Madeline Gins lideran un grupo de arquitectos y profesionales que integran la Fundación Reversible Destiny, y que tienen como objetivo prolongar la vida de sus habitantes a través de entornos enriquecidos que estimulen la mente y el cuerpo.

17.3.2. Arte Cuántico. El arte cuántico usa como fuente de inspiración las propiedades descritas por las teorías de la física de partículas: el vacío, la aleatoriedad y la indeterminación, la dualidad onda/partícula, la superposición de estados, el entrelazamiento cuántico, la coherencia, la interacción entre el observador y lo observado, lo arquetípico, etc., para crear una nueva visión estética. Las investigaciones realizadas a pequeña escala indican que las propiedades cuánticas de las partículas gravitan en torno a unas leyes de naturaleza recursiva que están en relación con phi. Debido a ellas, todo es concebido como un conjunto holístico en donde las partes están conectadas entre sí. Esta conexión sería el fundamento filosófico que caracteriza al espíritu místico. Dado que las teorías de la física cuántica poseen aspectos coincidentes con las filosofías holísticas de Oriente y Occidente, el arte cuántico tiene un trasfondo espiritual donde entra en juego la reconciliación de los opuestos, una preocupación que es posible encontrarla a lo largo de toda la historia del arte, y que apela a la armonía interna del ser humano.

De acuerdo con Gregorio Morales, una característica de los artistas cuánticos es que centran su obra en aquello que no puede verse con los sentidos externos, en el orden implícito, y para ello se sirven de una metalógica simbólica, en donde las imágenes arquetípicas del inconsciente colectivo juegan un papel muy importante. Asimismo, los artistas cuánticos entienden la belleza como una síntesis entre la sombra y la luz, lo feo y lo bello, lo amorfo y lo

armonioso (Morales, 2002). Algunos pintores cuánticos pertenecen al Grupo de Estética Cuántica, como Antonio Arellanes (Figura 200), María Caro, Andrés Monteagudo, Agustín Ruiz de Amodóvar, Joan Nicolau, Scott Murray, Mikael Fagerlund, K.C. Tebbutt, Xaverio, François Camus,... No obstante, otros pintores se han adentrado en los vínculos existentes entre la física cuántica y el arte de forma independiente, como es el caso de Luis Alfredo Medina Roldán (Figura 201), Nathan Poveda (Figura 202), Richard Sturgeon (Figura 203), Jo Milne (Figura 204), Dan Kofler (Figura 205), Elena Scaratti (Figura 206), Jérôme Royer (Figura 207), Chia Duque, Pedro Paiva, Mirta Cidra (Figura 208), Izkuan (Figura 209), etc. Por lo general, sus pinturas son expresión de las emociones, por lo que establecen una relación con la abstracción lírica.

Otro ejemplo de unión entre la física cuántica y el arte se encuentra en la escultura cuántica. Dentro de esta modalidad artística, merece mención especial el físico experimental y artista Julian Voss-Andreae, que ha mostrado la dualidad onda/partícula en sus piezas. Una de sus obras más conocidas se titula *Quantum Man* (Figura 210), una escultura que aparece y desaparece dependiendo del ángulo de visión del observador. Bajo la misma temática destaca el escultor alemán Anthony Gormley, cuyas obras evocan problemas de la física cuántica con respecto a la materia y la energía, cuestionando si es el cuerpo el que produce el campo o el campo el que produce el cuerpo. Su más famosa obra es *Quantum Cloud* (Figura 211), una pieza elíptica visualmente aleatoria que fue diseñada usando un algoritmo de crecimiento fractal. El concepto detrás de la escultura es poner en entredicho la relación del hombre con la naturaleza y el cosmos.

Por otro lado, y dentro del ámbito de las instalaciones, destacan otros artistas cuánticos que se han acercado al análisis del entrelazamiento como fuente de inspiración, como la artista e investigadora Libby Heaney (como se citó en Sarriugarte Gómez, 2019), que aplica la computación cuántica en sus instalaciones interactivas. Por ejemplo, *God's Dice* (Figura 212) es una instalación con un componente digital en el que los participantes pueden rotar un octaedro mientras cambia la rotación de su copia digital en una pantalla. Como menciona la artista, esta obra representa el fenómeno de entrelazamiento entre lo digital y lo físico, entre el objeto y el sujeto, y entre naturaleza y cultura. Otro artista que plantea conceptos básicos del entrelazamiento cuántico es el ruso Dmitry Kawarga. En la instalación titulada *Object-antiobject. Superposition* (Figura 213), presenta el concepto a partir de una red cerrada compuesta por dos robots que interactúan de forma sincronizada. Uno de ellos está articulado mediante formas geométricas, mientras que el otro se muestra como una forma amorfa (Sarriugarte Gómez, 2019).

El proceso creativo del científico y del artista tiene muchos puntos en común, puesto que los mecanismos integrantes de ambos incluyen tanto la fase intuitiva como la racional. Ello ha fomentado la creación de un ambiente de colaboración entre las ciencias y las artes para generar nuevas ideas. Dentro de este marco, cabe resaltar la exposición “Cuántica”, un proyecto integrado por científicos y artistas que tuvo lugar en el Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona (CCCB). En esta exposición se plantearon cuestiones relacionadas con la teoría de la física cuántica, incluyendo un diálogo entre ciencia y arte, a través de diez proyectos artísticos. El británico James Bridle fue uno de los artistas que participaron en la exposición. A través de su obra *A State of Sin* (Figura 214), el artista reflexiona sobre el concepto de aleatoriedad como forma de preservar la diversidad, la originalidad y la creatividad en un mundo cada vez más racionalizado.

Parte IV

La Estética Holofractal como Propuesta Artística y Proyecto Expositivo

Como hemos tenido ocasión de analizar, la Estética Holofractal tiene sus antecedentes históricos en el concepto de división de formas geométricas, las proporciones que se establecen entre ellas y las dualidades implicadas, por tanto, se entiende que es un proceso lógico y evolutivo de algo que ya existía. No obstante, la Estética Holofractal se sirve de un código nuevo de expresión amparado en las formulaciones filosóficas de la complejidad. Desde esta perspectiva, el universo se entiende como un todo holístico y fractal, esto es, como un conjunto de patrones que se repiten a diferentes escalas y que forman una red de relaciones interconectadas. Para ayudar a entender los presupuestos teóricos de la Estética Holofractal, en el siguiente apartado se toma como punto de partida unas reseñas en torno a las características duales del color y la forma en el lenguaje visual. Luego, se analizan algunas construcciones de figuras geométricas en las cuales está presente la proporción áurea, como la sección áurea de un segmento, el ángulo áureo, el triángulo áureo, el rectángulo áureo, el pentágono regular, o el pentagrama, que nos servirán de referencia a la hora de armonizar las dualidades cromáticas.

18. El Valor Representativo y Simbólico del Lenguaje Visual

El ser humano codifica la información mediante signos, que son unidades básicas de representación. Los signos pueden ser de diferentes tipos y pueden usarse en diferentes contextos. En términos semióticos, un signo contiene en su seno una dualidad básica, porque consta de dos componente íntimamente relacionados: un componente sensible, el significante, que es la forma física o material del signo; y otro no sensible, el significado, que es el concepto o idea que el signo representa. Esta relación constituye el signo, que representa a un objeto real o imaginado. La semiótica de Peirce parte de la idea de que un signo no solo tiene dos componentes (el significante y el significado), sino que también incluye un elemento mediador, el interpretante, que es el receptor que interpreta el signo y lo conecta con el objeto al que se refiere. A través de los signos se desarrolla el lenguaje, que puede tener dos sentidos principales, uno descriptivo, es decir, su función para representar ideas y cosas con la mayor objetividad posible; y otro emotivo, aquel cuya función es expresar emociones y sentimientos. Existen muchos tipos de lenguajes, pero una clasificación básica es la que distingue entre

lenguaje visual y verbal (oral o escrito), según sus signos se compongan de imágenes o de palabras. Nos interesa el lenguaje visual, que es un sistema de comunicación que se sirve de imágenes-signos para transmitir la información de un mensaje. El intercambio de la información del lenguaje visual se produce entre un emisor que crea la imagen y un receptor que la observa. En ese proceso es necesario un código que permita la comunicación efectiva entre el emisor y el receptor. El código visual es el conjunto de normas que pone en relación el significante y el significado para que el receptor interprete debidamente los mensajes visuales. En la imagen-signo, el significante es lo que aparece físicamente en la imagen, sus elementos gráfico-plásticos. Este término va siempre ligado al de significado, que se refiere al sentido que tiene una imagen. Por eso, el significante es igual para todas las personas, mientras que el significado evoca diferentes interpretaciones en cada individuo, dependiendo de sus factores personales y socioculturales.

Desde la perspectiva peirciana, el signo artístico es un signo especial que logra transmitir el equilibrio que se produce entre lo sensible y lo inteligible. Según Peirce, en el signo artístico se distinguen tres categorías combinadas entre sí: la primeridad, la segundidad y la terceridad. La primeridad contiene las posibilidades que el artista percibe mediante las cualidades de sentimiento que surgen espontáneamente. La segundidad permite que las cualidades de sentimiento del artista se actualicen en el mundo a través de una obra de arte. Y la terceridad es la capacidad que tiene el artista para captar la primeridad y hacerla inteligible por medio del signo artístico (Nubiola, 2018). Los signos del lenguaje visual son, pues, medios que desvelan la esencia misma que subyace bajo las cosas, ya que portan un conocimiento profundo que facilita el acceso de las ideas arquetípicas de la unidad (primeridad), la dualidad (segundidad) y los intermediarios equilibradores (terceridad) en todos sus niveles. Debido a que sus caudales de expresión son infinitos, como los fractales, comparten principios de semejanza que establecen un puente entre lo objetivo y lo subjetivo, entre lo material y lo espiritual, entre la realidad y el conocimiento, entre la forma y el contenido, entre el significante y el significado, lo que nos permite conectarnos con la totalidad y con la complejidad del mundo. Dichas relaciones, y todas sus fragmentaciones derivadas, son receptáculos de un lenguaje transdisciplinario que nos puede unir al universo, y ello constituye el contenido metafísico o espiritual del arte. Este contenido con significado reside en los valores simbólicos. Eso quiere decir que los elementos gráfico-plásticos del arte, como el color, la luz, la forma, la composición, etc., son símbolos portadores de verdades universales que van más allá del propio valor representativo de las imágenes, pues posibilitan que se haga visible la esencia de las cosas.

Los valores estéticos, sean positivos o negativos, se nos revelan a través del lenguaje visual, que incluye signos con múltiples significados. Dentro de los valores estéticos se distinguen dos: el valor representativo y el valor simbólico, que están directamente relacionados con la dimensión icónica y simbólica del signo artístico. El valor representativo de las imágenes es aquel cuyos elementos conllevan factores sensoriales relacionados con la objetividad de los mismos. Y el valor simbólico es la intención comunicativa del autor y las ideas o emociones que despiertan en el observador. Por esta razón, el valor representativo de una imagen está disponible para todos los observadores, mientras que el valor simbólico solo para el sujeto, pero esa subjetividad se puede considerar como una manifestación de la realidad arquetípica del inconsciente colectivo. Como la forma de un objeto pertenece a los factores sensoriales de los valores representativos, y el contenido a los factores intelectuales de los valores simbólicos, la belleza de una obra se encuentra tanto en unos como en otros. De hecho, la belleza tiene que ver con la adecuada proporción de lo sensible y lo inteligible en un signo artístico (Peirce). En la Estética, esta dualidad se manifiesta en la teoría de la forma y en la teoría del contenido. La teoría de la forma sostiene que la belleza de una obra de arte depende de cómo están organizadas sus partes, mientras que la teoría del contenido mantiene que esa belleza depende de lo que significa para el espectador. Por ello, en la obra de arte no solo ha de cuidarse la forma, sino también el contenido. Ambos tipos de belleza, uno con peculiaridades externas y otro con características internas, serían necesarios a la hora de valorar una obra artística.

19. Elementos Cromáticos y Formales

La recursividad de los fractales es una característica propia de la naturaleza que puede aplicarse a la organización del lenguaje verbal. Nos permite, por ejemplo, relacionar estructuras simples para construir otras más complejas dentro de un sistema coherente. De una u otra forma, una obra artística puede entenderse como una estructura recursiva vinculada a la noción de sistema, porque entre sus elementos plásticos fundamentales encontramos una dualidad que se rompe en una cadena de dualidades asociadas: los elementos cromáticos (luz y color) y formales (punto, línea, plano, forma y textura). Esta fractalidad dual del lenguaje visual esconde significados simbólicos que tienen que ver con instancias del inconsciente colectivo.

En la pintura, los colores y las formas son elementos esenciales que se ciñen a la lógica binaria, pues la percepción del color va ligada esencialmente a una sensación subjetiva que produce una experiencia más directa y emocional; mientras que la percepción de la forma a

unas sensaciones relacionadas con la objetividad y los procesos racionales. En ciertos períodos de la Historia del Arte el color y la forma se han separado para cobrar importancia por sí mismos, pero al mismo tiempo se han unido en otras épocas artísticas. Por ejemplo, el color predominó en aquellas corrientes artísticas más sensitivas y pasionales, como el Barroco, el Romanticismo, el Fauvismo y el Expresionismo, en tanto que la forma en aquellos otros movimientos más intelectuales y fríos, como el Renacimiento, el Neoclasicismo o incluso el Cubismo. En este sentido, responden a experiencias independientes y complementarias que son reflejos de la unidualidad perceptiva y cognitiva del hombre. Esto nos muestra que el equilibrio de una obra siempre se consigue asociando los elementos cromáticos y formales por medio de la composición, de manera que ofrezca un conjunto armónico. Si ese equilibrio armónico se reitera en los diferentes niveles de la composición de una obra, entonces estamos ante una representación autosemejante que simula las leyes sistémicas de la naturaleza.

19.1. Aspectos Cromáticos

Dentro de los aspectos cromáticos que se utilizan en una obra se diferencian dos partes básicas relativas a la luz y al color (teoría de la luz y del color). La luz comporta la existencia de una doble naturaleza, ya que puede propagarse como ondas cuánticas y como partículas clásicas en constante movimiento. Y dado que la naturaleza de la luz constituye una unidad inseparable, el color también participa de esa dualidad indivisible. Esta vinculación claramente dual les confiere un valor con un significado simbólico de índole positivo o negativo, a través de cuyas características se pueden crear sensaciones visuales contrarias. Lo positivo hace alusión a la luz (aquello que se percibe como blanco), que se relaciona con ideas como el día, la vida y el bien; y lo negativo hace referencia a la falta de luz (aquello percibido como negro), que tiene que ver con ideas como la noche, la muerte y el mal. A lo largo de muchas épocas artísticas, ambos expresaron la dualidad del universo, tal como se verifica en las representaciones figurativas de carácter espiritual. A modo de ejemplo, en el arte medieval la luz representaba la divinidad, y esta representación simbólica se plasmaba en los fondos dorados de sus cuadros y en los colores de las vidrieras de sus catedrales.

19.1.1. La Luz. La luz es una forma de radiación que abarca un rango muy limitado del espectro electromagnético. Las radiaciones luminosas no son uniformes, sino heterogéneas, porque comprenden diferentes longitudes de ondas que se extienden a lo largo del espectro electromagnético. Dicho espectro está constituido por todos los niveles de energía de la luz, desde el extremo de las longitudes de ondas largas, cuyo límite se encuentra cercano a

la escala de Planck, al de las ondas cortas, que abarcan el tamaño del universo. El espectro electromagnético visible al ojo humano es un sector que va de 400 a 700 nanómetros. A este sector se le llama luz blanca, y está situado por debajo de las longitudes de ondas más cortas, como las radiaciones ultravioletas, y por encima de las más largas, como las radiaciones infrarrojas, ambas direcciones invisibles para el ojo humano, de ahí que configuren la denominada luz negra. El sector de la luz blanca o visible se descompone en distintas ondas con diferentes índices de refracción, con el violeta en el extremo inferior, el color que más se dispersa, con una longitud de onda de cerca de 400 nanómetros; y el rojo en el extremo superior, el color que menos se dispersa, con una longitud de onda de aproximadamente 700 nanómetros. Esta franja de ondas visibles tiene la propiedad de estimular las células fotorreceptoras de la retina de los ojos para crear la sensación luminosa en el cerebro, y, según se cree, parece encontrarse en la sección áurea del espectro electromagnético en su conjunto.

Los objetos iluminados transmiten imágenes que están en todas y cada una de las partes. Esta descripción de la luz como holograma aparece por primera vez en el cuaderno de notas de Leonardo da Vinci (como se citó en Hockney, 2001, p. 207) cuando se refiere al fenómeno de la cámara oscura. La cámara oscura es una herramienta óptica que consiste en una caja cerrada con un pequeño orificio frontal que permite proyectar sobre el lado opuesto una imagen invertida del exterior. Fue usada por algunos pintores del pasado para realizar sus obras (Hockney, 2001) y evolucionó hacia la cámara fotográfica. Cada ojo funciona como una pequeña cámara oscura, tal como advirtió Leonardo. La córnea es la lente fija del ojo que recibe las radiaciones luminosas del exterior. Estos rayos atraviesan la pupila, una membrana que actúa como un orificio que se abre o se cierra, dependiendo de la menor o mayor cantidad de luz. Después se dirigen al cristalino, una segunda lente que se adapta para enfocar objetos cercanos o lejanos. Finalmente, los rayos llegan a la retina y se proyectan como una imagen invertida. Gracias a las células fotorreceptoras de la retina, la luz se transforma en señales eléctricas que son enviadas al cerebro, donde las imágenes invertidas se revierten y se interpretan.

19.1.1.1. Luz Natural y Luz Artificial. La luz es una mezcla de radiaciones electromagnéticas que pueden provenir de muchas fuentes luminosas, pero para sintetizar se suelen dividir en dos tipos: la luz natural y la luz artificial. La luz solar se considera la principal fuente de luz natural, junto al fuego. La iluminación del Sol fluctúa de una estación a otra: en verano hay mayor iluminación porque los rayos solares inciden de manera perpendicular sobre la superficie terrestre, mientras que en invierno sus rayos caen de forma oblicua, lo que da

lugar a una menor iluminación. Al mismo tiempo, al encontrarse el Sol muy lejos de la Tierra, sus rayos se proyectan sobre las cosas de forma paralela, todo lo contrario a las luces artificiales, que al estar relativamente más cerca de los objetos, emiten sus rayos de forma cónica. Por contraposición, la luz artificial es aquella emitida por fuentes creadas por el ser humano, como lámparas, focos, etc. Comparada con la luz natural, que ilumina con gran intensidad las cosas, la luz artificial es menos intensa, aunque dicha intensidad puede aumentar o disminuir dependiendo de que la fuente luminosa se acerque o se aleje del objeto iluminado.

La intensidad de la luz es una medida de la cantidad de luz que se emite o refleja en una dirección determinada durante un intervalo dado de tiempo. La intensidad luminosa que emite una fuente natural o artificial puede ser absoluta o relativa. La intensidad absoluta se refiere a la cantidad total de luz que emite una fuente luminosa, mientras que la intensidad relativa es la cantidad de luz que llega a la superficie de un objeto, y puede variar debido a varios factores, como la distancia de la fuente luminosa, la reflexión o absorción de la luz por parte de la superficie de los objetos, etc. Según la forma en la que se produce esta emisión, la luz natural o artificial puede ser incandescente o luminiscente, cuyas diferencias radican en la constancia e interrupción de la emisión de luz. El fenómeno físico de incandescencia se debe a la energía que irradia un cuerpo muy caliente, como las lámparas incandescentes, que producen luz calentando un filamento de metal. La luminiscencia, por el contrario, es una emisión fría de luz, como las lámparas fluorescentes, que producen luz a través de la excitación de un gas a baja presión.

19.1.1.2. Fenómenos Físicos de la Luz. En la mayoría de los casos, cuando las radiaciones electromagnéticas de la luz encuentran un objeto se pueden producir tres fenómenos físicos: que las ondas luminosas reboten en la superficie de un objeto (reflexión), que lo atraviesen (refracción), o que sean absorbidas por el propio objeto (absorción). La reflexión es un fenómeno por el cual un rayo luminoso cambia de dirección al incidir sobre la superficie de un objeto. Puede darse en dos formas: especular o difusa. La reflexión especular sucede cuando la luz se refleja en una superficie lisa y plana, como un espejo. En este caso, todos los rayos de luz reflejados salen en la misma dirección, por lo que se produce una imagen clara del objeto reflejado. Por el contrario, la reflexión difusa ocurre cuando la luz llega a un objeto con una superficie más o menos rugosa o irregular. En este caso, todos los rayos de luz se reflejan en todas las direcciones, por tanto, no se produce una imagen definida del objeto reflejado. La reflexión va acompañada siempre de una refracción, que se produce cuando un rayo luminoso cambia la dirección de propagación al pasar de un medio a otro con diferente densidad. Ese cambio de dirección se calcula mediante el índice de refracción, que expresa la

relación entre el ángulo de refracción y el ángulo de incidencia. Cuando el rayo pasa de un medio poco denso a otro de mayor densidad, el ángulo de refracción es menor que el ángulo de incidencia. Y al contrario, cuando pasa de un medio de mayor densidad a otro menos denso, el ángulo de refracción es mayor que el ángulo de incidencia. Por último, la absorción es el fenómeno producido cuando la superficie de un objeto absorbe toda o parte de la radiación electromagnética de la luz, transformándose en energía calorífica. Puesto que absorbe todas las ondas luminosas la superficie de los objetos se calientan más. Los objetos negros tienen la propiedad de absorber la mayor parte de la luz que incide sobre ellos. Esta es la razón por la que los objetos negros acumulan más calor bajo el Sol que los objetos blancos, que absorben solo parte de la luz solar y, por ende, se calientan menos. Normalmente, los países de clima frío aprovechan estos efectos de absorción para calentar las casas al recubrirlas con materiales oscuros, un efecto que se evita en los países de clima cálido pintando las casas de blanco.

19.1.3. Luz y Volumen. Generalmente, los fenómenos físicos de la luz dependen del menor o mayor grado de opacidad del objeto sobre el cual inciden, que se refiere al grado en que ese objeto permite que la luz atraviese su superficie. Este grado de opacidad puede comprender tres grados, según el objeto sea transparente, traslúcido u opaco. Las ondas luminosas pueden pasar a través de los objetos transparentes y traslúcidos, pero no son capaces de atravesar los objetos que son opacos. Debido a que son incapaces de traspasarlos, estos objetos forman zonas con diferentes valores tonales, distinguiéndose básicamente dos: la zona de luz y la zona de sombra. En las zonas de luz se pueden distinguir fundamentalmente dos zonas: la zona de máxima claridad o de brillo, y la zona de valores intermedios, o de luz media, según reciban los rayos luminosos de forma perpendicular u oblicua, directa o indirectamente. Asimismo, las zonas de sombras pueden ser de sombra propia o arrojada, que se corresponden con la zona diametralmente opuesta a la dirección de la luz. La primera se produce en la superficie interna del objeto, siendo la zona de máxima oscuridad; mientras que la segunda es la proyectada por ese objeto sobre una superficie externa, y se aclara a medida que se aleja del objeto. Las dos sombras serán más o menos marcadas, dependiendo de que la iluminación sea dura o suave. Ambas se dejan penetrar por otras luces y sombras provenientes bien de superficies del mismo objeto, como ocurre con frecuencia, o bien de objetos o superficies próximas. La zona más clara de esas sombras se denomina penumbra y la más oscura umbra. En el caso de la luz indirecta, la penumbra ocupará la mayor parte de la sombra, por el contrario, con la luz directa predominará la umbra. En general, la transición de la luz a la sombra es más brusca en los cuerpos con aristas, porque estas crean fronteras, en tanto que en los cuerpos redondeados es progresiva.

19.1.1.4. La Calidad y la Dirección de la Luz. La luz permite que las cosas sean percibidas por el sentido de la vista, y su calidad va a influir en el aspecto y significado que presentan, ya que afecta al contraste. Desde un punto de vista físico, la calidad de la luz se relaciona con la forma en la que se manifiesta el contraste existente entre las zonas de luz y de sombra en un objeto. La luz, tanto natural como artificial, puede ser directa o indirecta, según sus radiaciones incidan sobre los objetos de forma directa o sean reflejadas. La luz directa es la que procede de un foco intenso de luz, sea este natural o artificial, que incide directamente sobre un objeto. Cuanto mayor sea la intensidad de esa luz, mayor será el contraste existente entre las zonas de luz y de sombra. Ello crea sombras duras que hace que los contornos del objeto estén bien definidos. Por contra, la luz reflejada proviene de una fuente luminosa tamizada. Este tipo de luz disminuye la sensación de volumen al atenuarse los contrastes, dando como resultado sombras suaves y unos contornos imprecisos. La diferencia entre un tipo de luz y otro radica en la ausencia o presencia de tonos intermedios entre zonas de luz y sombra. Con las luces indirectas se producen pocos contrastes, puesto que hay muchos tonos intermedios que armonizan las diferencias entre claros y oscuros. Por otra parte, las luces indirectas tienen un tono frío característico, a diferencia de las luces directas, que tienen un tono más cálido. En cuanto a su aspecto psicológico, las diferentes calidades determinan sensaciones muy distintas. En el arte, la luz dura define grandes contrastes que entroncan generalmente con el mensaje violento o dramático de la obra, mientras que la suave tiende a representar formas y escenas sin grandes tensiones visuales.

La dirección de la luz directa también puede cambiar considerablemente la percepción y la capacidad expresiva de las formas volumétricas, las texturas y los colores. Según sea la orientación de los rayos luminosos que inciden sobre un objeto, la luz directa produce diferentes tipos de iluminación: iluminación frontal y a contraluz, iluminación lateral izquierda y derecha, e iluminación cenital o contrapicada. La iluminación que incide de manera frontal sobre un objeto disimula y aplanar sus volúmenes y sus texturas, pero intensifica sus colores. La iluminación a contraluz se produce cuando la fuente luminosa se encuentra detrás del objeto. Debido a la intensidad que provoca en el fondo, convierte los objetos en siluetas, lo que hace que un tema conocido se simplifique hasta su abstracción. En este tipo de luz, la apreciación del volumen es nula, viéndose superficies planas y carentes casi por completo de color. Las iluminaciones laterales, las que se realizan desde la izquierda o desde la derecha, destacan el volumen, potencian el efecto de relieve de una textura rugosa y matizan el color. Por último, la iluminación cenital y contrapicada, aquellas que provienen desde arriba o desde abajo, pueden leerse como las iluminaciones laterales, no obstante, dan lugar a efectos

dramáticos diferentes y mensajes muy expresivos. Por ejemplo, las iluminaciones cenitales pueden ensalzar las figuras, y las iluminaciones contrapicadas crean aspectos siniestros en ellas.

19.1.1.5. El Chiaroscuro. Gracias al juego de contrastes entre los valores de luces y sombras se definen las características volumétricas o tridimensionales de los objetos físicos, así como su profundidad, dado que en la percepción humana la luz crea cercanía y la oscuridad lejanía. En el arte, este juego de contrastes recibe el nombre de claroscuro, un procedimiento plástico de degradado que busca una adecuada distribución de los valores de luces y sombras en un dibujo o pintura, de modo que se opongan y complementen mutuamente con el fin de representar el volumen de los objetos iluminados y definir sus formas.

El claroscuro es el arte de distribuir los valores tonales en la dirección de la luz y la sombra de forma adecuada en un dibujo o un cuadro. La escala de valores de luces y sombras puede ir desde un contraste duro (con sombras cerradas y nítidas) hasta un contraste suave (con sombras más abiertas y difusas), dependiendo de que la fuente de iluminación sea directa o indirecta. Se denomina clave tonal al nivel de claridad (partes iluminadas), oscuridad (partes en sombra) o contraste de una composición. Según estos niveles, la clave tonal puede ser alta, media o baja. Cuando en una composición aparecen tonos claros y un contraste suave entre luces y sombras, estamos ante una clave tonal alta. Cuando predominan los tonos oscuros y los contornos poco definidos, hablamos de clave tonal baja. Y cuando hay tonos claros y oscuros muy marcados y contornos definidos, estamos ante una clave tonal media. Por lo general, estas escalas de valores de luces y sombras tienen connotaciones simbólicas en el arte que se aprovechan para crear diferentes respuestas emocionales en los espectadores. La luz se puede usar para crear lecturas positivas que tienen que ver con el optimismo o la vida, mientras que la sombra puede usarse para crear lecturas negativas que tienen que ver con el pesimismo o la muerte.

19.1.2. El Color. La luz visible permite la percepción del color, pero el color no es en realidad una propiedad que percibimos de las cosas cuando son iluminadas, sino que se origina por la interacción de las ondas luminosas sobre los electrones de los átomos de la materia. Cuando un átomo recibe radiación electromagnética, sus electrones actúan absorbiendo o reflejando determinadas longitudes de onda. Según la teoría del átomo de Niels Bohr, los electrones de los átomos ocupan unos niveles específicos de energía u orbitales, que son vistos como esferas concéntricas anidadas unas dentro de otras. Existen siete niveles de energía, numerados del uno, el nivel más bajo, al siete, el más alto. Cada uno de ellos está compuesto

por distintos subniveles, y en cada subnivel hay un determinado número de orbitales. Gracias al principio de exclusión de Pauli, sabemos que un orbital solo puede contener dos electrones con espines opuestos. Aquellos electrones que se encuentran en los niveles de energía más bajos poseen menor energía, y aquellos otros situados en los niveles energéticos más altos tienen mayor energía. Normalmente, un electrón tiende a estar en el nivel de energía más bajo, conocido como estado fundamental. Para que un electrón pueda saltar de un nivel energético más bajo al siguiente más alto, tiene que absorber una cantidad de energía equivalente a dicho nivel, lo que genera un estado excitado. Por el contrario, si el electrón vuelve a su estado fundamental, es decir, si salta de un nivel de energía más alto a uno más bajo, se libera un cuanto de energía o fotón. Como la diferencia de energía entre dos niveles consecutivos se corresponde con el intervalo de la luz visible, el flujo de fotones hace que se perciba un color. Cuanto menor es la energía del fotón al saltar entre niveles, menor es la cantidad de energía que tiene, por lo que la luz reflejada será más rojiza; no obstante, si la cantidad de energía es mayor, la luz reflejada será más violácea.

Cuando la luz incide sobre un objeto, su superficie absorbe hacia su interior un determinado porcentaje de sus radiaciones electromagnéticas, pero también refleja hacia el exterior otra parte de las ondas luminosas que no absorbe. El color reflejado por la superficie se construye en dirección opuesta al color absorbido por la misma superficie, de modo que la suma de las radiaciones electromagnéticas reflejadas son complementarias a la suma de las radiaciones electromagnéticas absorbidas. Así, por ejemplo, si una manzana refleja la radiación roja, la manzana absorbe entonces la radiación verde, su complementario.

La luz reflejada de un objeto representa una cantidad de energía específica de la luz visible, que es el color que nosotros percibimos. Solamente la luz reflejada tiene la propiedad de estimular la retina del ojo humano, una membrana que tamiza el interior del globo ocular, en donde hay una zona central llamada fovea. La interacción del ojo con la luz visible es posible porque en la retina existen dos tipos de células fotorreceptoras, llamadas bastones y conos, que parecen corresponderse respectivamente con el hemisferio derecho e izquierdo del cerebro (Olària, 2006). Estas células fotorreceptoras tienen dos polos, uno exterior y otro interior. Cuando las ondas electromagnéticas de la luz visible atraviesan el globo ocular, los polos exteriores se llenan de unas sustancias fotoquímicas que llegan a los polos interiores, transformando la información en una descarga eléctrica. La sustancia de los bastones se llama rodopsina, y la de los conos iodopsina. Las células fotorreceptoras se encargan de transformar

las radiaciones electromagnéticas en señales eléctricas para transmitir las por el nervio óptico al cerebro, donde son procesadas y analizadas.

En la retina, las células fotorreceptoras se distribuyen a lo largo de tres zonas: la retina central o fovea, compuesta solo por conos; la retina intermedia, formada por bastones y algunos conos; y la retina periférica, en donde solo hay bastones. La rodopsina de los bastones es la máxima responsable de la llamada visión periférica o escotópica, aquella que puede percibir las zonas de sombra o nocturnas y los colores acromáticos (blanco, negro y distintos tonos de grises), pudiéndose apreciar gracias a ella el claroscuro. Al ser una visión que responde bastante bien al color azul del espectro es monocromática. Por otra parte, la iodopsina de los conos participa de la visión central o fotópica, la visión de las zonas de luz o diurnas, cuya percepción se corresponde con sensaciones visuales sobre toda la escala cromática (colores cromáticos). Al proporcionar una visión del color en detalle es policromática. La mayoría de los mamíferos nocturnos tienen visión escotópica, porque su retina está formada principalmente por bastones, y la mayoría de los mamíferos diurnos tienen visión fotópica. La visión mesópica es una visión intermedia entre las zonas de sombra y luz, donde se activan tanto bastones como conos. Ya que el conjunto de los bastones de la visión periférica tiene la capacidad de desfocalizar la imagen para abarcar todos los puntos del campo visual, con su uso se activa el hemisferio derecho de nuestro cerebro. Y cada vez que se usan los conos de la visión central, aquella que se focaliza en un solo punto, se estimulará el desarrollo del hemisferio izquierdo. Cuando el ojo es capaz de combinar ambas visiones, se produce la alternancia entre los dos hemisferios cerebrales, estimulando el desarrollo de nuestra percepción visual como una totalidad.

En 1802, Thomas Young formuló una teoría según la cual el ojo humano es tricromático, que fue posteriormente reformulada por Hermann von Helmholtz. De acuerdo con la teoría tricromática de Young-Helmholtz, a nivel de la retina existen tres tipos de conos con tres tipos de iodopsina sensibles a tres longitudes de ondas diferentes: un tipo es más sensible a la luz roja del espectro electromagnético (onda larga), otro a la luz verde (onda media) y un tercero a la luz azul (onda corta), lo que capacita al ojo para distinguir luces coloreadas. La respuesta fisiológica de las células fotorreceptoras del ojo humano a ciertas ondas específicas de luz roja, verde y azul, nos permite inferir que la luz está constituida por tres colores básicos. De esa unidad de tres colores se obtienen todas las posibilidades cromáticas de los objetos. Dichas posibilidades son, según Küppers (2002), los ocho colores elementales: dos colores acromáticos (el negro y el blanco) y seis colores cromáticos (el amarillo, el naranja, el magenta, el violeta, el azul y el verde). De este modo, cuando percibimos el color de un obje-

to estamos viendo en realidad la capacidad de ese objeto para reflejar o absorber determinadas ondas electromagnéticas de la luz roja, verde y azul. Así, un objeto se ve de color blanco debido a que refleja todas las ondas luminosas (sus tres colores básicos), mientras que si absorbe todas ellas y no refleja ninguna se ve de color negro. Por eso, los físicos dicen que el blanco es la presencia de todos los colores, y el negro es la ausencia total de color. En cambio, cuando un objeto lo vemos gris, refleja y absorbe por igual todas las longitudes de ondas.

De manera general, se pueden diferenciar dos fases en la percepción de los colores. En una primera fase, nuestros ojos se limitan a captar las distintas longitudes de onda reflejadas por los objetos. Esta fase puramente óptica corresponde al denominado color denotativo, que es el color que nuestros ojos perciben de forma real y objetiva. Posteriormente, esas longitudes de onda son transmitirlas por el nervio óptico a nuestro cerebro, que es el que las interpreta como un determinado color, y esta fase depende, en parte, del individuo. La fase óptica está bien determinada por la ciencia, y la fase interpretativa es indeterminada, pues es distinta de una persona a otra, porque depende de la sensibilidad, de los estados afectivos, de la edad, de la experiencia, de la educación y del entorno cultural. Al estar en relación con la parte subjetiva de la percepción recibe el nombre de color connotativo. Las sensaciones de tranquilidad o excitación, tristeza o alegría, que nos transmiten los colores tienen que ver con ese aspecto subjetivo. No obstante, los colores influyen fisiológicamente en la geometría fractal de las ondas EEG de todos los individuos. Por ejemplo, el magenta muestra la dimensión fractal más baja mientras que el verde exhibe la más alta. Debido al efecto que producen los diferentes colores en las dimensiones fractales de las ondas EEG, los colores se pueden usar para influenciar la actividad cortical, con independencia de las reacciones emocionales que producen (Tripathy et al., 2006).

Al igual que en sus funciones cognitivas, los hemisferios cerebrales difieren en el procesamiento de la información visual, ya que los haces del nervio óptico se entrecruzan para dirigirse al hemisferio opuesto. En cuanto al color, los datos neurocientíficos han permitido colegir que cada uno de los hemisferios cerebrales realiza una interpretación diferente. Por lo general, el significado denotativo del color, aquel que permite describir correctamente los colores según sus cualidades, atañe sobre todo al hemisferio cerebral izquierdo y, en correspondencia, al campo visual derecho. En cambio, el significado connotativo, aquel otro que percibe la relaciones subjetivas o simbólicas que tienen los colores, es competencia del hemisferio derecho. En gran parte, el procesamiento visual del color se debe a la integración de los dos hemisferios por medio del cuerpo calloso. La artista visual Edwards (2003) señala al respecto:

El papel principal de la modalidad I, localizada generalmente en el hemisferio izquierdo, consiste en dar nombres y características a los colores (por ejemplo «azul vivo», «amarillo limón» o «tierra siena tostada»), y traducir a palabras nuestras reacciones emocionales ante los colores [...]. Por el contrario, el hemisferio derecho (modalidad D) está especializado en percibir las relaciones entre los colores, sobre todo en lo que se refiere a las sutiles conexiones entre un color y otro. La modalidad D se inclina hacia el descubrimiento de pautas coherentes, concretamente hacia combinaciones de colores que equilibren los opuestos, por ejemplo, rojo-verde, azul-naranja, oscuro-claro, suave-subido. (p.260)

19.1.2.1. La Teoría del Color. Hasta el siglo XVII, se creía que los distintos colores estaban unidos a la materia y eran independientes de la luz, pero en ese siglo, Isaac Newton abordó el estudio sobre la luz corpuscular y demostró científicamente que el color procedía de la luz. Para ello, Newton hizo pasar un rayo de luz por un prisma triangular de cristal (Figura 215). La refracción del rayo luminoso a través del prisma hacía que se dividiera en un espectro de siete colores semejante al arco iris, e invirtiendo el proceso esos mismos colores fundamentales volvían a reunirse para formar un haz de luz. Con este experimento, Newton otorgó al fenómeno de la refracción una base cuantificable, dando paso a la teoría física de los colores luz. Un siglo después, Goethe (1999) cuestionó la teoría física del color de Newton al repetir su experimento, pues parecía que los colores se generaban en la zona del prisma que coincidía con la frontera entre la luz y la sombra, lo que significaba que el color no era solamente el resultado de la luz, sino también de su complemento: la oscuridad. Desde esta perspectiva, concibió la refracción de los colores como dos rayos: un rayo que sale del ápice del prisma (azul cian y violeta) y que al abrirse forma el azul oscuro; y otro que sale de la base del prisma (amarillo y rojo), que al abrirse forma el naranja. Cuando ambos rayos se unían en el centro, el azul cian y el amarillo producían el verde.

Las investigaciones de Goethe vinieron a demostrar que los colores no solo eran parte de los objetos observados, sino también de la visión del observador. La tesis central era que el ojo del observador tendía al equilibrio y la armonía con el color observado, puesto que el color del objeto siempre producía el color complementario en su retina, como puede comprobarse en las sombras coloreadas, cuyo color se complementa con la luz que incide sobre el objeto. Por ejemplo, la luz verde genera una sombra complementaria magenta a través del fenómeno psicofísico de contraste sucesivo, que surge por la fatiga de los conos al percibir la intensidad de la luz coloreada. Gracias a esta cualidad, existía una correspondencia de afinidad entre los colores del exterior y del interior del hombre. Goethe observó además que la luz

era el punto de partida del color amarillo y la oscuridad del azul, por lo que puso en relación el amarillo y el azul con la expansión de la luz y la concentración de la sombra, que hacía corresponder con un lado activo o blanco y un lado pasivo o negro, así como con los contrastes químicos de acidificación y alcalinización. De hecho, explicaba los colores como medio de relación entre la luz y la sombra, o como mezcla dinámica entre el blanco y el negro. De ahí que, a juicio de Goethe, el amarillo y el azul formaran los dos polos opuestos de todo el sistema de pares cromáticos. Tal polaridad reiteraba, según él, las diversas manifestaciones polares de la vida: la electricidad positiva y la negativa, el calor y el frío, lo masculino y lo femenino, la proximidad y la distancia, etc., siendo todas expresión de la separación o la unión. Con la intención de construir relaciones de analogía, Goethe comparó la luz del día con el amarillo, la oscuridad de la noche con el azul, y el verde de los árboles con el equilibrio resultante entre ambos. He aquí una imagen que nos recuerda a la fractalidad de la naturaleza.

Goethe se basó en los conceptos de polaridad e intensificación para informar sobre las cualidades del color en el círculo cromático. En su opinión, para producir el color se requería de la luz y de la sombra, de donde procedían el amarillo y el azul. La intensificación del amarillo y del azul sería el factor vital que expresaría el principio teleológico de la naturaleza, puesto que ambas coloraciones presuponen una tendencia global hacia un color más denso y oscuro: el rojo y el violeta. En su opinión, cuando estos dos pares de colores de la luz (amarillo y rojo) y la sombra (azul y violeta) se mezclaban en iguales proporciones, la polaridad desaparecía y aparecía el equilibrio: el verde y el magenta. El verde surgía bajo la mezcla del amarillo y el azul, y el magenta como una combinación del rojo y el violeta. En el caso de las luces, el verde y el magenta tendían hacia el amarillo (el color de la luz), y en el caso de los pigmentos tendían hacia el azul (el color de la sombra), porque los colores matéricos conservaban la característica de la oscuridad. En el círculo cromático, estos seis colores se oponen entre sí, pero se complementan, definiendo una estructura con dos arcos, uno activo, de signo positivo, compuesto por los colores cálidos; y otro pasivo, de signo negativo, que se compone de los colores fríos. De ahí que a los colores fríos también se los conozca como colores pasivos. Con ello, Goethe hizo del círculo cromático la expresión de la unidad entre el observador y el mundo observado de los colores, entre la realidad subjetiva y objetiva, una visión holística del color que se oponía a la visión reduccionista de Newton, y que es el resultado o manifestación del orden implicado, allí donde confluyen la idea y la realidad, lo interno y lo externo. Por eso mismo, cabe argüir que ambas visiones son las dos manifestaciones polares de un mismo fenómeno.

19.1.2.2. Propiedades del Color. Como ya señalamos, el ojo humano cuenta con un tipo de células fotorreceptoras que rigen tres tipos de sensaciones visuales hacia el espectro electromagnético, correspondientes al color rojo, verde y azul, que son los colores primarios de la luz. Gracias a que estas células transmiten la información de los estímulos luminosos al cerebro, podemos captar las cualidades o dimensiones de los colores. Cualquier color del espectro cromático se corresponde con un tono o matiz específico que está definido por dos cualidades o dimensiones básicas: el valor y la saturación. El valor es la cantidad de blanco o negro que tiene un color en su mezcla, en una escala de gris que va de claro a oscuro. A mayor cantidad de blanco, más valor o grado de luminosidad tiene un color. Pero el valor no solo afecta a las escalas de grises, también puede referirse al grado de claridad u oscuridad de un color. Por ejemplo, el amarillo es el color más claro, en contraposición a su contrario, el violeta, que al absorber más luz es el color más oscuro (Figura 216). Esta es la razón por la que se suele ubicar el color amarillo en la parte superior del círculo cromático, el color con mayor grado de claridad, y en la parte inferior se coloca el color violeta, que tiene un grado mayor de oscuridad. Generalmente, los colores claros suelen dar sensaciones de vitalidad y optimismo, en tanto que los colores oscuros se relacionan con la muerte y el pesimismo. Por otro lado, la saturación es el grado de intensidad o apagamiento de un color. Un color será más vivo e intenso cuanto menos se mezcle con otro. Esta es la razón por lo que los colores primarios (magenta, amarillo y cian) se estiman más saturados que los secundarios (verde, violeta y rojo), compuestos por dos colores primarios. Mezclar progresivamente un color primario con su complementario secundario es la mejor manera de rebajar la intensidad de ese color. Pero también puede perder intensidad añadiéndole blanco, negro, una mezcla de ambos, o con el complementario. En general, los colores saturados tienen la capacidad de transmitir sensaciones de alegría, mientras que los colores menos saturados generan tristeza en el espectador.

Un cuadro bien equilibrado tiene que tener una composición organizada en torno a las cualidades del color, especialmente en lo que respecta a las armonías cromáticas. Refiriéndose a ese equilibrio armónico de los colores, Goethe manifestó que las armonías cromáticas podrían estar relacionadas con el fenómeno de contraste sucesivo, por el cual el ojo humano reclama fisiológicamente el complementario del color que observa para restablecer el equilibrio, debido a que la sustancia fotoquímica de los conos se agota al observar el color que le corresponde, haciendo que los otros conos se activen independientemente para compensar los colores observados. Al parecer, toda armonía cromática se basaría en esta ley de complemen-

tarios para completar la totalidad de los colores primarios. Goethe (como se citó en Pawlik, 1996) lo describe de la siguiente forma:

Ver la totalidad unida da una impresión armónica al ojo. Aquí hay que tener en cuenta la distinción entre la contraposición física y la contraposición armónica. La primera se basa en la pura dualidad originaria, en tanto contemplada como algo separado; la segunda se basa en la totalidad derivada, desarrollada y representada. Cada contraposición concreta que haya de ser armónica debe contener la totalidad. (p.99)

El criterio de la artista visual Edwards (2006) se basa en el de Goethe. Según ella, cualquier par de complementarios contiene los tres primarios. Por ejemplo, el complementario del azul cian, el rojo anaranjado, completa el trío de primarios, porque resulta de mezclar amarillo y magenta. Y esto vale para todos los colores del círculo cromático, ya sean primarios, secundarios o terciarios. Debido a este efecto armónico, el cerebro humano y nuestro sistema visual necesitan completar la tríada de colores primarios de un color reproduciendo su complementario. Y ello no solo afectaría al color, sino también a su grado de valor y saturación. En consecuencia, la armonía se fundamenta en una impresión equilibrada del color por medio de los colores complementarios, y en este equilibrio radica la clave de la belleza cromática como totalidad a la que aspira el cerebro y la vista.

Cuando un par de colores complementarios se juntan se acentúa su luminosidad por contraste sucesivo, pero cuando se mezclan se neutralizan entre sí, dando lugar a un gris ne-gruzco. Asimismo para las luces complementarias, cuya mezcla se destruye y produce una luz acromática cercana al blanco, como la partícula y la antipartícula se aniquilan para dar lugar a un pequeño destello de luz. Dado que la mezcla de un color con su complementario da lugar a un color grisáceo que se acerca al negro, el diseñador Itten (s.f.) declaró en su tratado *Arte del color* que dos o más colores eran armoniosos cuando su mezcla daba un gris neutro. Esta idea concuerda, según él, con los estudios de fisiólogo Ewald Hering (como se citó en Itten, s.f.), quien hizo corresponder el gris neutro con el estado de la sustancia visual donde la asimilación (regeneración de la sustancia visual) y la disimilación (deterioro de la sustancia visual) están en equilibrio. Por otra parte, el pintor Paul Klee (como se citó en Pawlik, 1996) hizo observar que el gris neutro suponía el “canon de la totalidad cromática”, ya que, al ser el producto final de todos los colores complementarios, neutralizaba las tensiones cromáticas. El profesor Brusatin (1997) explica el "canon de la totalidad" de Klee en su obra *Historia de los colores* del siguiente modo:

Arriba está la luz, abajo la oscuridad, vinculadas por una relación de interrelación mu-tua [...], en la mitad de los cuales, gracias a este intercambio, se forma el gris, alrede-

dor del cual giran ejes como los anillos de Saturno, y se mezclan formas curvas parcialmente superpuestas. Estas indican tres colores fundamentales, azul, amarillo, rojo, que se integran en una función gradual produciendo los intermedios: anaranjado, verde y violeta, reconstituyendo idealmente el fenómeno de la dispersión cromática en el círculo de seis colores, en el que se dan, por oposición, los colores complementarios y sus pares. (p.128)

El diagrama de los tres colores primarios de Paul Klee (Figura 217) parte de la visión que el pintor tenía sobre el cosmos, tal y como lo entendían algunos filósofos presocráticos. En su opinión, el caos primigenio se concibe como una confusión atemporal que creó el orden que observamos en el universo. En sus orígenes, la luz y la oscuridad se mantenían unidas dentro de ese desorden atemporal, cuyo resultado era un punto de color gris. Como consecuencia de asociar el color blanco con la luz y el negro con la oscuridad, Klee asemeja la graduación que va del blanco al negro con el caos primigenio, cuando la luz y la oscuridad formaban una unidad armónica. En su opinión, en el orden cósmico debe haber un equilibrio entre estos dos contrarios, de manera similar a la cosmología presocrática de Anaximandro y Heráclito (Graboleda, 2007). El filósofo Anaximandro describió el origen del universo mediante un movimiento rotativo que separó los primeros opuestos (caliente-frío, seco-húmedo...). Esta separación surgió de un sustrato primordial llamado *apeiron*, una sustancia única, indeterminada e infinita, en el seno del cual todo se origina y finaliza, según un ciclo inexorable, y que regula el equilibrio de todas las cosas. Para Heráclito, sin embargo, la estructura de la realidad se basaba en los contrarios existentes en una unidad esencial, lo que llevaba a un movimiento o cambio. El logos (medida y proporción) sería la ley permanente y común que regulaba la tensión entre los contrarios.

19.1.2.3. Clasificación de los Colores. El espectro cromático de la luz y las cualidades del color han llevado a los investigadores a crear sistemas codificados para su estudio, como el círculo cromático, también llamada rueda de color, que es un diagrama bidimensional que puede ordenar los colores del espectro en función del tono que tiene cada uno. Newton realizó el primer diagrama circular colocando siete ángulos asimétricos de colores, pero fue Goethe quien planteó la polaridad cromática del círculo al situar los colores frente a sus complementarios de forma simétrica.

La polaridad de los colores muestra analogías claras con la dualidad onda-partícula de la luz y los hemisferios cerebrales. Existen varias maneras de clasificar los colores, pero una de las más comunes es la siguiente clasificación:

- Colores luz y matéricos: Los ojos son los órganos que experimentan la percepción de los colores, que por su naturaleza suelen clasificarse en colores luz y colores matéricos, según las radiaciones luminosas incidan de forma directa en el ojo o sean reflejadas indirectamente desde los objetos hacia los ojos. De algún modo que aún desconocemos, la doble naturaleza de la luz de la física cuántica estaría detrás de los colores luz y matéricos, pues el origen del color tiene que ver tanto con la propagación directa de la luz mediante fenómenos ondulatorios, como con la interacción de la luz con la materia a través de fenómenos corpusculares. Desde esta perspectiva, se puede concebir el color percibido como una correspondencia entre el color luz y el color matérico. Por esta razón, el color de la materia puede correlacionarse con el color de la luz. Desde el punto de vista de Goethe, la vista sería el órgano fisiológico indispensable donde se lleva a cabo tal correlación, pues comprende una situación en donde ambos tipos de colores se integran.

Debido a la naturaleza ondulatoria y corpuscular de la luz, los colores luz son inmateriales, como aquellos procedentes de la luz natural del Sol o de la luz artificial emitida por lámparas, focos, etc.; en tanto que los colores matéricos tienen componentes materiales, como las partículas materiales compuestas por pigmentos, que tienen la capacidad de reflejar o absorber todas o parte de las radiaciones luminosas que inciden solo ellos, de ahí que a este tipo de colores matéricos también se los denomine “colores pigmento”. La característica definitoria entre uno y otro tipo de colores sería la ausencia o presencia de sustancia física, según los objetos sean luminosos o iluminados. Los colores luz se forman a partir de la mezcla o síntesis aditiva de colores (RGB), y se utilizan en dispositivos como las pantallas de los ordenadores o las televisiones; mientras que los colores matéricos son resultado de la mezcla o síntesis sustractiva de colores (CMY), y se usan en materiales como la pintura. Debido a que los colores luz reflejan o emiten frecuencias luminosas, mientras que los colores matéricos las absorben, la mezcla aditiva de los colores luz va sumando luminosidad, pudiendo llegar al blanco (Figura 218); en tanto que la mezcla sustractiva de los colores matéricos produce una resta de luz, dando como resultado el color negro (Figura 219), aunque en la práctica el color “negro” obtenido se percibe en realidad como un gris negruzco que tiende al marrón oscuro. El círculo cromático de Goethe se puede utilizar para todas las combinaciones aditivas y sustractivas, puesto que tiene un carácter dialéctico entre las luces y las sombras, que es un reflejo metafórico de la dualidad entre el espíritu y la materia.

- Colores primarios y secundarios: El círculo cromático más elemental se divide en seis porciones con los colores del espectro. Cuando hablamos de estos colores, una primera

clasificación nos lleva a definirlos como colores primarios y colores secundarios, que representan la dualidad entre lo uno y lo múltiple. Los colores primarios, o básicos, son aquellos que no se pueden obtener a partir de las mezclas de otros colores, por lo que se consideran absolutos y únicos. En las mezclas sustractivas de los colores matéricos, los colores primarios son el magenta, el amarillo y el cian. A partir de la mezcla de los colores primarios se obtienen los colores secundarios, o binarios, que son el verde, el violeta y el rojo-anaranjado. El círculo cromático alterna un color primario con un color secundario, de modo que un color primario se opone y se complementa con un color secundario. Esta disposición de los colores primarios y secundarios en el círculo cromático establece las relaciones de oposición y complementariedad que los colores mantienen entre sí. Los colores opuestos y complementarios son aquellos que están enfrentados diametralmente en el círculo cromático. Por ejemplo, el magenta se opone al verde, que se obtiene de mezclar amarillo y cian, pero también se consideran complementarios. En cuanto a los colores acromáticos, aquellos que están compuestos únicamente por el blanco y el negro, el blanco puede ser considerado como un color primario, porque no puede obtenerse de la mezcla de otros colores, y el negro como un color secundario, ya que es posible obtenerlo de la mezcla de los demás.

Con la mezcla de los colores primarios se obtienen todos los colores posibles del espectro solar. Así, al combinar en proporciones iguales dos colores primarios, el color obtenido es un secundario, siendo estos los complementarios de los anteriores. Si se vuelven a mezclar los colores primarios con los colores secundarios adyacentes, se obtienen los colores terciarios, que son intermediarios entre ambos. Y si se hace lo mismo mezclando un color terciario con un color primario o secundario, se consiguen los colores cuaternarios. Los colores de tercera y cuarta generación tienen menos saturación y luminosidad, pero son los más abundantes en la naturaleza, junto a los colores quebrados, que resultan de combinar en proporciones diferentes los colores que se sitúan diametralmente opuestos en la rueda de color. La naturaleza ofrece colores luz, aquellos que se encuentran en el círculo cromático, que son saturados y luminosos (flores, coloración de los animales...); y colores quebrados, aquellos otros que no están en el círculo cromático, que son menos saturados y apagados (colores tierras y de baja intensidad). Además, cuando percibimos el color de un objeto de cerca vemos color luz, pero cuando nos alejamos el color se quiebra, porque entre el objeto observado y el observador hay un espacio de luz con el color complementario que lo apaga.

Dado que los colores primarios y secundarios se alternan de manera equidistante en el círculo cromático, los tres colores primarios dibujan un triángulo equilátero, y los tres colores secundarios otro triángulo equilátero invertido. Los dos triángulos superpuestos forman una

estrella de seis puntas. Esta estrella es una imagen gráfica que representa claramente la correspondencia analógica de los colores luz y matéricos: los colores primarios del modelo basado en los colores materia pasan a ser los secundarios del modelo de colores luz, y viceversa, los colores primarios de la luz son los secundarios de la materia. La suma de los tres colores primarios de la luz en igual intensidad da origen a una luz que tiende al blanco, y la suma de los tres colores primarios de la materia en partes iguales da como resultado un color grisáceo tendente al negro. La existencia de este principio de oposición y complementariedad confiere a los colores luz y matéricos un valor simbólico ligado a los arquetipos universales.

- Colores cálidos y fríos: Los colores del círculo cromático parecen estar acompañados de unas sensaciones térmicas que hacen que se perciban como más “cálidos” o más “fríos”. Si dividimos el círculo cromático en dos partes simétricas, los colores primarios y secundarios se clasifican en colores que están asociados al calor (el fuego, el Sol, el verano...) y al frío (el hielo, la luz lunar, el invierno...). Los colores cálidos están situados en una mitad del círculo cromático, y van del magenta al amarillo, pasando por toda la gama de naranjas. Los fríos se sitúan en la mitad opuesta, y transitan entre verdes, azules y violetas. El amarillo es considerado el color de base de los colores cálidos y el azul de los colores fríos. El magenta y su opuesto, el verde, son colores neutros, intermediarios, porque transmiten la sensación de frío junto a tonos cálidos, y de calor junto a colores fríos. Algunos autores establecen que el magenta, al intermediar entre el amarillo, base de los colores cálidos, y el azul, base de los colores fríos, es una mezcla de colores cálidos y fríos. Asimismo para el verde, que al estar entre las longitudes de ondas medias, aquellas situadas entre las ondas largas, como la luz azul, y las cortas, como la luz roja, es comparable al magenta en la escala cromática. No obstante su neutralidad, el magenta tiende más hacia el calor y el verde hacia el frío (Figura 220).

Tanto los colores cálidos como los fríos se establecen en función de su polarización en el espectro electromagnético y la energía que contienen. Los colores cálidos pertenecen a las longitudes de ondas largas, que contienen menos energía; en tanto que los fríos pertenecen a las ondas de menor longitud, que son más energéticas. Debido a ello, la relación cálido-frío aparece íntimamente ligada a sensaciones espaciales de acercamiento y alejamiento. Los colores cálidos producen una sensación espacial de acercamiento, mientras que los colores fríos de alejamiento. Los magentas y verdes, al ser neutros, avanzan junto a los fríos y retroceden junto a los cálidos. No obstante, esta sensación de profundidad parece cambiar si los colores están situados sobre un fondo negro o blanco, como hizo notar Itten (s.f.). A juzgar por sus estudios, si se colocan los colores cálidos y fríos sobre un fondo negro, por ejemplo el amarillo y el violeta, el amarillo parece avanzar y el violeta retroceder. Pero si se utiliza un fondo

blanco sucede lo contrario, es decir, el violeta parece avanzar y el amarillo retroceder. Itten añade además que sobre fondo negro los colores producen unas sensaciones de profundidad que se corresponden con la proporción áurea:

Cuando el anaranjado está situado entre los grados de profundidad del amarillo-rojo, las separaciones de profundidad entre el amarillo y el anaranjado por una parte y, por la otra, el rojo y el anaranjado reflejan la relación de la menor a la mayor. Igualmente, la relación amarillo-rojo anaranjado y la relación rojo anaranjado-azul expresan la relación de la menor a la mayor. Los colores amarillo y rojo, y rojo y violado expresan la misma relación de una cara a la otra. La relación amarillo a verde y la relación verde a azul expresan la relación de la mayor a la menor. (pp.77-78)

La sensación espacial de los colores se suele utilizar en el arte para crear un espacio tridimensional en una obra bidimensional, especialmente para acentuar la perspectiva aérea o atmosférica. Como los colores fríos parecen alejarse del espectador, y los cálidos dan la impresión de que se acercan, en los últimos planos se suelen usar los colores fríos, y en los primeros los cálidos. Asimismo, la relación cálido-frío se vincula al contraste entre claro y oscuro, en el sentido del valor de claridad u oscuridad propio de cada color. Normalmente, el valor propio de los colores cálidos es más claro que el de los fríos, más oscuro (el amarillo sería el color con mayor grado de luminosidad, y el violeta el que tendría menos). Dicho efecto puede usarse para crear sensación de volumen en una figura, empleando para las luces colores cálidos y luminosos, y para las sombras colores fríos y oscuros. En opinión de Albers (2003), autor de la Escuela de la Bauhaus, estas conexiones duales llevan a otros criterios contrarios con un significado semejante. Como menciona en su libro *La interacción del color*: “Toda medición de cualidades claro-oscuro se puede referir a una escala de relaciones ligero-pesado. Las comparaciones de claro-oscuro y ligero-pesado conducen fácilmente a la suave-duro; o también, rápido-lento y temprano-tardío se relacionan con joven-viejo y cálido-frío, así como con húmedo-seco” (p.80).

Goethe (1999) fue el primero en relacionar los colores con las diferentes reacciones emocionales que producen en las personas, lo que marcará el comienzo de la psicología del color. Para justificar esta relación, Goethe elaboró una teoría psicológica de los colores cálidos y fríos, estimando que se acompañaban de unas reacciones emocionales opuestas. Consideró que los colores cálidos son estimulantes, incluso excitantes, y se asocian con emociones como la alegría, la pasión o la agresividad; y los colores fríos son sedantes y hasta deprimentes, relacionándose con la calma, pero también con la tristeza. Estas reacciones emocionales opuestas ante la percepción de los colores cálidos y fríos atienden, según J. C. Sanz, a dos

funciones: la función de adaptación y la función de oposición. La función de adaptación provoca reacciones positivas frente a los colores cálidos que desarrollan respuestas activas, excitantes e intensas; mientras que la función de oposición provoca reacciones negativas frente a los colores fríos que desarrollan respuestas pasivas, tranquilizadoras y débiles. Aunque son reacciones puramente subjetivas, pues sus efectos dependen del contexto lingüístico-cultural de cada individuo, suelen ser válidas para todas las personas, ya que están determinadas por las asociaciones térmicas que comparten con la naturaleza y por reacciones emocionales de tipo inconsciente. De ahí que el significado asignado a los colores haya sido una constante a lo largo de la historia. Esta universalidad básica de las reacciones emocionales hacia los diferentes colores ha sido recientemente avalada por una investigación dirigida por Jonauskaite y Mohr de la Universidad de Lausana, Suiza (Jonauskaite et al., 2020).

El pintor abstracto Kandinsky creía que los colores eran un medio para influir directamente en el alma, porque tras ellos relucía una dimensión espiritual. En su obra literaria *De lo espiritual en el arte*, Kandinsky (1982) define una gran antinomia con relación al calor o frío de un color, según sea su tendencia hacia el amarillo o el azul. En la primera gran antinomia se puede producir dos movimientos: uno horizontal (lineal) y otro concéntrico y excéntrico (circular). El carácter del movimiento horizontal con respecto al observador es dinámico, puesto que los colores cálidos parecen acercarse hacia el espectador, mientras que los fríos parecen alejarse. Además, el movimiento del amarillo y el azul puede ser excéntrico y concéntrico. Si dibujamos dos círculos y los rellenamos de amarillo y azul, el primero adquiere un movimiento excéntrico que va desde dentro hacia fuera, por contra, el segundo desarrolla un movimiento concéntrico de fuera a dentro. Cuando el amarillo y el azul se combinan entre sí, los dos movimientos antagónicos se anulan, dando como resultado el verde, que produce una sensación de equilibrio y calma. Respecto a la segunda gran antinomia, esta se basa en la tendencia que tienen el blanco y el negro hacia la claridad y la oscuridad, conectados respectivamente con el amarillo y el azul. En ella, se produce un fenómeno de acercamiento y alejamiento semejante a la primera pareja de antinomias, aunque con base en un movimiento estático. La tercera antinomia está constituida por el verde y el rojo (en el modelo actual el rojo es el magenta). Como se ha dicho, el verde anula los movimientos antagónicos de la primera antinomia, pero el rojo es movimiento en sí, porque es capaz de parecer cálido o frío. El rojo combinado con el elemento activo amarillo y con el elemento pasivo azul de la primera gran antinomia crea el naranja y el violeta, la cuarta y última antinomia. El naranja, al contener amarillo, sigue una dirección excéntrica y se acerca al espectador, y el violeta tiende a alejarse de él, pues conserva la dirección concéntrica del azul. Esta última

pareja de antinomias tiene un equilibrio inestable. Ambas parejas de antinomias, primera-segunda y tercera-cuarta, despiertan lo espiritual en el arte.

El libro *Punto y línea sobre el plano* de Kandinsky (2003) constituye una continuación del anterior. Kandinsky sugiere en él otra serie de afinidades entre las líneas y los colores cálidos y fríos, llegando a la conclusión de que el color negro se relaciona con la línea horizontal (pasiva y fría), el color blanco con la línea vertical (activa y cálida), el color rojo (o gris o verde) con la línea diagonal, que, al ser intermediaria entre la horizontal y la vertical, es templada, y el amarillo y el azul con la línea libre. Y es en este punto donde Kandinsky relaciona los ángulos y los colores primarios con las tres formas básicas (cuadrado, triángulo y círculo). Así, el ángulo recto, que equivale a una forma cuadrada, se relaciona con el color rojo, que es un color templado; el ángulo agudo, que equivale a una forma triangular, se relaciona con un color cálido, como el amarillo; y el ángulo obtuso, que equivale a una forma circular, se relaciona con un color frío, como el azul.

- Colores acromáticos y cromáticos: El círculo cromático es un sistema de codificación de dos dimensiones que nos ayuda a organizar los colores de forma circular. El término “cromático” se refiere a los colores del círculo cromático, y el término “acromático” a los colores que, al carecer de color, no están en el círculo cromático. Pero pese al hecho de que carezcan de color, los colores acromáticos son considerados colores, aunque acromáticos. Los colores cromáticos son los colores que están dentro de la escala cromática de la rueda de color, y los colores acromáticos son aquellos otros que están dentro de una escala de grises que va desde el blanco hasta el negro, mostrando todos los valores intermedios entre la luz y la oscuridad. El blanco contiene la suma de los colores de la luz en un solo tono, y el negro es la ausencia total de luz. El gris es la mezcla de blanco y negro en cualquiera de sus escalas, y dependiendo de la cantidad de blanco y negro, será más claro o más oscuro. En pintura, el blanco, los tonos de grises y el negro son los medios de expresión más fuertes para crear el claroscuro.

El círculo cromático no permite trabajar con los colores acromáticos, por lo tanto, no puede reflejar las cualidades del valor de un tono específico, aquellas que determinan su claridad u oscuridad. Sin embargo, existen diversos sistemas para codificar el color que utilizan figuras tridimensionales que sí lo permiten. Por ejemplo, la esfera cromática es una figura tridimensional que reproduce el orden de los colores que ofrece el círculo cromático y los colores acromáticos. Fue creada en 1810 por el pintor romántico Philipp Otto Runge, después de experimentar con el color durante años. Como si se tratara de un planeta, la esfera de color está formada por un eje vertical con dos polos y un ecuador. El eje va de norte a sur de la

esfera, y en él se sitúan los colores acromáticos, el blanco y el negro, entre los cuales se dispone el eje de los grises, que muestra una serie sucesiva de graduaciones. Sin embargo, en el ecuador se disponen circularmente los colores de la rueda de color, los tres primarios y los tres secundarios, opuestos los unos con los otros, de manera que conforme se van acercando al eje central se van mezclando gradualmente hasta adquirir un tono gris neutro o marrón oscuro. Este tono se interpreta como “el punto medio universal”, ya que es la zona en donde confluyen por igual los tres colores básicos, el blanco y el negro, de modo que podemos obtenerlo mezclando blanco y negro, dos colores complementarios o los tres primarios (amarillo, cian y magenta). Además, los colores van variando su saturación a medida que recorren los meridianos que atraviesan los polos, según se desplacen hacia el norte o hacia el sur.

En cuanto a la sensación térmica que produce en el espectador, los colores acromáticos, como el blanco, el negro y el gris, son neutros, es decir, ni calientes ni fríos. A pesar de ello, el color blanco es considerado un color cálido, y el negro un color frío, porque los tonos más luminosos, esto es, con más cantidad de blanco, reflejan la luz y parecen expandirse, y los menos luminosos absorben la luz y parecen contraerse, al igual que sucede con los colores. Así, una persona vestida de negro parecerá más delgada que si estuviera vestida de blanco. En relación con las reacciones emocionales que producen en el observador, el negro resulta tener connotaciones negativas, mientras que el blanco más positivas. El gris neutro sería una fusión de negatividad y positividad.

- Colores monocromáticos y policromáticos: Los colores cromáticos se dividen en colores monocromáticos, cuando se refieren a un solo color; y policromáticos, cuando afectan a varios colores. Los colores monocromáticos son similares a los acromáticos, con la salvedad de que están compuestos por un solo color mezclado con los tonos blancos (escala del blanco) y negros (escala del negro), pasando armónicamente de un valor a otro a través de intermediarios. Cuando al color se le añade blanco de forma progresiva hablamos de una escala alta, y cuando se le añade negro estamos ante una escala baja. La escala media es la zona que se corresponde con el color puro. Respecto a los colores policromáticos, son una mezcla de varios colores con diferentes valores y grados de saturación. El mejor ejemplo lo encontramos en el espectro de la esfera cromática.

A partir de los tonos carentes de color, se pueden crear composiciones acromáticas. Puesto que estas composiciones utilizan como base el blanco y el negro, se denominan “grisallas”. Pero la grisalla no solo se puede asociar con la pintura acromática, sino también con la pintura monocromática, aquella que tiene un solo color, y policromática, aquella que tiene varios colores. Esto es así porque la grisalla puede dividir la ejecución de la pintura en dos

fases opuestas que tratan por separado la forma y el color. La primera fase utiliza una escala de grises (pintura acromática) o de un solo color (pintura monocromática) para modelar las formas sobre un claroscuro de luces y sombras, y la segunda emplea una suma sucesiva de colores transparentes y/u opacos (veladuras y/o impastos). No obstante, aunque la forma y el color se trabajan separadamente, el artista debe relacionar ambas fases a lo largo de la obra para complementarlas (Torres Carceller, 2015), de modo que una primera fase muy elaborada precisará de una segunda fase menos elaborada, y a la inversa.

Como hace notar Edward (2006), la grisalla comporta la conexión entre el dibujo, la pintura y el color. Pero esa conexión también concierne a los procesos cerebrales, porque dibujar, así como pintar o colorear, implica activar las funciones del hemisferio derecho. Sin embargo, en las mezclas de colores intervienen las funciones cerebrales del hemisferio izquierdo. Se podría decir, por tanto, que el proceso pictórico comporta un desplazamiento dinámico de habilidades del hemisferio derecho al izquierdo.

- Colores armónicos y de contraste: El círculo cromático es útil a la hora de reflejar el vínculo de unidad y separación de los colores primarios y secundarios, ya que nos muestra los colores próximos y además sus complementarios. La sensación de equilibrio y desequilibrio en una composición tiene su origen en estos vínculos cromáticos, que es lo que llamamos entonación de la obra. Según la relación que dichos vínculos tienen en el círculo cromático, el químico Michel-Eugene Chevreul describió dos formas básicas de entonar una obra artística mediante el uso del color: las armonías y los contrastes, que aunque tienen significados opuestos, son complementarios, en el sentido de que la totalidad armónica implica una relación de armonía y de contraste a través de mediadores o armonizadores. Precisamente, Chevreul recomendó el uso de armonías cromáticas, así como el uso de parejas de complementarios para pintar las zonas de luz y sombra de un objeto, lo que significa introducir una pequeña cantidad del color complementario del objeto en sus luces y sombras para aumentar el contraste. Al usar armonías cromáticas, el artista puede crear un efecto estético de calma y unidad en su composición visual, y al usar contrastes cromáticos puede crear un efecto estético de tensión y separación. Ambas formas básicas de componer con colores pueden elaborarse con distintos tonos o con diferentes grados de saturación y valor.

La base de las composiciones cromáticas por armonía radica en la conveniente proporción o correspondencia de los colores en la rueda de color, esto es, cuando los colores comparten una relación de analogía que los armoniza entre sí, debido a que sus colores reflejan ondas de luz semejantes. Esa es la razón por la que se llaman colores análogos (Figura 221). Por lo general, estas relaciones armoniosas se limitan a tres o cuatro colores contiguos,

por ejemplo, rojo, rojo-naranja, naranja y amarillo-naranja, pero pueden combinarse hasta un total de cinco colores (Edwards, 2006). De hecho, la escala cromática puede ser considerada “armónica” en su totalidad, pues los colores secundarios comparten afinidades con los primarios. Entre las armonías más básicas de colores análogos están las armonías de colores cálidos y las armonías de colores fríos. Aparte de estas armonías existen otras en función de las cualidades del color, como, por ejemplo las armonías de valor, que están en relación con las armonías acromáticas y monocromáticas. Normalmente, este tipo de composiciones armónicas crea un efecto estético de unidad o equilibrio visual, produciendo en el espectador una sensación de reposo y tranquilidad, posiblemente porque satisface las necesidades holísticas del hemisferio derecho del cerebro. Si se desea romper un poco ese efecto estético de unidad, se pueden usar díadas de colores análogos alternos, que consisten en combinar dos colores contiguos obviando el color intermedio entre ambos.

Los colores no se presentan aislados, sino que se influyen mutuamente, afectando a la percepción final de un color. Dentro de la terminología de Albers (2003), a este influjo mutuo de los colores se lo denomina “la interacción del color”. La interacción entre los colores tiene su explicación en el fenómeno perceptivo del contraste sucesivo, entendido como la complementariedad de los colores que el ojo exige para llegar a un equilibrio. Este fenómeno es la base del principio fundamental de la armonía y la belleza, y como decía Goethe, gracias a él el color se presta al uso estético. Por lo general, en una composición armoniosa existen colores mediadores que actúan como conciliadores entre dos tonos adyacentes o contrarios (dominante y tónico). En una composición armónica de colores complementarios, los mediadores están cercanos al color tónico. Así por ejemplo, si el color dominante es el magenta, y el color tónico el verde, los mediadores pueden ser el amarillo, si se quiere que la composición sea más cálida, o el azul, si se pretende que sea más fría (Figura 222). Se crea así una díada de colores análogos alternos (verde-amarillo o verde-azul) junto con un complementario (magenta-verde). Con ello, se consigue ejercer un efecto más armónico entre colores complementarios, pues resulta ser una tríada que tiene en su composición algún color en común.

En contraposición a las composiciones cromáticas por armonía, las composiciones cromáticas por contraste se refieren a los colores que no tienen ninguna semejanza entre ellos. Si esa falta de afinidad se lleva al extremo eliminando todos los intermediarios, se habla entonces de contrastes en oposición o contrastes polares. Estos contrastes polares pueden ser acromáticos o cromáticos. Los contrastes acromáticos combinan las oposiciones blanco-negro, y los contrastes cromáticos tienen referencia con aquellos colores complementarios que se ubican en sectores diametralmente opuestos del círculo cromático (Figura 221). Al

carecer de mediadores no comparten analogías, produciendo efectos bruscos de máximo contraste y separación. De ahí que las obras fuertemente contrastadas produzcan en el espectador sensaciones visuales dinámicas y violentas. Estas sensaciones de desequilibrio visual pueden equilibrarse de varias formas: bien mezclando ambos colores con una pequeña cantidad de su complementario, que actúa como armonizador, o bien añadiendo como color común proporciones similares de blanco o negro para apagar la saturación.

Existen muchos tipos de contrastes que definen la influencia mutua de los colores en razón de sus características. El pintor austriaco-alemán Adolf Hölzel fue el primero en sistematizar las relaciones de contraposición de los colores descritas por Goethe. Su alumno y ayudante Itten (s.f.) adoptó su sistema de contrastes cromáticos y lo amplió, llegando a identificar hasta siete tipos: Contraste del color en sí mismo, contraste claro-oscuro, contraste caliente-frío, contraste de complementarios, contraste simultáneo, contraste cualitativo y contraste cuantitativo. El contraste del color en sí mismo consiste en colocar unos colores cerca de otros más alejados en el círculo cromático, sin emplear colores intermedios (los tres colores primarios producen un fuerte contraste del color en sí mismo que va disminuyendo según los colores se alejan de ellos). En los contrastes claro-oscuro se acentúan las distinciones entre valores claros y oscuros, imprescindibles para formar el claroscuro. El contraste caliente-frío sitúa colores fríos al lado de colores cálidos, de tal forma que se produzcan diferencias entre ellos. En los contrastes de complementarios, se colocan colores que tienen poca relación entre sí, por ejemplo, los colores que se presentan diametralmente opuestos en el círculo cromático. El contraste simultáneo, cuya causa es el contraste sucesivo, se produce cuando un color es afectado por otro color que lo rodea, haciendo que se perciba con un tono, valor y saturación contrarios. Por ejemplo, los colores rodeados de blanco se apagan, mientras que los rodeados de negro se iluminan. En los contrastes cualitativos se reúnen diferentes grados de saturación, designados por la oposición entre colores intensos y apagados. Y el contraste cuantitativo depende de las proporciones de varios colores sobre la superficie para crear contrastes de grande-pequeño, largo-corto, ancho-estrecho, etc. Todos estos contrastes afectan a lo que hoy se denomina el peso visual de los colores, cuyo primer análisis lo encontramos en algunos integrantes de la Escuela de la Bauhaus.

19.2. Aspectos Formales

El color es una sensación de carácter subjetivo cuyo estudio ha introducido en la expresión artística un cierto sentido holístico por parte de autores como Goethe, Otto Runge, Kandinsky y otros artistas de la Bauhaus, como Klee, Albers o Itten, ya que el color porta un

mensaje arquetípico que tiene que ver con el misticismo. Como contraparte del color, las formas siguen una ley autosemejante, es decir, también se pueden estudiar siguiendo un patrón dual recursivo. Dentro de los aspectos formales, se incluyen la forma y la composición como combinación adecuada de las formas (teoría de la proporción). La forma es la apariencia externa de una cosa, mientras que la composición se refiere a cómo se organizan y combinan esas formas y sus colores en una obra de arte para crear un todo coherente. Para crear obras armoniosas, la forma y la composición deberían tener propiedades geométricas que permitieran emular las proporciones áureas que observamos en la naturaleza, y que ya fueron inspiraciones significativas para los griegos de la antigüedad clásica y los artistas del Renacimiento.

19.2.1. La Forma. En la pintura hay una dualidad entre el dibujo y el color a la hora de representar las formas artísticas. Históricamente, esta polaridad proviene de las asociaciones que han tenido con respecto a lo intelectual y lo sensorial, porque la línea resultaba ser más racional y funcional en comparación al color, que tenía adjudicado un rango meramente emocional y decorativo. A lo largo del tiempo, se van a ir alternando momentos en donde la forma predomina sobre el color y viceversa. Por ejemplo, en el primer Renacimiento italiano se da un equilibrio entre la forma y el color, que se va a ir rompiendo en el siguiente siglo con el arte lineal de la escuela florentina, integrada por artistas como Boticelli y Miguel Ángel, que estaba en contraposición al color de los integrantes de la escuela veneciana, como los Bellini, Giorgione, Tintoretto, Veronés, Tiziano... Esas diferencias se enfatizaron aún más en el Barroco y el Neoclasicismo, de modo que el dibujo pasó a ser un recurso estético muy valorado. Tal posicionamiento cambió gracias a los nuevos descubrimientos científicos y filosóficos acaecidos durante el XIX (Goethe, Chevrue, etc.), que asignaron al color un lugar entre los más altos valores estéticos, pues guardaba una relación con la ley de complementarios. Estos descubrimientos influyeron en el arte romántico, cuyo interés por el color expresaba la preponderancia de la intuición sobre la razón, y culminaron con los pintores impresionistas y postimpresionistas, que desvincularon definitivamente los colores de las formas. Pero no fue hasta principios del siglo XX que el arte abstracto iniciara la verdadera independencia del color. Desde entonces hasta ahora, se le ha concebido un lugar igual de válido como elemento independiente.

19.2.1.1. El Dibujo. El dibujo es la base fundamental en una amplia variedad de disciplinas artísticas, como la pintura, la escultura, la ilustración y el diseño gráfico. Se puede clasificar en dos categorías diferentes: el dibujo artístico y el dibujo técnico, dependiendo de

si el trazado de las formas sigue una configuración gráfico-plástica o geométrica. El dibujo artístico es una representación visual que se realiza de manera libre y subjetiva. Siendo así, el dibujo artístico está más ligado a las emociones y los sentimientos, en tanto que el dibujo técnico, al ser una representación visual más precisa y objetiva, es más racional y lógico. De hecho, las investigaciones de Edwards (2003) indican que la habilidad para el dibujo artístico tiene que ver más bien con el acceso a las facultades del hemisferio derecho de nuestro cerebro. El dibujo técnico, por el contrario, depende del acceso a las facultades del hemisferio izquierdo. Sin embargo, el dibujo técnico tiene igual importancia en las artes plásticas como generador de composiciones de gran expresividad artística. No en vano, a lo largo de la historia muchos artistas lo han usado para componer sus obras.

Cuando hay un estudio objetivo de la realidad representada, mediante las proporciones exactas de las formas y las valoraciones correctas del claroscuro, los elementos del dibujo artístico se encuadran dentro del denominado dibujo denotativo. Sin embargo, cuando existe una interpretación más o menos subjetiva de lo representado, los elementos del dibujo artístico entran dentro del llamado dibujo connotativo. Los dibujos que representan imágenes con un alto grado de iconicidad pertenecen al dibujo denotativo. Estos dibujos muestran significados únicos, porque son iguales para todos los espectadores. Pero en otras circunstancias, las imágenes representadas existen solo en la mente del creador, aunque tengan referencias con la realidad. Entonces el espectador se abre a la libre interpretación.

Como el dibujo artístico, el dibujo técnico tiene una lectura denotativa y connotativa. La lectura denotativa del dibujo técnico se encuentra en el trazado de carácter objetivo, como la geometría, que estudia las características y medidas de las figuras en el plano o el espacio, dependiendo de si se desarrollan en dos o tres dimensiones. Por el contrario, la lectura connotativa del dibujo técnico es de carácter subjetivo, como la denominada geometría sagrada, que se refiere a las formas geométricas que tienen un valor simbólico de carácter universal, como es el caso de las formas fundamentales sencillas (el triángulo, el cuadrado y el círculo), el pentágono, los poliedros regulares, la proporción áurea o los fractales, ya que forman parte de la geometría subyacente que aparece con regularidad en la naturaleza.

Cuando los niños pequeños no tienen un dominio efectivo del lenguaje verbal, prefieren expresarse a través del lenguaje visual. El dibujo infantil es el primer paso para relacionarse expresiva y simbólicamente con su mundo. Pero conforme la lateralización hemisférica progresa a lo largo de la etapa educativa del niño, el dibujo pasa de la expresión libre y espontánea a la representación realista. Esta evolución del dibujo infantil puede abarcar tres etapas básicas: etapa de garabatos, etapa esquemática y etapa realista. Los garabatos son los

trazos producidos por la actividad motora de los brazos y manos, y muestran los comienzos de la actuación expresiva. Esta acción pasa progresivamente de una etapa de desorden a otra más controlada y descriptiva (etapa pre-esquemática). En la etapa esquemática, el niño muestra mayor interés por representar de manera reconocible objetos o personas, aunque solo se describen sus cualidades genéricas, puesto que en esta etapa la realidad aún se percibe en su conjunto, desde un conocimiento global. Finalmente, en la etapa realista se acrecienta la capacidad del niño para describir con mayor detalle su entorno. El dibujo subyace a la pintura, y, de manera autosimilar, sus etapas parecen relacionarse con los grados de iconicidad, que van de la abstracción a la figuración, y de la figuración al realismo.

19.2.1.2. Elementos Formales Básicos. El lenguaje visual utiliza diversos elementos básicos de expresión plástica para representar las formas, ya sean bidimensionales (dibujo, pintura y grabado) o tridimensionales (escultura y arquitectura), y todos ellos se enriquecen con la combinación de la luz y el color. Estos elementos básicos del lenguaje visual son el punto, la línea, el plano y el volumen, que constituyen diversos niveles dimensionales. Un punto no tiene dimensión (aunque contiene en potencia todas las dimensiones), una línea solo posee una dimensión (altura o anchura), un plano tiene dos dimensiones (altura y anchura) y un volumen tres dimensiones (altura, anchura y profundidad). Un objeto fractal no se concibe en términos de dimensiones cero, uno, dos o tres, sino dentro de unos valores situados entre una dimensión y la siguiente. Por eso, se dice que las formas fractales tendrían un valor fraccionario intermedio entre las formas bidimensionales y tridimensionales. En el arte, la proporción áurea, y otros esquemas emparentados, sería la generatriz por excelencia que nos enseña a reconocer esas posibilidades intermedias.

El grafismo elemental con el que el artista crea su obra es el punto. Existen dos tipos de puntos: el punto geométrico, que es un elemento matemático que surge cuando dos rectas se intersecan, y el punto gráfico-plástico. En el lenguaje gráfico-plástico, los puntos pueden crear valores tonales mediante su unión o separación, de manera que producen un efecto de claroscuro para dar volumen a la representación de los objetos. Cuando los puntos se unen crean zonas más oscuras, y cuando se separan dejan espacios claros entre sí. Asimismo, se puede producir una sensación de profundidad y movimiento utilizando puntos más grandes y más pequeños, que parecen acercarse y alejarse. El punto también le sirve al artista como elemento compositivo a la hora de crear puntos o centros de interés. La proporción áurea puede usarse en la composición para distribuir estos centros de interés en una imagen.

El punto se considera estático, pero al desplazarlo sobre una superficie se genera un trazo dinámico que se convierte en una línea. Como el punto, hay dos clases de líneas: la línea geométrica, que surge cuando dos planos se cortan, y la línea gráfico-plástica, que se produce mediante trazos. Según sea la dirección del trazo, las líneas gráfico-plásticas pueden clasificarse en dos grandes grupos: las líneas simples, como la línea curva y la recta, y las compuestas, como las líneas onduladas, quebradas y mixtas, que están formadas por fragmentos de líneas curvas, rectas o una mezcla de ambas. Las líneas simples están constituidas por un solo trazo, ya sea curvo o recto, y se perciben de un solo golpe de vista. El trazo de las líneas curvas sigue varias trayectorias, y el de las líneas rectas una sola. Esta es la razón por la que las curvas expresan un mayor dinamismo e inestabilidad en comparación con las rectas, más estáticas y estables. Asimismo, la línea curva está ligada a la forma circular, mientras que la recta al cuadrado, símbolos respectivos de la unidad holográfica y la diversidad fractal. El círculo y la línea son de hecho los casos límites de la espiral áurea (Haight, 2016). En cuanto a las líneas compuestas, están formadas por fragmentos de dos o más líneas curvas o rectas, y para visualizarlas bien hay que desplazar la vista en distintas direcciones. Además de estos binomios, las líneas tienen otros: continua/discontinua, gruesa/fina, ordenada/desordenada, uniforme/modulada... Las líneas sirven igualmente para crear efectos de volumen, creando zonas de luz y sombra, como en el caso de punto, pues al separarlas y aproximarlas pueden generar claroscuros. Al mismo tiempo, con las líneas pueden crearse líneas de fuerza que ayuden a repartir los pesos visuales. En una composición, la disposición de las líneas en diferentes direcciones puede expresar distintas sensaciones: las líneas verticales expresan actividad y espiritualidad, ya que, al ubicarse en un plano perpendicular al suelo o al mar, producen una sensación de equilibrio entre el cielo (arriba) y la tierra (abajo). Las líneas horizontales, al situarse en un plano paralelo al suelo o al mar, denotan calma y apego material. Y las líneas diagonales, a medio camino entre las verticales y las horizontales, aumentan el dinamismo de los objetos, pues dan sensación de inestabilidad, como las líneas curvas. Al igual que para los centros de interés, la proporción áurea se puede utilizar en la composición de una imagen para distribuir estas líneas de fuerza.

Cuando las líneas se mueven o se cierran sobre sí mismas se convierten en planos, que dan lugar a las formas bidimensionales (solo tienen anchura y altura). Los planos pueden ser de dos tipos: el plano geométrico, que surge cuando dos formas con volumen se cortan, y el plano gráfico-plástico, que se produce mediante, por ejemplo, manchas de color. Los planos gráfico-plásticos pueden ser regulares, cuando tienen todos sus lados y ángulos iguales, e irregulares, cuando sus lados y ángulos son diferentes. El artista también puede utilizar el

plano como soporte sobre el que dibujar o pintar. El plano como soporte adquiere múltiples formatos, los cuales hacen aflorar distintas sensaciones. Si el formato del soporte tiene forma cuadrada da sensación de equilibrio, y con forma circular, transmite dinamismo. El soporte se puede colocar también en distintas orientaciones. Las orientaciones más usadas son las horizontales y las verticales. Generalmente, las sensaciones que producen ambas vienen impuestas por nuestra experiencia sobre la gravitación. Así, un plano rectangular en posición horizontal transmite sensación de pesadez y sosiego, mientras que otro colocado en posición vertical expresa ingravidez y elevación. El plano con forma de rectángulo áureo se situaría en un término medio entre ambos, ya que da la sensación de que vence la gravedad, pero a su vez parece estar condicionada por ella.

La consecuencia final de estos tres elementos formales básicos (el punto, la línea y el plano) es la forma, que según Kandinsky, es la delimitación de una superficie interna por una superficie externa. Debido a esa delimitación, los distintos elementos de una forma se perciben como unidades individuales dotadas de significado. De ahí que se diga que la forma es un todo mayor que la suma de sus partes, tal y como se manifiestan los fractales. Una forma además se puede presentar ubicada en un espacio bidimensional o tridimensional, dependiendo de que se configure como un plano o como un volumen. En la percepción de esas formas podemos apreciar aspectos duales, según sean naturales o artificiales, orgánicas o geométrica, etc. Una estructura fractal estaría determinada por esas dos dimensiones opuestas, debido a que se puede representar en un plano bidimensional, pero tiene propiedades que parecen típicas de los objetos tridimensionales.

La textura es una característica que presenta la superficie de las formas, tanto bidimensionales como tridimensionales, y al tratarse de elementos similares situados a una distancia parecida, puede considerarse un tipo de geometría fractal. De hecho, Mandelbrot (1975) considera que buena parte de la geometría fractal puede pasar por el estudio implícito de la textura. Junto al color y la forma, la textura constituye uno de los elementos básicos del lenguaje visual, pudiéndose percibir a través de la vista o del tacto. Cuando las percibimos solo a través de la vista se llaman texturas visuales, y si además son percibidas por el tacto se denominan texturas táctiles. Por lo general, la textura visual se usa en la pintura para simular la superficie de las cosas en un plano bidimensional; y la táctil especialmente en la escultura, donde la superficie es real y tridimensional. En este último caso, la textura incide en el soporte añadiendo o quitando materia de su superficie, como cuando se aplica una capa de arcilla sobre una estructura de alambre, o cuando se talla una escultura en madera o piedra. Las texturas también se clasifican en naturales y artificiales, orgánicas y geométricas, uniformes y

variadas, entre otras. Y producen diferentes sensaciones visuales según sean brillantes o mates, opacas o transparentes, lisas o rugosas, superficiales o profundas, suaves o ásperas, blandas o duras. Además, pueden generar ilusión de cercanía o lejanía mediante su materialidad, un recurso que ha sido ampliamente utilizado en la pintura. Por ejemplo, una superficie con una textura más matérica puede dar la impresión de estar más cerca, mientras que una superficie con una textura menos matérica puede dar la impresión de estar más lejos.

19.2.1.3. Psicología de la Forma. La fuente principal de la experiencia estética es la percepción, cuyos elementos son las formas y los contenidos, que pueden ser captados de manera sensible o intelectual. El estudio del proceso perceptivo de las formas pertenece a la psicología de la forma (o psicología de la Gestalt), que subraya que la percepción tiende a relacionar las formas de las imágenes para crear estructuras en donde el todo es más que la simple suma de las partes constituyentes, como indica el enfoque estructuralista, que se basa en crear vínculos entre los diferentes elementos hasta establecer sistemas coherentes, con sentido. Otro aspecto de la psicología de la forma es el isomorfismo, es decir, la analogía de estructuras entre lo psíquico y lo físico, y entre lo psicofísico y el entorno. De este modo, se establece una armonía entre la mente humana y el mundo físico.

La psicología de la forma desarrolló una serie de leyes perceptivas en la relación de las formas. Estas leyes suponen unos supuestos universales que fundamentan el carácter objetivo de la belleza, emparentado con lo clásico, pues en ellas está presente la visión holística de que el todo es más que la suma de sus partes, un enfoque que se ha encargado de contrarrestar las estéticas de la interpretación, que se consideran complementarias a la formalización. En el arte, las leyes perceptivas pueden usarse para guiar la atención del espectador hacia los elementos más importantes de una obra. Una de las leyes más relevantes de la Gestalt es la ley general de figura y fondo, que incurre en la tendencia del campo perceptivo a separar la totalidad en figura y fondo. El campo perceptivo es un concepto que se refiere al contexto en donde los elementos se interrelacionan. La figura es la zona de una imagen que emerge del campo visual, la parte con forma definida donde se focaliza la mirada. La zona restante que queda detrás o alrededor de la figura es el fondo, algo indefinido que sirve de base a la figura. La figura puede ser el elemento principal de una obra de arte, como por ejemplo una persona, mientras que el fondo puede ser una escena más general, como un paisaje. Al realizar una imagen, el artista necesita ver simultáneamente los espacios ocupados de las figuras y los vacíos de los fondos para poder captar el sentido estético de la totalidad, porque en la relación figura-fondo se producen todas las posibilidades formales y cromáticas. Por ejemplo, el fondo puede apoyar la composición de la figura, y el color del fondo condicionar el color de la figu-

ra. Una determina a la otra, de manera que si el fondo se modifica, también se altera la figura, y viceversa.

El operador dual del hemisferio izquierdo se fija en los elementos individuales separados de su entorno, en las figuras concretas de una imagen, ya que al no considerar la figura como parte del fondo, las independiza mediante la focalización, ignorando así la unidad gestáltica. Esa es la razón por la que nuestra mente racional no puede ver simultáneamente figura y fondo cuando se trata de formas ambiguas, una circunstancia que se dio en llamar “ley de reversibilidad”. Al contrario, el operador holístico del hemisferio derecho se concentra en los aspectos más amplios, en los fondos de la imagen y en los vínculos entre fondo y figura, por lo que nunca percibe las figuras de forma independiente, sino globalmente. La visión central y la periférica estarían directamente relacionadas con sendos operadores, así como el ojo dominante y no dominante.

19.2.1.4. Clasificación de las Formas. La forma define la apariencia externa de los objetos, y comprende la conjunción de todos los elementos expresivos del lenguaje visual. Los distintos aspectos físicos de las cosas permiten la existencia de muchos tipos de formas con diferentes clasificaciones, aunque en líneas generales, todas ellas comparten una similitud heurística con la dualidad onda-partícula y los hemisferios cerebrales, al igual que ocurre con las dualidades cromáticas.

La clasificación de las formas se puede realizar de maneras diferentes, pero una forma común de clasificarlas es en función a la ley de figura-fondo. Según esta ley, las formas se pueden clasificar en abiertas o cerradas, negativas o positivas y homogéneas o heterogéneas:

- Formas abiertas y cerradas: Cuando dibujamos una forma, recurrimos a una línea para representar el límite que permite evitar la incertidumbre y hacer comprensible las formas. A partir de entonces, la forma se convierte en figura. La línea que delimita el exterior de una figura es una línea periférica que se denomina contorno. El contorno indica la distinción entre la figura y el fondo, ya que separa la forma del entorno. Y lo que queda encerrado dentro del contorno se considera dintorno. Si el dintorno es de una misma textura o color estamos ante una silueta.

La línea del contorno de una forma puede romperse o no, aspecto que permite clasificar las formas en abiertas o cerradas. Las formas abiertas son aquellas que rompen los contornos de las figuras, de tal manera que resulta difícil delimitarlas con exactitud. Esta cualidad indeterminada hace que las figuras se integren entre sí y con el fondo. Ello permite que el espectador las conciba como un todo. Por contra, las formas cerradas delimitan las figuras mediante unos contornos perfectamente determinados, por lo que se separan visualmente de

otras figuras y del fondo, permitiendo una mayor objetividad por parte del observador. Respecto a las sensaciones que transmiten, las formas abiertas producen sensación de movimiento, vitalidad y de síntesis, y las cerradas, al concentrar la superficie, crean efectos más estables, sosegados y de análisis. Si se combinan las dos, las formas abiertas se perciben como más lejanas y las cerradas como más cercanas. Esta dualidad en la percepción del espacio define los conceptos de formas difusas y nítidas en la fotografía. Las formas difusas son borrosas y desenfocadas, mientras que las nítidas son claras y enfocadas. En cuanto a la escultura y la arquitectura, las formas abiertas aparecen cuando no existe una delimitación entre el volumen exterior y el interior, entre las formas convexas y cóncavas.

- Formas negativas y positivas: Las formas negativas y positivas se refieren a la relación entre la figura y el fondo o espacio que la rodea. Las formas negativas se perciben como un espacio vacío y a su alrededor hay espacio ocupado. Al contrario, las formas positivas son las que ocupan un espacio en concreto, alrededor del cual existen espacios vacíos. En el caso de las formas positivas, el color blanco del papel suele considerarse como espacio vacío, y se menciona como el fondo, mientras que el negro es visto como espacio ocupado, el cual es mencionado como la figura. Pero en las formas negativas se invierte el orden, de modo que el fondo negro se identifica como un espacio ocupado, y la figura blanca como un espacio vacío. La percepción de ese espacio vacío es crucial a la hora de resolver problemas compositivos, porque permite unificar los dos elementos básicos dentro de una composición, algo tan propio de la modalidad del hemisferio cerebral derecho. Concentrarse solamente en uno de los dos impide ver el conjunto.

- Formas homogéneas y heterogéneas: Una figura puede destacar más o menos sobre un fondo gracias a los contrastes, según se atienda a la homogeneidad o a la heterogeneidad de sus formas. Las formas homogéneas son aquellas que tienen un aspecto uniforme. En un conjunto visual homogéneo, la figura se confunde con el fondo, se camufla, y sus relaciones se vuelven borrosas. Por el contrario, las formas heterogéneas son aquellas que tienen un aspecto desigual. En un conjunto visual heterogéneo, existe un contraste nítido entre la figura y el fondo, de manera que la figura se diferencia claramente del fondo. Las formas homogéneas y las heterogéneas pueden evocar sensaciones subjetivas diferentes. Las formas homogéneas pueden transmitir una sensación de uniformidad y cohesión, mientras que las formas heterogéneas de variedad y diversidad.

Aparte de esta clasificación, las formas se pueden clasificar en función de otras características y cualidades. Según sea su origen, naturaleza, configuración, apariencia o grado de

iconicidad, las formas pueden ser naturales o artificiales, orgánicas o geométricas, bidimensionales o tridimensionales, simples o complejas, abstractas o realistas, etc.

- Formas naturales y artificiales: Según su origen, las formas pueden ser naturales y artificiales. Las formas naturales provienen de la propia naturaleza, y se dividen en formas orgánicas e inorgánicas como, por ejemplo una planta y una piedra. Por el contrario, las formas artificiales han sido creadas por el ser humano, algunas veces incluso modificando o imitando a las formas naturales. Por ejemplo, podemos encontrar fractales naturales en las producciones geométricas culturales, como en las formas de las construcciones.

- Formas orgánicas y geométricas: En cuanto a su naturaleza, las formas pueden ser orgánicas o geométricas. Las formas orgánicas tienen una configuración irregular, en ocasiones imprevisible. Estas formas se usan a menudo para comunicar ideas relacionadas con la naturaleza y la vida, y pueden incluir formas como ramas, hojas y flores. Por otro lado, las formas geométricas se construyen siguiendo un trazado regular, formado por líneas o curvas geométricas. Estas formas se basan en figuras básicas, como círculos, triángulos y cuadrados, y se utilizan a menudo para comunicar conceptos lógicos y matemáticos. Las primeras suelen tener contornos suaves y curvos, y las segundas contornos angulosos y rectos. En relación a las sensaciones que evocan, las formas geométricas producen una sensación visual de estabilidad y orden, mientras que las formas orgánicas de movimiento y desorden, ya que en ellas predominan la línea curva sobre la línea recta. Numerosas formas naturales se incluyen dentro del grupo de las orgánicas (nubes, montañas, árboles...), así como las formas que intentan imitarlas. No obstante, la naturaleza también produce formas que se organizan según leyes matemáticas. Por ejemplo, la naturaleza fractal es la manifestación de un sistema matemático que se reitera.

Dentro de las formas geométricas, existe una subdivisión que divide las formas en simples o compuestas. Las formas simples son aquellas figuras básicas a partir de las cuales pueden crearse todas las demás, por ejemplo, los círculos, triángulos, cuadrados, etc. Y las formas compuestas son las formadas por la reunión de varias figuras simples. Además, las formas simples y compuestas pueden ser regulares o irregulares. Las formas regulares son aquellas cuyos lados y ángulos permanecen iguales (por ejemplo, el triángulo equilátero, el cuadrado, el pentágono regular, un dodecaedro, etc.), y las formas irregulares no están definidas según la igualdad de sus lados y ángulos, ya que son más libres. En ambos casos pueden ser cóncavas o convexas, según la prolongación del contorno entre en el interior de la figura o permanezca exterior a ella.

- Formas bidimensionales y tridimensionales: Si atendemos a su configuración, las formas pueden ser bidimensionales o tridimensionales, en función de que representen cosas incorpóreas o corpóreas. Las formas bidimensionales son aquellas que se desarrollan en el plano y tienen dos dimensiones (altura y anchura), mientras que las formas tridimensionales son aquellas otras que parten de volúmenes que se van desarrollando en un espacio tridimensional (altura, anchura y profundidad). Las primeras solo se pueden observar desde una posición, y las segundas pueden observarse desde muchos puntos de vista. Entre los diferentes medios clásicos que utilizan las formas bidimensionales encontramos el dibujo y la pintura. Y entre los que dependen de las tres dimensiones de espacio están la escultura y la arquitectura. El relieve, con sus dos variantes (altorrelieve y bajorrelieve), sería un paso intermedio entre la escultura y la pintura, el volumen y el plano.

En cuanto a las formas planas y bidimensionales, estas pueden dar lugar a la sensación visual de volumen y tridimensionalidad. Existen dos métodos fundamentales que usan los artistas para crear esta sensación en una obra: la perspectiva lineal y la perspectiva aérea o atmosférica, un método cuya definición introdujo Leonardo Da Vinci en su *Tratado de la Pintura*. La perspectiva lineal afecta a la forma y la composición. Utiliza líneas que convergen en uno o más puntos de fuga situados en el infinito, para determinar los efectos de disminución proporcional del tamaño de los cuerpos, que se hacen más pequeños conforme aumenta la distancia. Estos efectos producen una ilusión óptica de cercanía y lejanía que crea una especie de autosimilitud fractal cuando los elementos se repiten. La perspectiva aérea, sin embargo, va un paso más allá una vez se establecen los fundamentos geométricos y formales de la perspectiva lineal, puesto que juega un papel decisivo en cómo se ve afectada la luz y el color de los cuerpos conforme se alejan, tendiendo todos ellos hacia el grisáceo, azulado o blanquecino. Ello sucede porque las partículas de polvo y humedad que frotan en el aire dispersan más la luz de longitud de onda corta (azul) que la de longitud de onda larga (rojo). Por ejemplo, ante una imagen real los colores y los contrastes máximos disminuyen con la distancia, pues la interposición del aire acaba por suavizarlos. Ambos tipos de perspectivas comportan una complementariedad, tal y como señaló Leonardo Da Vinci.

- Formas simples y complejas: Según su apariencia, las formas pueden ser simples o complejas. Las formas simples están formadas por pocos elementos, los cuales se visualizan en su totalidad en un solo golpe de vista, como puede ser un punto, una línea o un plano. Sin embargo, las complejas están constituidas por varios elementos simples (puntos, líneas, planos, texturas, colores...) que se relacionan entre sí de forma compleja, razón por la que se

precisa que la vista se desplace para abarcarlos en su totalidad. Por ejemplo, los fractales son formas muy complejas que se originan a partir de la iteración de un proceso geométrico muy simple basado en la proporción áurea.

- Formas abstractas y realistas: Al nivel de semejanza entre una representación gráfico-plástica y el objeto real que representa se denomina “grado de iconicidad”. Si bien semejanza es un sinónimo adecuado para analogía, en general se habla de grado de iconicidad cuando existe más o menos parecido de una imagen con la realidad. Si se parece mucho, entonces diremos que la imagen representada tiene un alto grado de iconicidad, y si el parecido es menor, un bajo grado de iconicidad. Existe la posibilidad de representar diversos niveles o grados de iconicidad, pero para una comprensión más básica y generalizadora, los teóricos establecen tres niveles fundamentales: grado de iconicidad alto, bajo y medio, que representan los varios niveles de percepción y cognición.

Según el grado de iconicidad, existen dos maneras básicas de representar las formas sobre un plano o un volumen: las formas realistas y las formas abstractas. Las formas realistas tienen un alto grado de iconicidad, porque representan con fidelidad y detalle los objetos del mundo físico, ya sean naturales o artificiales, esto es, sus representaciones tienden hacia la imitación tridimensional de la realidad, a través de nuestros sentidos externos y nuestra razón. Cuanto más se acerque a lo representado, mayor será su realismo. Un claro ejemplo de ello serían las imágenes hiperrealistas, que incluyen retratos, paisajes, objetos cotidianos y otros tipos de formas que se pueden reconocer fácilmente. Por el contrario, las formas abstractas tienen un bajo grado de iconicidad, pues no precisan de la identificación con el mundo real, más bien se decantan hacia la representación interna, que evoca emociones que se dirigen hacia lo ideal. Muchas obras de otro tiempo se relacionan con este concepto idealista de la realidad. Cuando las formas no se identifican dentro de este binomio se denominan formas figurativas. Las formas figurativas, que se caracterizan por su configuración geométrica, esquemática o deformada, tienen un grado de iconicidad medio, de modo que funcionan como intermediarias entre las formas realistas y las abstractas. De esta manera, el artista puede crear equilibrio entre lo subjetivo y lo objetivo en su trabajo.

Los tres niveles de iconicidad están en relación con los tres estilos artísticos: el estilo realista, el abstracto y el figurativo, dentro de los cuales hay diferentes grados. En el estilo realista, se puede diferenciar un estilo artístico o científico, según representen menor o mayor grado de objetividad. En el estilo abstracto, podemos hablar de un estilo lírico o geométrico, según se ponga el acento en la expresión o en la técnica. La obra del artista ruso Kandinsky inició la corriente lírica de la abstracción como expresión de la intuición y la emoción, que

influenciará poco después en el Expresionismo Abstracto y en el Informalismo europeo; y el arte abstracto difundido por la Bauhaus, De Stijl y el Constructivismo ruso, al tomar como punto de partida la lógica propia de las ciencias matemáticas y la razón, inauguró la vertiente geométrica. Finalmente, el estilo figurativo abarca una amplia gama de configuraciones estilísticas entre ambos extremos.

El realismo es, desde el punto de vista artístico, la búsqueda de una imitación de la realidad objetiva que cumple con la actitud racional del arte, y la abstracción una creación vinculada a la actitud emocional, por la que más se aprecia la subjetividad y expresión del artista. En este aspecto, el realismo y la abstracción parecen referirse a los conceptos estéticos de mimesis y poiesis. En la mimesis, la obra de arte es una imitación de la naturaleza, de ahí que la aplicación del concepto de mimesis se desarrolle en las representaciones gráfico-plásticas que tienen un alto grado de iconicidad, como la fotografía, que puede considerarse el medio más adecuado para imitar la realidad de forma objetiva. Por contra, en la poiesis la obra de arte no representa la realidad, sino que expresa creativamente las fantasías y sueños del artista, lo que le hace liberarse de los condicionantes físicos de la imitación mediante la invención creadora. Tanto la imitación como la invención son reflejos de los fenómenos naturales. La imitación, al poseer un carácter repetitivo, se relaciona con los fractales naturales, cuya reorganización surge a partir de la similitud de sus niveles. La invención, sin embargo, sería comparada con los saltos que integran sus niveles.

Ya que el origen del arte abstracto se halla en los estratos inconscientes de la mente y está lleno de posibilidades interpretativas, parece haber un nexo muy fuerte entre la abstracción y el orden implicado. En ese sentido, se podría decir que el arte abstracto tiene una relación cercana con la física cuántica, porque ambos campos tienen similitudes en cuanto a la forma de desafiar muchas de las nociones convencionales sobre la interpretación de la realidad. De hecho, la abstracción y la física cuántica surgen prácticamente al mismo tiempo. Ello lleva a inferir que los niveles básicos de iconicidad, el realismo, la abstracción y la figuración, se corresponden con los tres niveles de la realidad: el nivel corpuscular, que es la estructura de los cuerpos que se desarrolla en el nivel de la realidad explícita, donde aparecen las dualidades del mundo físico por el colapso de las superposiciones en un solo estado particular, y de ahí las separaciones y fragmentaciones; el nivel ondulatorio, que es el nivel de la realidad implícita que coexiste con el nivel de los cuerpos, cuya potencialidad infinita, de múltiples posibilidades superpuestas no manifestadas, otorga unidad a las dualidades del mundo; y el nivel de los intermediarios equilibradores, que permiten que la información del

sistema fluya de una realidad a otra. Cada nivel de iconicidad revelaría una proyección particular de la naturaleza corpuscular y ondulatoria de la luz.

19.2.1.5. Interacción y Relaciones entre las Formas. La armonía y el contraste de colores tienen que ver con las interacciones cromáticas que se pueden producir en una composición. Como en los colores, la interacción entre formas tiene su explicación en el fenómeno perceptivo de la armonía y del contraste. El contraste se produce cuando existen diferencias muy marcadas entre los componentes formales de una imagen, pues carecen completamente de toda afinidad, todo lo contrario a lo que ocurre con la armonía, cuyos contrastes se modulan gradualmente mediante mediadores o armonizadores. Existen varios tipos de contrastes que hacen que las formas puedan interrelacionarse entre sí para crear oposiciones visuales: Contraste de formas (figura/fondo, naturales/artificiales, orgánicas/geométricas, simples/complejas, realistas/abstractas...), de texturas (visuales/táctiles, naturales/artificiales, brillantes/mates, lisas/rugosas, suaves/ásperas, transparentes/opacas...), de cantidad (mucho/poco, lleno/vacío...), de posición (arriba/abajo, derecha/izquierda...), de dirección (vertical/horizontal...), de peso visual (ligero/pesado, inestable/estable...), etc.

La armonía formal se caracteriza por las relaciones de unidad existentes entre las partes entre sí y esas partes con el conjunto de la obra. De esta manera, está ligada al concepto de tamaño (pequeño/grande, corto/largo...) y proporción (reducción/ampliación...), que son propiedades espaciales que entran dentro del contraste cuantitativo de las imágenes. Entre las relaciones de proporcionalidad cuantitativas encontramos la igualdad y la semejanza, conceptos íntimamente vinculados entre sí, puesto que vienen dados por el concepto de “razón de proporción”. Se dice que dos formas son iguales cuando tienen el mismo tamaño y proporción, y dos figuras son semejantes cuando son iguales pero tienen tamaños y proporciones diferentes. La razón de proporción de dos figuras iguales es 1, puesto que sus formas no disminuyen ni aumentan; mientras que la razón de dos figuras semejantes puede ser mayor o menor que 1, resultando ser más grandes o más pequeñas que el original. La propiedad de autosimilitud de la proporción áurea está en relación directa con esa noción de semejanza, y la razón de proporción que la define se conoce como número áureo. Los griegos de la antigüedad creían que esta razón era la forma más sencilla de relacionar formas y garantizar la armonía del conjunto. Los fractales implicados también ofrecen una muestra de las relaciones de proporcionalidad.

19.2.2. La Composición. En toda composición se pueden distinguir dos elementos básicos: los elementos gráfico-plásticos y los espaciales, ya sean bidimensionales o tridimen-

sionales. Componer consistiría en disponer adecuadamente los elementos gráfico-plásticos de una obra, como puntos, líneas, formas, colores o texturas, sobre un espacio plano o volumétrico hasta formar un conjunto coherente, por lo que el concepto de fractalidad puede ser aplicado a partir del concepto de coherencia de una obra de arte completa. Una buena composición nos transmite coherencia porque los diversos elementos gráfico-plásticos se complementan entre sí, configurando un todo organizado armoniosamente. Lo contrario supone el desorden, la incoherencia, la desarmonía y la incapacidad de formar una totalidad. Toda obra de arte necesita de las leyes compositivas para equilibrar las distintas partes de un todo, y esto es un axioma universal que comparte con las formas equilibradas de muchos sistemas complejos. De hecho, la belleza de la naturaleza se expresa, entre otras cosas, a través de la coherencia entre las partes y el todo.

Mirar una imagen comporta la percepción de un sistema complejo en donde los elementos individuales asumen un significado que contribuye a dar una unidad al conjunto. Al igual que en la estructura fractal, en una imagen existe una jerarquía de elementos con diferentes niveles de importancia que ayuda a organizarla visualmente. Al nivel jerárquico de importancia de esos elementos se lo denomina “énfasis”. En una composición, los elementos más importantes reciben más atención visual y se convierten en centros de interés de la imagen, alrededor de los cuales se estructura la composición. Esos puntos específicos de atención guían al espectador a través del espacio de la obra, e interactúan recíprocamente para generar líneas de fuerza, que son líneas imaginarias que forman el armazón compositivo. En la composición, las líneas de fuerza tienen como finalidad marcar la dirección que la mirada recorre entre los centros de interés de una imagen, aportando ritmo, dinamismo y equilibrio al conjunto, y pueden estar determinadas tanto por la disposición de las formas como de los colores. Con las líneas de fuerza se pueden crear composiciones estáticas o dinámicas. Las composiciones estáticas son las que tienen líneas de fuerza horizontales y verticales, en tanto que las dinámicas son aquellas en las que las líneas de fuerza son diagonales. Como regla general, las líneas de fuerza horizontales dirigen la mirada de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, y dan sensación de estabilidad, quietud y tranquilidad; mientras que las composiciones con líneas de fuerza verticales dirigen la mirada de arriba abajo o de abajo arriba, transmitiendo una sensación de crecimiento, ascenso o elevación espiritual. Las líneas de fuerza diagonales, al encontrarse entre la horizontalidad y la verticalidad, dan sensación de movimiento y voluntad. No obstante, las líneas de fuerza pueden responder a otras solu-

ciones compositivas que permitan dividir el espacio de forma armónica, como el rectángulo áureo, que se produce a partir de la proporción áurea.

Los centros de interés vienen dados por el peso visual de los elementos formales y cromáticos, que es la capacidad que tiene un elemento de la composición para atraer la mirada del espectador, y que viene dada por la percepción subjetiva que la fuerza de la gravedad ejerce sobre ese elemento. El peso visual se relaciona directamente con el contraste entre la figura y el fondo, de modo que cuanto menor sea el contraste, menor será el peso visual percibido, y cuanto mayor sea el contraste, mayor sensación de peso se percibirá. El peso visual puede ser afectado por diversos factores, pero los más determinantes son la situación, el tamaño, la forma y la textura de los elementos formales de una composición. Por lo general, los elementos situados en la parte inferior o a la derecha son más pesados que los ubicados en la parte superior o a la izquierda. En cuanto al tamaño, los elementos formales de menor tamaño tienen menor peso visual que las formas más grandes, aunque este aspecto depende del contraste que puedan tener con el fondo. Respecto a la forma, en general, las formas abiertas, negativas, homogéneas, orgánicas, irregulares, bidimensionales, simples y abstractas pesan menos que las formas cerradas, positivas, heterogéneas, geométricas, regulares, tridimensionales, complejas y realistas. En relación a la textura, las formas con texturas parecen más pesadas que las que no las tienen, y las formas con texturas visuales parecen menos pesadas que las texturas táctiles. Asimismo, ciertos colores pueden ser más pesados que otros. Esto puede afectar a la sensación de cercanía o lejanía de un color, ya que unos colores tienen a expandirse y otros a contraerse sobre fondo negro, como manifestó Itten (s.f.), por lo que parecen ocupar mayor espacio que sus contrarios, y por lo tanto, parecen más pesados (y a la inversa sobre fondo blanco). Por ejemplo, los colores saturados pesan más que los no saturados, y los colores oscuros dan más peso visual que los claros. Estas sensaciones de peso visual también se producen entre otros binomios cromáticos. Aunque no es una regla absoluta, pues depende del tamaño de la mancha y del contraste con el fondo, los colores matéricos, primarios, cálidos, cromáticos y policromáticos parecen tener mayor peso visual que los colores luz, secundarios, fríos, acromáticos y monocromáticos. En una composición, las figuras realizadas con colores de mayor peso visual proporcionan sensación de cercanía, sobre todo si se colocan en la parte inferior; y las figuras entonadas en base a colores con menos peso visual y colocadas en la parte superior parecen más lejanas. En los colores, se supone que las analogías y los contrastes pueden producir armonías cromáticas, pero, en última instancia, la simetría, el ritmo y la proporción también pueden producirlas, dado que implican que los pesos visuales y tamaños de los colores se equilibren entre sí en una superficie.

Una composición armónica que proporcione unidad consiste en distribuir los centros de interés y las líneas de fuerza de manera equilibrada sobre el soporte, pero para ello debe seguir determinadas normas que tienen que ver con la simetría, la ordenación rítmica y las proporciones, especialmente la proporción áurea, que estudiaremos en el siguiente apartado.

19.2.2.1. Simetría. En la naturaleza, la simetría es una forma de orden y belleza visual que consiste en la relación espacial de formas semejantes pero contrapuestas. Por lo general, el plan corporal de la mayoría de los seres vivos exhibe dos tipos de simetría: la simetría axial o bilateral y la simetría central o radial. La simetría axial es la regla geométrica que divide por igual los elementos formales y sus relaciones en izquierda y derecha a partir de un eje de simetría, de manera que cada parte es opuesta respecto a la otra. Un ejemplo común de simetría axial es una mariposa, que es simétrica con respecto a un eje. Por otro lado, en la simetría radial o central los elementos de la forma se distribuyen alrededor de un punto o centro de simetría. Un ejemplo sería los pétalos de una flor dispuestos alrededor de un punto central. Sin embargo, como ya ha quedado dicho a lo largo de la presente investigación, para que existan estructuras simétricas (unidad) es necesario también que se produzcan rupturas de simetría (diversidad), lo que quiere decir que la simetría juega un papel tan importante en la evolución como la asimetría. De hecho, la evolución del cosmos, de la naturaleza y de la sociedad están jalonadas por simetrías y rupturas de simetría como generadores de complejidad. Sin ir más lejos, las cuatro fuerzas fundamentales del universo parecen haber surgido de la ruptura de un campo simétrico de energía primordial. La geometría fractal sería la manifestación de estas rupturas en los sistemas complejos.

Las simetrías de la naturaleza se han usado mucho en el ámbito artístico, pudiéndose contemplar también en las composiciones. En arte, existen dos formas opuestas de ordenar los elementos del lenguaje plástico: las composiciones simétricas y las asimétricas, que están en relación con efectos visuales contrapuestos de armonía-contraste, estatismo-dinamismo, equilibrio-desequilibrio, etc., entendiendo por desequilibrio una mayor libertad a la hora de establecer leyes organizativas. Al igual que en la naturaleza, el orden simétrico supone igualdad y unidad, mientras que el asimétrico desigualdad y diversidad. La simetría da lugar a un efecto visual de artificialidad, frialdad y estabilidad en una composición. El criterio de organización empleado en ella es la ley de la balanza, un método usado para equilibrar pesos visuales.

Normalmente, las composiciones simétricas se basan en la organización equilibrada de los pesos visuales. Para que el equilibrio entre pesos visuales se dé dentro de un ritmo simétrico, suelen emplearse esquemas compositivos simples que se apoyan, en la mayoría de

los casos, en formas geométricas elementales, como por ejemplo las composiciones circulares, triangulares, en aspa, etc. (Figura 223), o complejas, combinando dos o más esquemas simples. En estos esquemas, los elementos pueden colocarse siguiendo ejes de simetría o centrarse. Dependiendo de si estos elementos huyen del eje o del centro de simetría, las fuerzas visuales de estas composiciones pueden ser abiertas o centrífugas, y cerradas o centrípetas. En las abiertas, todos los elementos huyen de un eje central (formas con forma de aspa, de uve, de ce...), y en las cerradas confluyen en él (formas circulares, ovaladas, triangulares, cuadradas, rectangulares...). Las cerradas globalizan el conjunto, y las abiertas individualizan sus distintos elementos. En las primeras se dice que es una composición unitaria, y en las segundas que es una composición fragmentada. No obstante, estos esquemas compositivos simétricos pueden conferir estatismo a la composición, porque siguen el criterio de la ley de la balanza. Si se quiere buscar mayor dinamismo compositivo se puede desplazar el eje o el centro de simetría, buscando establecer un equilibrio asimétrico entre pesos visuales (ley de compensación de masas). Las composiciones asimétricas resultan, en general, más naturales, cálidas e inestables que las simétricas. Asimismo, se puede usar la proporción áurea como esquema compositivo asimétrico a la hora de organizar los pesos visuales.

En el siglo XX, el teórico del arte estadounidense Jay Hambidge (como se citó en Ghyka, 1977) estableció en sus libros dos tipos de simetría en el arte clásico y moderno aludiendo a la simetría estática y la simetría dinámica. La simetría estática se caracteriza por la simetría respecto a un eje (simetría axial) o centro (simetría central). Dicha simetría se aprecia claramente en las figuras regulares básicas, como el círculo, el triángulo equilátero y el cuadrado. Comparado con la simetría estática, la simetría dinámica, también llamada simetría de la similitud, implica crecimiento y movimiento, dado que se basa en la espiral logarítmica, en la secuencia de Fibonacci y en la proporción áurea, que se caracterizan por el aumento o disminución de sus elementos sin perder la identidad con el todo. Según Hambidge, este tipo de simetría lleva a la simetría orgánica en el arte. El caso más representativo de esta clase de simetría orgánica sería la simetría recursiva de los rectángulos llamados dinámicos, que son aquellos cuya relación entre los lados mayor y menor (módulo del rectángulo) es inconmensurable, es decir, irracional ($\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{5} + 1/2 = \text{phi}...$). Debido a que los números irracionales son infinitos, las formas de estos rectángulos producen proporciones armónicas conforme se dividen, como los patrones de crecimiento orgánico. El rectángulo áureo, que parece manifestar en el hombre un mayor placer estético, sería un ejemplo de rectángulo dinámico. Cuando la relación del módulo es un número racional, sea un número entero (1, 2, 3...) o

fraccionario ($1/2$, $2/3$, $3/3\dots$), estamos ante un rectángulo estático. Al basarse en números racionales, los rectángulos estáticos no producen proporciones armónicas.

La simetría, tanto estática como dinámica, es un principio fundamental en la naturaleza y en el universo. La simetría axial-central puede ser vista como una forma de la simetría estática que se repite en muchos niveles. Por otro lado, la proporción áurea puede ser vista como una representación de la simetría dinámica que equilibra esas dualidades en una unidad. La dualidad se manifiesta en la división de la línea en dos segmentos, mientras que la unidad en la constancia de la proporción entre los segmentos a través de los niveles fractales de organización. En el lenguaje visual, las dualidades cromáticas y formales pueden ser armonizadas mediante estas simetrías dinámicas. La interacción de simetrías estáticas y dinámicas son elementos que contribuyen a la autosimilitud y la armonía en los sistemas complejos. De esta forma, ambas pueden ser utilizadas como una forma de analogía de la naturaleza y el universo en la creación artística.

19.2.2.2. Ritmo. La simetría integra el concepto de ritmo, un flujo de movimiento que se caracteriza por la repetición armónica de elementos iguales o diferentes. Los ritmos están presentes en los fenómenos naturales, desde las fases de la luna, la alternancia del día y la noche, las estaciones del año, la marea alta y la marea baja, hasta los latidos del corazón o la respiración, entre otros muchos. En ciertas ocasiones, ese ritmo vital se basa en la sucesión de Fibonacci y aparece en la belleza rítmica de la geometría fractal. Son procesos rítmicos fractales que se repiten de forma dinámica en la naturaleza, aumentando de tamaño o disminuyendo con la proporción del número phi.

Las periodicidades rítmicas de la vida aparecen inclusive en las artes plásticas, en donde la repetición de las luces y sombras, los colores y las formas, pueden generar un ritmo visual lumínico, cromático y formal en la composición. Estos ritmos visuales articulan las distintas partes de un todo de forma estética, otorgando a la obra una adecuada unidad compositiva. En el arte visual, los ritmos se pueden clasificar básicamente en dos grupos: los ritmos uniformes y los ritmos binarios. El ritmo uniforme es aquel ritmo que consiste en repetir un mismo elemento visual a intervalos regulares. Dependiendo de que el intervalo entre los elementos visuales sea grande o pequeño, se pueden crear sensaciones de movimiento lento o rápido. Por otra parte, el ritmo binario alterna dos elementos diferentes que se repiten de forma regular (pequeño-grande, abajo-arriba, negro-blanco, etc.). Otra clasificación son los ritmos crecientes o decrecientes, que se consiguen con la repetición de formas similares cuyos tamaños se va modificando progresivamente, agrandándose o empequeñeciéndose en una determinada dirección. Aparte de estas clasificaciones, también están los ritmos rectilíneos o

curvilíneos, los ritmos continuos o discontinuos, los ritmos concéntricos o radiales, entre otros. De la misma manera, la simetría axial y central entran dentro del concepto de ritmo, puesto que los elementos se repiten a ambos lados de un eje o centro de simetría.

Asimismo, se puede producir una superficie rítmica cuando una forma se repite rellenando por completo un espacio, creando ritmos. A estos ritmos se los denominan redes modulares, que funcionan como una retícula geométrica de la composición que da armonía a una obra. En el ámbito artístico, las redes modulares se pueden clasificar en bidimensionales o tridimensionales, artificiales o naturales, geométricas u orgánicas, simples o complejas, lógicas o libres..., y sus aplicaciones se observan en el mosaico, en la vidriera, en el diseño, en la artesanía y en la arquitectura, tanto en su aspecto constructivo como decorativo. Por ejemplo, en el dibujo repetitivo de una tela, en las baldosas de un suelo o en las ventanas de un edificio. Estas redes modulares se aplicaron igualmente en el canon de los antiguos griegos, una rejilla que utilizaba la cabeza como medida básica, o módulo, para dar proporción y armonía a la figura humana.

En una red modular, los elementos se dividen en módulos o subgrupos que pueden conectarse entre sí de diferentes maneras para crear patrones repetitivos de interconexión. Una red modular está formada por tres elementos principales: el módulo, el submódulo y el supermódulo. Se llama módulo a la unidad básica de medida de la red modular que se repite constantemente hasta llenar un espacio bidimensional o tridimensional. Los módulos pueden contener otros elementos modulares menores o mayores. El submódulo es el elemento modular más pequeño que vuelve a repetirse un número exacto de veces dentro del módulo. Generalmente conserva su forma, por lo que es proporcional a su módulo. Sin embargo, los submódulos tienen la característica de agruparse para integrar un conjunto mayor y más complejo llamado supermódulo. Estos tres elementos conforman una red modular jerarquizada que nos recuerda de forma clara a la concepción de gnomon áureo, el cual se genera al hacer escalar, rotar y trasladar una forma que se repite siguiendo una proporcionalidad, un ritmo. Si las proporciones de ese ritmo son regulares y simétricas entonces se dice que es estático, mientras que si son irregulares y asimétricas configuran ritmos más dinámicos. Un ejemplo de ritmo dinámico sería la espiral logarítmica desarrollada en un rectángulo áureo, cuyo gnomon es el cuadrado.

Para aumentar las posibilidades expresivas, los módulos pueden transformarse e interactuar entre sí en el espacio. Entre las transformaciones geométricas más usuales destacan las relaciones proporcionales de igualdad y la semejanza (ampliaciones o reducciones), y las relaciones de posición, entre las que destacan la reflexión, el giro y la traslación. Con las re-

flexiones y giros, los módulos se pueden colocar de manera contrapuesta, es decir, formando simetrías axiales o centrales. Además, los módulos pueden interrelacionarse con otros para determinar formas más complejas mediante diferentes efectos espaciales (distanciamiento, toque, superposición, penetración, unión, sustracción, intersección...). Todas estas relaciones e interacciones entre las formas aparecen iteradamente en los fractales naturales y matemáticos. Así, un árbol tiene hojas semejantes con simetría axial, cuyo patrón se ha trasladado una distancia determinada. Parecido es el caso de sus flores y frutos, en donde las partes suelen disponerse alrededor de un centro de simetría. De igual modo, los fractales matemáticos se pueden obtener mediante un proceso iterativo de transformaciones geométricas sencillas. Para realizar estas transformaciones de forma mecánica, se puede recurrir a la fotocopiadora, realizando ampliaciones y reducciones que después se reflejan, giran o trasladan sobre una superficie una vez cortadas.

Una aplicación práctica de los módulos son los mosaicos. Un mosaico es una yuxtaposición de polígonos diferentes que son capaces de rellenar completamente un espacio sin dejar huecos. Del igual modo que la materia mineral en estado sólido puede disponerse de dos maneras posibles: con un orden interno perfecto (cristalina) o sin ningún orden interno concreto (amorfa), los mosaicos pueden clasificarse en dos categorías: los mosaicos periódicos y los aperiódicos. En los mosaicos periódicos, los patrones se repiten a distancias constantes y regulares. Un ejemplo de mosaico periódico es aquel realizado con ciertos polígonos regulares que repiten su forma de manera infinita. Solo hay tres polígonos que pueden usarse como módulo para rellenar el espacio por sí mismos: el triángulo equilátero, el cuadrado y el hexágono regular. Por otro lado, en los mosaicos aperiódicos los patrones no se repiten por toda la superficie de forma constante y regular, sino de forma más compleja y aleatoria. Un tipo peculiar de mosaico no periódico son las teselas denominadas autorreplicantes o repiteselas (Figura 224), que se agrupan para formar mosaicos autosimilares a partir de repeticiones. Dos ejemplos clásicos de repitesela fractal serían el triángulo o la alfombra de Sierpinski, basados, respectivamente, en el triángulo equilátero y el cuadrado. Otro tipo de teselación aperiódica es el mosaico de Penrose (Figura 225), formado por dos formas poligonales, llamadas cometa y flecha, que están relacionadas entre sí por la proporción áurea (Figura 226). Cuando estas formas rellenan un espacio, la relación entre el número de teselas anchas y estrechas siguen las leyes de la misma proporción. Además, los mismos patrones del mosaico se reproducen a escalas mayores, por tanto, presentan autosemejanzas. Este ejemplo de mosaicos aperiódicos de Penrose lo podemos encontrar en la estructura geométrica de los cua-

sicristales, que son un tipo de estructura cristalina caracterizada por tener un patrón recursivo que no es del todo regular ni aleatorio.

20. Proporciones Áureas Formales y Cromáticas

La analogía implica la percepción intuitiva de igualdades en las cosas diferentes, una percepción súbita de integración o síntesis que revela la unidad o relación de conceptos hasta entonces inadvertidos. Ese principio de analogía se observa también en las reglas que rigen las composiciones. El principal valor estético de una composición plástica consiste en lograr una coherencia entre las partes y la totalidad de la obra, de tal modo que se establezca un equilibrio armónico basado en la unidad dentro de la variedad. Esta relación geométrica que debe existir entre las partes y el todo está íntimamente relacionada con la proporción áurea, que ha sido muy empleada por los artistas de todos los tiempos como instrumento para rellenar los intervalos entre los extremos de una composición. La disposición de las formas y colores, contrastes, ritmos, tamaños y pesos visuales de una obra debería estar en correspondencia con el ideal matemático de esa composición áurea. Esto implica utilizar la razón áurea en la disposición y tamaño de los elementos de una obra de arte, así como en la selección y mezcla de colores, para lograr composiciones con un resultado estético equilibrado y armonioso. Pero es importante tener en cuenta que la proporción áurea no es una regla rígida, sino más bien una guía que puede usar el artista para alcanzar un equilibrio y una armonía visuales. Por lo tanto, no debe sentirse limitado por estas proporciones, sino más bien utilizarlas como un punto de partida para encontrar combinaciones que se ajusten al efecto que quiera lograr en su obra. De hecho, la belleza no se limita al equilibrio compositivo de la simetría recursiva. Muchas veces, la asimetría y el desequilibrio pueden contribuir a un todo armonioso cuando se integran adecuadamente dentro de una composición.

20.1. Formas Áureas

La simetría de la similitud es una simetría dinámica basada en las proporciones armónicas. Dentro de este tipo de simetría encontramos a los rectángulos dinámicos, que son aquellos cuya razón entre sus lados mayor y menor coincide con un número irracional. Por este motivo, los rectángulos dinámicos establecen una relación de tamaños con la misma proporcionalidad, lo que permite un juego de analogías por propagación armónica que resulta agradable visualmente. Ese juego analógico comparte propiedades relacionadas con la proporción áurea, y desencadena un ritmo en la composición plástica que actúa como una frecuencia resonante capaz de arrastrar al espectador hacia una experiencia estética de totalidad.

Tosto (1983), en su libro *La composición áurea en las artes plásticas*, sostiene que los rectángulos dinámicos se han usado de forma reiterada para establecer las medidas del formato de un cuadro. Dentro de ellos, se pueden crear además una gran variedad de trazados en proporción áurea para organizar las medidas y las distancias de los elementos formales de una obra. Una técnica muy común de componer con phi es dividir repetidamente la superficie del cuadro utilizando la proporción mayor y menor, o los valores de la secuencia de Fibonacci. La manera más simple de calcular y medir las relaciones áureas de los elementos formales consiste en utilizar un compás áureo o un rectángulo áureo trazado sobre un acetato transparente. Esta última técnica resulta muy práctica, ya que el acetato permite al artista ver tanto la obra como el rectángulo áureo al mismo tiempo. Además, el acetato se puede mover para cambiar la posición o la escala, por ejemplo, se puede acercar o alejar de la superficie del cuadro con el propósito de hallar armonías entre las formas de manera sencilla y rápida. Otra técnica útil que ofrece al artista la posibilidad de calcular las relaciones áureas entre los diferentes elementos de una obra es el proyectado. La técnica de proyectar permite ajustar la escala y la posición de la imagen para que se ajuste a las proporciones áureas deseadas. Esto puede hacerse utilizando un compás áureo o interponiendo un rectángulo áureo sobre una hoja de acetato entre la mirada y la imagen proyectada del cuadro. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas técnicas son una aproximación, y no garantizan que las formas estén en proporción áurea exacta.

20.1.1. Procedimientos para Establecer Relaciones Armónicas. En este apartado se analizan diversas construcciones geométricas basadas en los rectángulos dinámicos y la proporción áurea. Estas pueden utilizarse para organizar proporcionalmente los elementos formales de una composición.

Los rectángulos dinámicos son aquellos que se basan en números irracionales como $\sqrt{2}$, $\sqrt{3}$, $\sqrt{5}$, $\sqrt{5} + 1/2 = \text{phi}$, etc. Una característica de todos ellos es que se pueden fragmentar en otros rectángulos proporcionales más pequeños mediante simples procedimientos geométricos sobre la base del cuadrado. Esos procedimientos necesitan el empleo de herramientas básicas de apoyo, como la regla y el compás.

20.1.1.1. Creación de un Rectángulo $\sqrt{2}$. La manera más simple de construir un rectángulo raíz de dos consiste en dibujar un cuadrado ABCD, y usar su diagonal para trazar un arco que corte a la prolongación AB en E. El segmento BE es la base del rectángulo ABEF, cuya proporción es raíz de dos. Para dividirlo en otros rectángulos proporcionalmente seme-

jantes, basta con unir dos de los vértices opuestos del rectángulo con una diagonal. Seguidamente, se traza otra diagonal desde uno de los vértices restantes que interseca perpendicularmente a la anterior. Esa diagonal corta al lado del rectángulo en un punto, que se corresponde con la sección que divide al rectángulo en dos partes proporcionales. El mismo proceso puede repetirse indefinidamente para crear una serie infinita de rectángulos.

20.1.1.2. Construcción de un Rectángulo $\sqrt{3}$, $\sqrt{4}$ y $\sqrt{5}$. Del rectángulo raíz de dos se obtiene la serie de rectángulos raíz de tres, cuatro y cinco. El rectángulo raíz de tres se halla a partir de la diagonal del rectángulo raíz de dos, el rectángulo raíz de cuatro a partir de la diagonal del rectángulo raíz de tres, y el rectángulo raíz de cinco a partir de la diagonal del rectángulo raíz de cuatro. La división proporcional de todos ellos sigue el mismo procedimiento que se utilizó en el rectángulo raíz de dos (Figura 227).

A parte de estos procedimientos geométricos, existen otros para dividir el espacio de un cuadro de manera armónica a partir de la proporción áurea, como el ángulo áureo, el triángulo áureo (en caso de que la composición use diagonales), el rectángulo áureo, sus cuadrados o círculos áureos, la espiral áurea, el pentágono regular, el pentagrama o la elipse áurea.

20.1.1.3. Trazado de la Sección Áurea de un Segmento. La división de un segmento en proporción áurea es un proceso unidimensional que puede iterarse por toda la superficie del cuadro indefinidamente con el fin de ordenar armónicamente sus elementos. Para ello, basta con llevar a cabo la partición proporcional de los segmentos que determinan sus dimensiones. A partir de esta partición, se pueden realizar algunas construcciones geométricas bidimensionales, como el rectángulo áureo, el pentágono regular, el triángulo áureo o la espiral áurea.

El procedimiento básico para la división áurea es como sigue (Figura 228):

1. Dado un segmento AB, se dibuja una perpendicular BD por el extremo B, de modo que $BD=AB/2$.
2. Se une el punto A con D. Con centro en D y radio DB, se traza un arco que corta a la recta AD en E.
3. Finalmente, con centro en A y radio AE, se dibuja otro arco hasta cortar al segmento AB en C, punto que lo divide en dos segmentos desiguales pero armónicas.

Hay un segundo procedimiento geométrico más sencillo para hallar la sección áurea que parte del segmento mayor (Figura 229). Este procedimiento está en relación con el desarrollo del rectángulo de raíz de cinco, que se obtiene al construir un rectángulo áureo hacia los dos lados de un cuadrado.

1. Partiendo de un cuadrado ABCD, se halla el punto medio M del lado AB.

2. Se une M con el vértice C mediante una recta, y pinchando con el compás en el punto de la mediatriz, se traza desde C un arco de circunferencia, hasta cortar a la prolongación AB en el punto E, que resulta ser uno de los extremos del segmento menor.

20.1.1.4. Construcción de un Ángulo Áureo. Si con los segmentos de la sección áurea trazamos una circunferencia, el valor del segmento menor forma un ángulo de $137,5^\circ$ (Figura 230).

20.1.1.5. Creación de un Rectángulo Áureo. Un rectángulo áureo es aquel cuya relación entre su lado mayor y menor está en proporción áurea. Se puede construir con el siguiente procedimiento (Figura 231):

1. Con lado AB se dibuja un cuadrado ABCD.
2. La mediatriz del lado determina el punto medio M.
3. Tomamos un compás, y con centro en M se traza un arco de circunferencia con el radio del vértice C del lado opuesto, hasta cortar a la prolongación del lado AD en el punto E.
4. El rectángulo ampliado AEFD es un rectángulo áureo, como también la ampliación si se suprime el cuadrado inicial. Asimismo, a cualquier rectángulo áureo se le puede añadir o quitar un cuadrado de lado igual a la dimensión mayor del rectángulo, siendo el resultado final otro rectángulo áureo. Por esta razón, se dice que el cuadrado es el gnomon del rectángulo áureo.

20.1.1.6. Trazado de la Espiral de un Rectángulo Áureo. En el proceso recursivo de subdividir un rectángulo áureo para formar cuadrados proporcionales más pequeños, se produce una espiral que se consigue hacer trazando los cuadrantes de circunferencia de cada cuadrado del rectángulo áureo. Esta espiral áurea deriva de la sucesión de Fibonacci, pues para construirla se sirve de cuadrados cuyos lados son los números 1, 1, 2, 3, 5..., de forma que cada lado es la suma de los lados de dos cuadrados consecutivos (Figura 232).

20.1.1.7. Los Puntos de un Rectángulo Áureo. La proporción áurea también ha sido usada como técnica para ubicar los puntos donde los elementos de una imagen adquieren mayor importancia. En muchos casos, estos puntos están regulados por el rectángulo áureo, y se encuentran en las zonas donde el cuadrado del rectángulo áureo coincide con el rectángulo áureo recíproco. Los estudios de Elam (2014) sostienen que para hallar los puntos áureos de un rectángulo dado basta con dividirlo en cinco columnas y cinco filas. El punto áureo estaría situado a dos filas de la base y a dos columnas del lado derecho, y por él siempre pasa la diagonal que une el vértice inferior derecho con el vértice superior izquierdo. De ahí que un método sencillo de obtener un rectángulo similar dentro de cualquier rectángulo sea dibujar una

diagonal y después trazar una perpendicular a esa diagonal desde uno de los vértices adyacentes (Figura 233).

20.1.1.8. Los Ojos de un Rectángulo Áureo. Otro punto compositivo de interés se encuentra en lo que el matemático Clifford Alan Pickover ha denominado “Ojo de Dios” (Livio, 2018), que es aquel punto que coincide con la intersección de las diagonales de los sucesivos rectángulos de un rectángulo áureo, hacia el cual la espiral áurea converge en un punto infinito. El Ojo de Dios actúa como un centro de interés que atrae la mirada del observador, como si se tratara de una singularidad espaciotemporal que produce infinitos patrones fractales. El diagrama completo de todas las diagonales de los cuatro rectángulos áureos solapados da como resultado cuatro ojos que marcan los principales puntos de atención (Figura 234).

Al reflejar el rectángulo áureo, tanto vertical como horizontalmente, obtenemos cuatro ojos de Dios. Estos ojos resultan muy estáticos a la hora de componer, por lo que se suele emplear más el triángulo dorado o diagonal dorada (Figura 235), otro tipo de composición más dinámica que consiste en usar una diagonal y dos perpendiculares que parten de los vértices adyacentes para determinar dos ojos en posición oblicua. Con ello, se obtienen cuatro triángulos con dos centros de interés ligeramente desplazados en sentidos opuestos.

20.1.1.9. El Rectángulo de Tercios. El rectángulo de tercios es una simplificación basada en los ojos del rectángulo áureo (Figura 236). Consiste en dividir en tres partes los lados de un rectángulo o cuadrado mediante cuatro líneas: dos verticales y dos horizontales. Los centros de interés coinciden con aquellos puntos en donde se cortan las cuatro líneas de división, por lo que los elementos importantes de una composición deben colocarse a lo largo de las líneas o en los puntos donde se cruzan.

20.1.1.10. Creación de una Elipse Áurea. Al igual que un rectángulo áureo, una elipse áurea es aquella cuya relación entre el eje mayor y menor está en proporción áurea (Figura 237).

20.1.1.11. Construcción de un Pentágono Regular. Para crear un pentágono regular convexo, sea a partir de un lado o de una circunferencia, siempre hay que recurrir a la proporción áurea, puesto que todos sus elementos están relacionados de forma natural con ella. En el caso de un pentágono inscrito en una circunferencia, los pasos a dar son los siguientes (Figura 238):

1. Se dibuja una circunferencia del radio deseado y se trazan dos diámetros perpendiculares.

2. Se halla la mediatriz M del segmento OD.
3. Con centro en la mediatriz y radio MA se traza un arco que corta al radio OB en el punto S. La longitud AS es el lado del pentágono.
4. Se lleva la magnitud AS cinco veces sobre la circunferencia y se unen entre sí.

20.1.1.12. Hallar el Pentagrama de un Pentágono Regular. En el pentágono regular podemos diferenciar entre los pentágonos convexos y los pentágonos estrellados (Figura 239). El pentágono estrellado o pentagrama se construye al unir las diagonales de un pentágono convexo. Trazando dos diagonales consecutivas, aparecen triángulos áureo que poseen cualidades estéticas similares a las del rectángulo áureo, dado que sus relaciones geométricas tienen proporciones áureas recíprocas. Esta propiedad geométrica del pentágono estrellado hace que todos los puntos de intersección de sus diagonales determinen segmentos que tienen longitudes sucesivamente crecientes o decrecientes en una proporción áurea, y que se aproximan, por tanto, a la sucesión de Fibonacci. Gracias a la propiedad de sus diagonales, la estrella pentagonal puede servir de referencia para la construcción de un modelo de compás áureo doble o de cuatro puntas, que es aquel que tiene dos medidas enfrentadas: la proporción áurea “mayor” y la “menor”; o de tres puntas, aquel otro que ofrece sobre un mismo segmento las dos medidas. Lo más interesante es que el compás áureo puede ser una gran ayuda a la hora de establecer de forma rápida y sencilla divisiones recursivas en proporción áurea en las composiciones de las obras (Figura 240).

20.1.1.13. Creación de un Triángulo Áureo. Dentro del pentágono y el pentagrama existen dos triángulos áureos, uno de 36° , 72° y 72° , y otro de 36° , 36° y 108° , conocidos también como los triángulos agudo y obtuso de Robinson. Ambos son triángulos isósceles cuya proporción entre el lado menor y el mayor es phi. Partiendo de ambos se pueden construir infinitos pentágonos y pentagramas de menor tamaño. Esto quiere decir que los triángulos áureos siguen procesos recursivos de naturaleza fractal. Dicha recursividad puede realizarse dentro de cada triángulo como sigue (Figura 241):

1. Dado un triángulo áureo ABC, se traza la bisectriz del ángulo B, que corta al lado opuesto AC en D, la sección áurea.
2. Si seguimos trazando bisectrices por C, D, E, etc. obtendremos sucesivos triángulos áureos más reducidos en el interior del primero. A cada uno de estos triángulos que se derivan de la subdivisión del triángulo áureo se denomina gnomon.

20.1.1.14. Trazado de la Espiral de un Triángulo Áureo. La espiral áurea no solo se puede hallar a través del rectángulo áureo, sino también del triángulo áureo. Para ello, hay

que dividir los ángulos de la base de un triángulo áureo agudo usando otro obtuso (gnomon), y unir los vértices de los sucesivos triángulos áureos resultantes por medio de arcos externos de circunferencia. Como en el rectángulo áureo, en estos vértices consecutivos aparece la sucesión de Fibonacci (Figura 242).

20.1.2. Programas para Componer en Proporción Áurea. Cuando se está componiendo una obra en proporción áurea a veces resulta útil trabajar con herramientas informáticas, mediante programas de ordenador o aplicaciones de dispositivos móviles. Entre los programas de ordenador estarían, por ejemplo, *Atrise Golden Section* (Revvo, 2023), y entre las aplicaciones móviles *PhiShot* (Biennial, 2013) o *Sensor de Cámara* (Soft Brew Mobile, 2011). Todos ellos dan la opción de yuxtaponer plantillas con proporciones áureas sobre la imagen. Con estos recursos se pueden definir rápidamente las proporciones fundamentales de una imagen, sin necesidad de recurrir al compás áureo. Existen también calculadoras de proporciones áureas que, dado cualquier número, calculan el valor correspondiente según phi, como la aplicación móvil *Golden Ratio Calculator* (TOTEM, 2015).

Otra herramienta informática para este propósito sería la inteligencia artificial. Aunque, por el momento, no existe un prototipo de inteligencia artificial que pueda crear composiciones formales en proporción áurea, sería de gran ayuda utilizar técnicas de aprendizaje automático para analizar las formas y determinar cómo distribuirlas en la composición de manera que se ajusten a la proporción áurea. Este prototipo de inteligencia artificial podría ser usado por los artistas como herramienta para ayudarles a crear composiciones visuales más equilibradas y armoniosas, tanto a nivel formal como cromático.

20.2. Colores Áureos

Así como los principios de la proporción áurea procuran armonía a la composición formal en las artes plásticas, así también se pueden aplicar a los colores de una superficie, incluidos sus grados de valor y saturación, siendo la composición cromática más armoniosa y equilibrada para la vista la que se basa en phi o la sección áurea. Para crear esta sensación de armonía y equilibrio de forma sencilla, basta con emplear dos o tres colores relacionados con la proporción mayor y la menor del compás áureo. No obstante, si queremos añadir otras mezclas de color más complejas, es necesario hacer nuevas subdivisiones a través de otras herramientas, como los trazados geométricos áureos. Cualquier color puede considerarse áureo si sigue la proporción de la razón áurea en sus combinaciones.

20.2.1. Distancias Cromáticas a partir de la Proporción Áurea. Como ya hemos indicado en la primera parte, la ciencia ha encontrado evidencias de la proporción áurea a nivel cuántico, concretamente en las frecuencias de los átomos entrelazados entre sí magnéticamente. Quizá el acoplamiento coordinado de estas frecuencias es la razón por la cual el espectro electromagnético se organiza siguiendo el patrón de la proporción áurea, como la gran mayoría de las formas naturales. Por ejemplo, el número áureo parece seccionar el ancho de banda correspondiente de la longitud de onda del espectro visible, que solemos relacionar con los colores. Del mismo modo, ciertas bandas de color parecen aproximarse a la misma proporción a lo largo del espectro cromático normalizado, como la franja del amarillo (Margulies, 2019), así como también su inverso, el azul (Figura 243), colores que representan la luz y la oscuridad en la teoría de color de Goethe. Curiosamente, el flujo de radiación solar es máximo alrededor de los 500 nanómetros, la banda que se identifica con el color amarillo. Y asimismo podríamos decir para la franja del magenta, aunque esta no aparece en el espectro cromático normalizado, porque no existen longitudes de ondas que abarquen el rojo y el violeta simultáneamente. Si seguimos la pauta recursiva del espectro electromagnético, podemos relacionar las distancias de los colores en proporción áurea para así producir combinaciones cromáticas más equilibradas y armoniosas.

Con el fin de facilitar las relaciones áureas en el espectro cromático, se puede recurrir a diferentes herramientas de medición. Una de ellas es el compás áureo, que permite dividir una línea en dos partes utilizando la proporción áurea. Esta herramienta es útil para crear una paleta de colores áureos, eligiendo dos colores, primarios, secundarios o terciarios, como punto de partida. Otra herramienta útil son los trazados geométricos áureos, que se han estudiado en el apartado anterior. Estos trazados se pueden utilizar como una plantilla o guía que se use como referencia para elegir colores en proporciones áureas dentro del círculo cromático.

Aparte de estas herramientas, los programas informáticos de diseño gráfico también resultan ser muy útiles a la hora de establecer relaciones de colores en proporción áurea de manera rápida y precisa. Con algunos de estos programas se pueden crear paletas de colores áureos en función de sus divisiones y subdivisiones. Entre ellos cabe destacar *PhiMatrix* (Meisner, 2023) o *PhiBar* (Figura 244), un pequeño programa creado por el artista y diseñador gráfico Michael Semprevivo (2003) para aplicar relaciones phi a las frecuencias del espectro cromático. Igualmente, se pueden hallar series armónicas de acuerdo a los valores numéricos de la sucesión de Fibonacci con cualquier programa informático de mezcla de colo-

res, como la aplicación online *Trycolors* (Katryshev, s.f.). De esta manera, se puede crear una paleta de colores en proporción áurea mediante la simple introducción de los valores de la mezcla de colores que queremos utilizar en una proporción 3 : 5 ó 5 : 3.

20.2.2. Armonía entre Colores mediante Proporciones Áureas. A fin de que exista una armonía de colores, todos los componentes cromáticos de una composición deben mantener una conveniente correspondencia entre sí para formar un todo coherente y unificado. Y la mejor manera de obtener dichas concordancias consiste en hacer combinaciones equilibradas mediante proporciones áureas. Equilibrar así sería comparable a una simetría dinámica basada en números irracionales, aquellos que usaban los antiguos para crear armonías. No obstante, en la composición cromática de un cuadro, el equilibrio de la armonía gusta tanto como el contraste, que es su factor opuesto. Por eso, para no romper con la armonía total, lo ideal sería utilizar contrastes de colores complementarios con tonos de sus mezclas (colores quebrados) para permitir su unión.

La composición cromática en proporción áurea usa procedimientos similares a los usados en la composición formal. Como en las formas, la manera más simple de medir las relaciones armónicas entre los colores consiste en colocar un compás áureo sobre una escala cromática, o bien en introducir manualmente los valores numéricos de las mezclas en un programa siguiendo la sucesión de Fibonacci, por ejemplo, 5 : 3 ó 3 : 5. Cuando todos estos valores son trasladados a una rueda de color, se observa que los colores cuaternarios están en relación áurea con los colores primarios, secundarios, terciarios y complementarios del círculo cromático (Figura 245). Sin embargo, aquellos cuaternarios contiguos a los secundarios son verdaderos números áureos, dado que las proporciones de los colores primarios (amarillo, magenta y cian) mantienen una razón 3/5 (38% y 62%). Atendiendo a este criterio, tenemos que los tres colores primarios están relacionados de manera proporcional con los colores cuaternarios cercanos a los colores secundarios, y que los colores secundarios lo están con los cuaternarios próximos a los primarios. De la misma forma, los colores complementarios mantienen relaciones áureas con los colores cuaternarios adyacentes a los terciarios situados perpendicularmente. Este sistema aplicado a la creación de una paleta de color nos daría como resultado una carta de colores áureos (Figura 246), que puede usarse para crear una composición estéticamente armoniosa.

Las proporciones armónicas pueden usarse también para calcular las combinaciones entre los colores complementarios, es decir, los grados de intensidad y apagamiento de un color o la saturación. Para ello, se pueden usar la proporción mayor y la menor del compás

áureo, y sus subdivisiones, sobre una escala de saturación, o bien los porcentajes de las mezclas correspondientes a los números de Fibonacci. Por ejemplo, mezclando una cantidad 5 : 3 ó 3 : 5 de naranja y azul. Del grado de mezcla de los colores complementarios resultan los colores quebrados o tierras, que se obtienen mezclando un primario con su complementario en distintas proporciones. A estos colores quebrados se les puede añadir algo de blanco o negro en proporción áurea (5 : 3 : 2). Por ejemplo, si queremos conseguir un color tierra azul áureo podemos mezclar en nuestra paleta cinco partes de azul (50%), tres partes de amarillo (30%) y dos partes de blanco (20%).

Además de estas paletas, las proporciones áureas pueden servir para elaborar otras series armónicas de colores teniendo en cuenta otros atributos, como los diferentes grados de claridad y oscuridad o el valor. Primero, se debe partir de una escala de valores de luces y sombras que abarque las zonas de luz, los medios tonos y las zonas de sombras. Después, con el uso de la mayor y la menor de la proporción áurea, o los porcentajes correspondientes a los números de Fibonacci, se obtienen múltiples combinaciones. Y lo mismo puede hacerse con la clave tonal al nivel de claridad (zonas de luz) u oscuridad (zonas de sombra), o con el valor de los colores de una composición.

Otra forma de disponer conjuntos armónicos de colores consiste en ordenarlos en función de trazados geométricos basados en el número áureo, como el ángulo áureo ($137,5^\circ$), el triángulo áureo, el rectángulo áureo o el pentágono regular (Figura 247). Parte de la razón por la cual estos trazados crean armonías de color es que están muy cerca de las figuras geométricas tradicionales que se han usado para indicar las concordancias de colores: el triángulo equilátero, el triángulo isósceles, el cuadrado, el rectángulo, el pentágono, etc., que representan relaciones equidistantes entre tres, cuatro o cinco colores, creando una tríada, tétrada o péntada. No obstante, los trazados geométricos tradicionales crean combinaciones de color más estáticas en comparación con los trazados geométricos áureos, porque siguen criterio de simetría muy rígidos. A grandes rasgos, el ángulo áureo y el triángulo áureo forman tríos armónicos que equivalen a la tríada tradicional (complementarios cercanos), el rectángulo áureo cuartetos armónicos equivalentes a la tétrada (dobles complementarios), y el pentágono quintetos dispuestos uniformemente alrededor del círculo cromático (Figura 221).

Ampliando el concepto de armonía tradicional, se puede decir que los trazados geométricos áureos forman colores armónicos que conectan los colores primarios con los secundarios, terciarios y cuaternarios. Si colocamos los diferentes trazados geométricos en el interior de la rueda de color y los dirigimos hacia los colores primarios, observaremos que el ángulo áureo conecta cada $137,5^\circ$ de separación colores adyacentes primarios. El rectángulo

áureo usa cuatro colores colocados en dos pares complementarios. Si apuntamos los vértices del rectángulo áureo hacia los colores primarios, estos conectan primarios con secundarios. En cuanto al pentágono, emplea un conjunto de cinco colores separados de forma equidistante en el círculo cromático. El primer triángulo áureo (agudo) del pentágono conecta primarios con terciarios, y el segundo (obtuso) primarios con cuaternarios. Si hacemos girar estos trazados geométricos obtendremos una gran diversidad de relaciones áureas entre primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios.

20.2.3. Extensiones Cromáticas basadas en la Proporción Áurea. Una composición armoniosa no solo radica en la mezcla o equidistancia equilibrada de dos o más colores. Hablar de armonía cromática también significa tener en cuenta el concepto de extensión cromática, que alude a la cantidad de un color sobre una superficie para crear proporciones cuantitativas de grande-pequeño, mucho-poco, proporciones que están vinculadas con los pesos visuales. Una forma de calcular el peso visual consiste en determinar la luminosidad de los colores y el tamaño de la superficie del color, que están íntimamente conectados.

Goethe (como se citó en Pawlik, 1996) ya estableció unas relaciones matemáticas basadas en los factores de la luminosidad y la extensión del color, de manera que si se modifica una variable se debe modificar la otra en igual proporción. Teniendo en cuenta el valor de claridad de los colores primarios y secundarios (el amarillo tiene un grado de luminosidad 9, el naranja 8, el magenta 6, el verde 6, el azul 4 y el violeta 3) y el tamaño de la mancha de color (el amarillo tiene un grado de ocupación 3, el naranja 4, el magenta 6, el verde 6, el azul 8 y el violeta 9), Goethe estableció que las relaciones de proporción armónica entre colores complementarios vendrían a ser más o menos las siguientes:

Amarillo-Violeta = 9 : 3 (luminosidad = 3 : 1; ocupación en quebrados = 1/4 : 3/4).

Naranja-Azul = 8 : 4 (luminosidad = 2 : 1; ocupación en quebrados = 1/3 : 2/3).

Rojo-Verde = 6 : 6 (luminosidad = 1 : 1; ocupación en quebrados = 1/2 : 1/2).

Cuanto mayor sea la claridad de un color, tanto menor será el espacio que ocupe, y a la inversa, cuanto menor sea la intensidad, más grande será la superficie ocupada, lo que viene a decir que dos colores complementarios estarán equilibrados si ocupan un espacio inversamente proporcional a sus respectivas luminosidades. Así, por ejemplo, el amarillo, al tener tres veces más luminosidad que el violeta, tiene que ocupar tres veces menos espacio que su complementario. De este estudio se deduce que el mayor contraste de luminosidad se produce

con la pareja complementaria amarillo-violeta (9 : 3), y el menor con la pareja rojo-verde (1 : 1).

Cabe añadir aquí que el tamaño de las superficies cromáticas ocupadas se puede equilibrar en proporción áurea usando las divisiones o los cuadrados correspondientes al rectángulo áureo. En este caso, el cálculo de la intensidad del color se establece usando la proporción mayor y menor. Pablo Tosto sostiene que cuando tratamos con una gama de valores luminosos dentro de un rectángulo áureo, el tono medio de la superficie debe ocupar la extensión del primer cuadrado de la proporción mayor, la zona de sombra la extensión del segundo cuadrado de la proporción menor, y la zona de luz debe ocupar la extensión de los siguientes cuadrados (Tosto, 1983, p.111). Esta proporción se puede calcular a ojo, utilizando ocho porciones de espacio para los medios tonos, cinco para las sombras y tres para las luces. Cuando se trata de valores cromáticos, podemos trasladar el grado de claridad u oscuridad de un color a una escala de grises que va del blanco al negro. La escala de Ross Pope (Figura 248) es una escala de grises numerados del 1 al 10 que se acomoda bastante bien a este fin. Los colores cálidos y fríos están organizados en el lado izquierdo y derecho de la escala de Pope de acuerdo a su correspondencia de valor con cada gris. En los valores cromáticos, el amarillo es el color con mayor luminosidad, pues tiene un valor 2 en la escala de grises, mientras que el violeta, al tener un valor 8, es el de menor.

De igual manera, se pueden crear extensiones cromáticas proporcionadas equilibrando el valor de un color determinado con su complementario mediante las medidas de la proporción mayor y menor. Al respecto, Pablo Tosto dice que “la extensión de una superficie pigmentada por un solo color, con su intensidad lumínica, sea Primario, Secundario o Terciario, se equilibra en proporción áurea, con el Complementario correspondiente, para producir el efecto de un verdadero cromatismo áureo completo” (Tosto, 1983, p.115), lo que quiere decir que el cuadro debe comprender la totalidad cromática. Y continúa diciendo que si el color dominante ocupa una extensión proporcional a la mayor, su complementario debe ocupar la menor, y viceversa. Así, cuando el color dominante es el rojo y ocupa la mayor de su zona oscura, el complementario se corresponde con la menor de la zona clara del verde. Asimismo, los pares de complementarios se pueden equilibrar creando armonizadores en proporción áurea. Esto puede servir, por ejemplo, para crear un color mediador entre un color dominante y un color tónico. En este caso, si un azul cian dominante vale "10" en una pintura, su opuesto tónico, el naranja, tendrá un valor de "6,18" (proporción mayor), y el mediador, en nuestro caso el amarillo, valdrá "3,82" (proporción mayor). Igualmente si nos referimos a la secuencia de Fibonacci, cuya relación proporcional sería 5 : 3 : 2 (6 3 : 2 : 1).

21. Manifiesto de Estética Holofractal

A lo largo de la historia del arte, el juego entre las dualidades y sus relaciones áureas ha sido un proceso que se ha reflejado en las obras plásticas para mostrar conceptos trascendentes de armonía y belleza, y el arte de hoy no tiene por qué ignorarlo. Es más, el arte moderno debería seguir la nueva visión de la naturaleza ofrecida por las ciencias de la complejidad, formadas por paradigmas como la teoría del caos, la geometría fractal, la autoorganización, la no linealidad, la superposición cuántica, etc., y pautada por los conceptos arquetípicos de complementariedad y oposición del pensamiento complejo, pues es la manera más fiable a la hora de permitir el intercambio de ideas entre la ciencia, la espiritualidad y el arte.

Dentro del ámbito artístico, un manifiesto es un documento escrito en el que se expresan las ideas, creencias y principios de un movimiento artístico. El Manifiesto de Estética Holofractal representa de forma clara y concisa las ideas, creencias y principios del Holofractismo. El Holofractismo es una nueva corriente artística que manifiesta la interrelación orgánica de los contrarios a través de phi, por lo cual intenta potenciar la visión paradigmática de lo real. Un importante aspecto dentro de la composición de una obra holofractista es el principio de semejanza, que se manifiesta mediante el manejo recursivo de los elementos duales de la forma y el color a través de los diferentes niveles fractales de la obra. Estos niveles se mantienen interconectados gracias al término medio de la proporción áurea, o analogía, lo que otorga un efecto equilibrado y armónico al conjunto. Con ello, se pretende que la contemplación de las relaciones de autosemejanza entre lo grande y lo pequeño induzca a un sentimiento estético profundo que tenga que ver con la unión de los contrarios que los nuevos paradigmas propugnan, lo que lo convierte en una modalidad artística que revela la creencia filosófica y científica de nuestra época condensada en una obra. De este modo se diluye la frontera entre filosofía, ciencia y creación artística.

21.1. Antecedentes Históricos

El Manifiesto de Estética Holofractal es la traducción de la experiencia teórico-conceptual en torno al modelo fractal-holográfico. Las formulaciones sobre este manifiesto cuentan con sus propios antecedentes: los manifiestos de la estética cuántica y los de la estética fractal, que son manifiestos surgidos a finales del siglo XX que enlazan con los descubrimientos de la física cuántica y la geometría fractal respectivamente. No obstante, el Manifiesto de Estética Holofractal se sirve de unos presupuestos nuevos al vincular la física cuántica con los fractales, porque el paradigma holográfico-cuántico evidencia que existe un cam-

po subyacente a través del cual los niveles fractales de la naturaleza están sincronizados para operar en armonía. Esta idea novedosa estaría en sintonía con los principios del holocinetismo formulados por el pintor Rubén Núñez, quien enuncian la fusión del arte y la ciencia a través de la holografía, que utiliza las características fundamentales propias de la estructura holográfica y fractal del campo unificado (Jurado, 2013).

21.2. Manifiesto

A través de los manifiestos artísticos se han dado a conocer las bases para impulsar la manifestación de nuevas propuestas de creación en el campo del arte. La intención del presente manifiesto no es otra que servir como guía de trabajo a aquellos creadores que estén interesados en el Holofractismo, una propuesta artística personal que se nutre del desarrollo del modelo fractal-holográfico. Dimana de una sola idea, a saber, que la visión estética del mundo se basa en la interacción recursiva de dos aspectos opuestos, pero complementarios, de los que participan todos los sistemas complejos. Dicha visión estética del mundo se encuentra imbuida en todas las escalas de organización, desde la subatómica hasta la cosmológica, y se traduce en la pintura holofractista de forma clara y concisa, pues al igual que aquella, constituye una síntesis de los elementos plásticos contrapuestos en diversos niveles de la obra, como lo uno y lo múltiple, el orden y el desorden, lo innato y lo adquirido, la libre asociación de ideas y la organización categórica, con el fin de generar complejidad. De ahí que el Holofractismo se adecue bastante bien a la teoría general de sistemas. Siendo así, la pintura holofractista pretende llevar el arte al plano de la ciencia de los sistemas complejos y la complementariedad a través del lenguaje visual.

A finales del siglo pasado, el arte mostró un acusado interés por la geometría fractal. A partir de entonces, surgió lo que se denominó "arte fractal" o "fractalismo". El arte fractal explora la geometría de los fractales mediante algoritmos recursivos a través de los ordenadores. Pero el fractalismo no tiene por qué estar conectado con el arte computacional. Las posibilidades de la geometría fractal pueden explotarse también en la plataforma del lenguaje gráfico-plástico, pudiendo crear una reflexión acerca de los fractales en el arte sin necesidad de recurrir a unos algoritmos matemáticos. Ello es así porque los elementos cromáticos y formales, como así también sus derivados opuestos, son símbolos de una ley sistémica universal de carácter arquetípico, en tanto que participan de la fractalidad unitaria y dual de la naturaleza. La fractalidad unitaria se refiere a la idea de que todos los sistemas están interconectados y forman parte de una unidad coherente. La fractalidad dual, por otro lado, se refiere

a la capacidad de esos sistemas para ser descritos de dos formas contrarias. Ello hace que los fractales constituyan una fuente importante de investigación y experimentación artística.

El arte holofractal radica en la combinación de elementos cromáticos y formales contrarios que se repiten recursivamente en estructuras fractales. Esta combinación de colores y formas se basa en los isomorfismos existentes entre los diferentes niveles de percepción (intuición-razón) y realidad (implícito-explicito). Con la finalidad de expresar conceptos propios del orden implícito, como la coherencia y la unidad, se aplica el principio holográfico, que consiste en armonizar o equilibrar antinomias de manchas cromáticas y/o formales a través de proporciones áureas. Para emular la naturaleza dual del orden explícito, todos estos elementos contrarios se multiplican por doquier, si no en todos los niveles, sí en algunos de ellos, hecho que le confiere una determinada estructura fractal. Dado que existe un isomorfismo entre nuestra mente y la realidad, a través de la combinación de los elementos cromáticos y formales se convierte al observador en partícipe de lo observado, de manera que el acto de percibir en la obra “la conciliación de elementos opuestos” le lleva a una comprensión empática que implica una conexión entre su estado mental y físico. De este modo, la obra de arte se convierte en un elemento de gran significación en donde se manifiesta de forma sensible el ideal metafísico e ilustrado de la unidad. Para cumplir con dicha experiencia estética, el artista debe comprometerse con esta causa de plenitud aplicando las leyes sistémicas de la naturaleza en sus obras, entendidas como las proporciones analógicas que vinculan todos los niveles de la realidad. Con todo, el Holofractismo proclama la negación del paradigma mecanicista desde un sentido dialéctico de superación, con el propósito de dirigir el espíritu fragmentado hacia una nueva visión ligada a la expansión y potencialidades de la conciencia. Este objetivo revolucionario se muestra necesario para la emancipación o liberación categórica del hombre en aras al desenvolvimiento del ser plenamente realizado. De ahí que el Holofractismo no es tanto un estilo como una concepción del mundo presente en el interior del artista.

Toda pintura holofractista debe alternar parejas de antinomias entre complementarios en diferentes estratos de la obra, reafirmando así la iteración que se necesita para describir un sistema fractal. Una obra que muestre en varios niveles recurrencias simetrías, ritmos, redes modulares, mosaicos, series de Fibonacci, proporciones áureas, fractales, así como contrastes que atienden a las características de abstracción- iconicidad, complejidad-simplicidad, originalidad-redundancia o denotación-connotación, estaría dentro de lo que se ha considerado en llamar arte holofractal. A continuación se incluye una lista de binomios que muestra algunas posibilidades a la hora de realizar este tipo de obras. Estos binomios no tienen límites bien definidos, muchas veces pueden estar superpuestos o pueden entrelazarse.

En la ACTITUD:

- Fortuito vs. control.
- Trabajo espontáneo vs. deliberado.
- Dinámico vs. estático.
- Movimiento vs. reposo.
- Lo relacionado vs. lo aislado.
- Graduado vs. sin graduar.
- Tratamiento violento vs. tratamiento cuidadoso.
- General vs. singular.
- Abstracción vs. realidad.
- Lo infinito vs. lo finito.
- Lo indefinido vs. lo definido.
- Lo ilimitado vs. lo limitado.
- Lo imperfecto vs. lo perfecto.
- Características ideales vs. características reales.
- Ficción vs. verdad.
- Creación vs. imitación.
- Invención vs. copia.
- Inspiración vs. maestría.
- Contenido vs. forma.
- Significado vs. significante.
- Valor simbólico vs. valor representacional.
- Lectura connotativa vs. lectura denotativa.
- Transformar vs. formar.
- Libertad vs. reglas.
- Placer vs. utilidad.

En el SOPORTE:

- Soporte artesanal vs. soporte industrial.
- Textura o grano grueso (no es posible un tratamiento preciso) vs. textura o grano fino (los efectos se controlan).
- Proceso en negativo vs. proceso en positivo.
- Mezcla directa en el cuadro vs. mezcla indirecta en la paleta.

- Fondo húmedo vs. fondo seco.
- Humedad como unión vs. sequedad como separación.
- Zonas frescas vs. zonas secas.
- En húmedo: posición horizontal (el tono se expande sin control por toda la zona húmeda hasta encontrar un margen seco) vs. posición vertical del soporte (permite controlar lavados de tonos).

- Pincelada rápida vs. pincelada suave.
- Trazo libre vs. rotunda linealidad.
- Color vs. dibujo.
- Magro vs. graso (la disolución de un fluido en otro forma fractales).
- Veladuras vs. capas opacas (impastos).
- Transparencia vs. opacidad.

En el MATERIAL:

- Pinceles suaves vs. pinceles duros.
- Arrastre del pincel húmedo para texturar por fundidos vs. arrastre del pincel seco para texturar por yuxtaposición.

- Texturas con agentes internos (pinceles...) vs. texturas con agentes externos (disolventes...).

- Texturas gráficas vs. texturas matéricas.
- Espacio bidimensional vs. espacio tridimensional.

En el COLOR y en la LUZ:

- Impresión general del color vs. impresión concreta, matizada.
- Tonos planos vs. valoración tonal.
- Tonos contrastados vs. tonos medios.
- Colores emancipados vs. colores circunscritos.
- Color aguado vs. color opaco.
- Pintura diluida vs. pintura densa.
- Pintura directa vs. pintura por capas.
- Pintura plana vs. pintura degradada.
- Armonías cromáticas (equilibrio) vs. contrastes cromáticos (dinamismo).
- Colores cálidos vs. colores fríos.
- Colores insaturados (lejanía) vs. colores saturados (cercanía).

- Escalas acromáticas vs. escalas cromáticas.
- Escalas monocromas vs. escalas policromas.
- Escala de saturación (o escala del blanco): cuando a un tono se le añade blanco vs. escala de luminosidad (o escala del negro): cuando a un tono se le añade negro.

- Escala baja (valores hacia el negro) vs. escala alta (valores hacia el blanco).
- Luz natural vs. luz artificial.
- Luz suave vs. luz dura.
- Luz difusa (armonización) vs. luz directa (contrastes violentos).
- Luz relativa vs. luz absoluta.

En la FORMA y en la COMPOSICIÓN:

- Composición libre o dinámica vs. composición clásica o estática.
- Movimiento aparente vs. movimiento real.
- Cualidades genéricas de representación (encaje) vs. cualidades concretas (dibujo).
- Encaje con excesiva dispersión vs. encaje demasiado riguroso.
- Apuntes rápidos (síntesis) vs. elaboración avanzada (análisis).
- Casualidad vs. causalidad.
- Accidental vs. estable.
- Abstracto (lo universal) vs. concreto (lo particular).
- Paisaje (menor rigor proporcional) vs. figura humana (mayor rigor proporcional).
- Naturaleza vs. arquitectura.
- Improvisación vs. composición.
- Obra sin acabar vs. obra acabada.
- Imágenes vs. conceptos (letras, cifras...).
- Realismo conceptual vs. realismo sensorial.
- Icónico vs. verbal.
- Vital vs. mecánico.
- Vacíos vs. llenos.
- Centro vs. periferia.
- Integración de capas vs. superposición de capas.
- Línea sinuosa y diagonal vs. línea vertical y horizontal.
- Formas planas vs. formas volumétricas.
- Forma bidimensional vs. forma tridimensional.

- Formas desenfocadas (integración) vs. formas nítidas (disgregación).
- Formas difusas (lejanía) vs. formas contrastadas (cercanía).
- Formas orgánicas (más libres) vs. formas geométricas (más mecánicas).
- Disminución de tamaño (lejanía) vs. aumento de tamaño (cercanía).
- Bordes rasgados vs. bordes delimitados.
- Contrapicado vs. cenital.
- Planos generales (conjunto) vs. planos cortos (fragmentos).
- Estructuras geométricas unificadas vs. estructuras geométricas fragmentadas.
- Un solo punto de vista vs. múltiples puntos de vista.
- Perspectiva aérea vs. perspectiva lineal.
- Distintas vistas simultáneas vs. perspectiva lineal.
- Curvas dinámicas vs. rectas estáticas.
- Círculos vs. cuadrados.
- Lo texturado se acerca vs. lo liso se aleja.
- Espacios vacíos vs. espacios llenos.
- Espacio interior vs. espacio exterior.
- Movimiento interno vs. movimiento externo.

En la FIGURA y en el FONDO:

- Fondo vs. figura.
- Color del fondo vs. color propio de la figura.
- Integración tonal (armonía entre figura y fondo: la figura se une al fondo) vs. desintegración tonal (contraste entre figura y fondo: la figura se separa del fondo).
- Fondo-figura vs. figura-fondo.
- Figura cambiante vs. figura fija.

También se puede seguir una serie de premisas en la manipulación de las imágenes que utiliza los siguientes principios binarios:

- Aumentar-disminuir.
- Multiplicar-dividir.
- Añadir-quitar.
- Unir-separar.
- Plegar-desplegar.
- Incluir-excluir.

- Cambiar-conservar.
- Seleccionar-rechazar.
- Construir-destruir.
- Conectar-desconectar.
- Igualar-diferenciar.
- Idealizar-racionalizar.
- Aplicar analogías–establecer categorías.
- Crear-imitar.

22. La Pintura Holofractista

El enfoque holofractal se puede desarrollar no solo en el plano teórico, sino también a través de obras pictóricas concretas. La pintura holofractista es una propuesta personal que busca plasmar la dinámica recursiva del método holofractal, que se basa en la idea de la unificación de las dualidades conceptuales, y comparte presupuestos comunes con el pensamiento complejo. Por lo tanto, es una forma de entender la pintura equiparable a la construcción del conocimiento, en la cual el artista se involucra en el descubrimiento de los patrones duales a diferentes escalas y sus conexiones subyacentes. En este sentido, la pintura holofractista es considerada una forma de arte cuyo objetivo principal es transmitir un mensaje científico, filosófico y espiritual a través de conceptos universales como la unidad, la interconexión, la armonía y la complejidad.

22.1. Evolución Artística

En el proceso de desarrollo de la pintura holofractista se distinguen tres etapas más o menos definidas que están en relación con la obra literaria:

La primera etapa, que va desde 2004 a 2013, se caracteriza por las especulaciones y experimentaciones. Es la época transcurrida en la realización de *El Modelo Fractal-Holográfico*, una investigación que trata sobre el proceso creativo. En un principio, la investigación estaba dirigida a ser un proyecto de tesis, pero se decidió publicarla como un libro de divulgación convencional. En el transcurso de esta etapa, se empezó a ensayar sobre los postulados del modelo fractal-holográfico en mis obras pictóricas, consistentes en grandes displays que mostraban información visual de eventos escolares y festivos. Los displays se construían con fragmentos sacados de los medios de comunicación, especialmente de Internet, en un afán por recrear lo creado y aportar nuevos significados. Pero no será hasta finales de 2013, durante los cursos de Pintura a cargo de Verónica Maccorín en los talleres del Centro

Cultural de Puente Tocinos, cuando se ponga de relieve la verdadera preocupación por desarrollar una pintura de incursión afín a la teoría, planteando de forma gráfica el asentamiento racional del estilo.

La segunda etapa, que comprende desde el 2013 al 2015, representa la pubertad de mis realizaciones. Esta etapa coincide con el segundo libro *Los sistemas complejos y su evolución*, un libro que considera la evolución sistémica a la luz del método holofractal. Al año siguiente, en el 2016, se prepararon las primeras obras de madurez en el taller del pintor Manuel Morilla, a la par que se empezó a trabajar sobre los contenidos del trabajo de investigación *Principios de Estética Holofractal*. El pintor Morilla ejecuta sus obras bajo una factura muy rápida y expresiva, usa diversos materiales, empastes densos, chorreados, disoluciones, fundidos, veladuras y otros procedimientos técnicos basados en interacciones. Entre sus ingredientes estrella están la masilla cerámica Cover, la resina acrílica transparente y el caucho. Con ellos, dota a las superficies de diferentes texturas y niveles de porosidad. Durante este período, algunos de esos componentes entrarán a formar parte de la obra artística, así como el material holográfico.

En la tercera etapa, que comprende desde el 2016 al 2022, se aplican los planteamientos teóricos de la Estética Holofractal con mayor insistencia. En la Estética Holofractal interviene el concepto de armonía cromática, que es más fácil de lograr con la antigua técnica de la grisalla, porque el fondo de color empleado unifica el tono de la obra, ayudando a que quede más integrada. Con la finalidad de aprender dicha técnica, se asistió con regularidad al taller de escultor y pintor murciano Manuel Páez. El procedimiento técnico de Páez se caracteriza por el empleo de fondeados con tonos rojizos y de una técnica mixta que combina el óleo con el temple al huevo. El color del fondo se utiliza como un tono medio de base que unificará el cuadro. La pintura queda así determinada por una graduación de tres tonos: luz, tono medio y sombra. Las luces se consiguen mediante capas superpuestas de óleo blanco diluidas en aceite y trementina, los medios tonos proceden del fondo rojizo por transparencia (gris óptico), y las sombras se obtienen con un color terroso al óleo, en este caso sombra tostada. Una vez que se han establecido los contrastes generales entre los tonos claros y oscuros, se termina la obra aplicando los colores en capas muy delgadas, a modo de veladuras, procurando dejar ver algunas transparencias del fondeado mediante pequeñas reservas. Para intensificar el efecto de volumen, en las zonas de mayor luminosidad la pintura se aplica más gruesa por medio de impastos.

Lo que más interesa del proceso de grisalla es que es una forma racional de ejecutar una pintura, ya que al fraccionar el proceso pictórico en la fase de dibujo-claroscuro y de co-

loración, abarca de forma separada tanto las formas como el color. También es interesante apuntar que en la grisalla hay algo de recursividad, porque los tonos claros y oscuros se tienen que ir reforzando en cada sesión, pues estos se apagan al secar. Ello hace que se vayan superponiendo estrato por estrato, como los fractales. En esa superposición recursiva, se conserva o se oculta la grisalla de la primera fase, influyendo en los tonos finales y dando un tono unitario a la obra que le otorga una armonía propia del principio holográfico.

22.2. Fundamentos de la Obra

La obra holofractista se basa en una serie de características que se sustentan en las investigaciones pasadas y en la presente tesis. Su configuración plástica se basa en los siguientes principios esenciales:

- Los patrones duales del lenguaje visual son una característica de las relaciones dialécticas que encontramos en los fractales. En el Holofractismo, se busca una operación dialéctica entre elementos contrapuestos, como forma de establecer una composición basada en la unificación de las dualidades (forma/color, figura/fondo, lleno/vacío, parte/todo, diversidad/unidad, partícula/onda, física clásica/cuántica, realismo/idealismo, mecanicismo/holismo...), y revelar con ello los arquetipos universales de las imágenes. Este enfoque totalizador provoca necesariamente una sensación rítmica que busca representar el concepto de fractalidad dual y unitaria a través de un método de trabajo más racional y técnico frente a otro más emotivo y expresivo. El método racional y técnico se manifiesta en la voluntad por representar la realidad tal como se ve, y el emotivo y expresivo en la voluntad de dar rienda suelta a la imaginación e intuición a la hora de representar la realidad oculta de las cosas. Ello abre la reflexión sobre la dualidad y la unidad en el arte, y cómo residen en todos sus niveles.

Un ejemplo de relación dialéctica entre dualidades lo encontramos, por un lado, en la figura, que lleva intrínseco el valor representativo, y, por otro, en el fondo, que hace referencia al valor simbólico, generalmente místico-espiritual, de sus componentes. En el nivel de la figura, se representa la realidad de forma realista, como expresión de la objetividad del mundo exterior. En este nivel, se suele tomar como referencia la anatomía humana (cuerpo y rostro), porque es la mejor forma de definir las proporciones áureas de la naturaleza y su despliegue como fractales, en concordancia con el aforismo griego de Heráclito y de Protágoras: “el hombre como medida de todas las cosas”. Además, el cuerpo y el rostro se prestan a un análisis profundo de los rasgos, como un fiel reflejo de una realidad individual llena de detalles, lo que pone de relieve el vínculo con la fragmentación del pensamiento racional. Esta tendencia a la reproducción mecánica de la figura se integra con las dimensiones ocultas del

fondo, que no se rige por el realismo, sino por un proceso de abstracción y síntesis de las formas. Al hacerlo, aporta un mayor grado de expresividad subjetiva, propia de un nivel más subyacente que otorga contenido simbólico y trascendental a la obra. Se genera así una dicotomía entre la figura y el fondo, pero dado que ambos son representaciones de la estructura holofractal del mundo, se crea a veces una falsa contraposición. De hecho, las figuras no siempre están del todo aisladas, en ciertas partes pueden interactuar con el fondo.

- Cuando los patrones duales del lenguaje visual se armonizan mediante armonizadores o mediadores, las antinomias gráfico-plásticas se conectan entre sí para crear cohesión y unidad en una obra de arte, un aspecto característico de la interconexión holográfica. Las relaciones áureas de proporcionalidad, conjuntos de rectángulos proporcionales, rectángulos áureos y otras combinaciones de polígonos áureos, espirales logarítmicas, simetrías axiales y centrales, redes modulares, repeticiones secuenciales, ritmos, jerarquías..., y sus posibilidades expresivas (escalas de semejanza, igualdades, giros, traslaciones, distanciamientos, toques, etc.) son importantes en la pintura holofractista, ya que todas estas interacciones contienen intrínsecas las leyes sistémicas del universo, que tratan de la relación entre las partes y el todo. Esto hace del cuadro una forma viva u organismo, es decir, un sistema complejo dotado de una organización holofractal, en donde se vislumbra una síntesis que integra sus niveles y crea equilibrio, conforme a un proceso dialéctico.

- Con el fin de resaltar la idea de la naturaleza dual de los elementos formales y cromáticos, se utilizan formas fractales a diferentes escalas, cuya lógica contempla las dualidades entre lo micro y lo macrocósmico, lo desordenado y lo ordenado, lo aleatorio y lo determinista. Y para enfatizar el concepto de unidad e interconexión holográfica, se aplica material holográfico en la superficie de las pinturas. Los colores luz del material holográfico constituyen un aspecto importante en el Holofractismo, dado que las frecuencias electromagnéticas del espectro cromático se funden unas con otras, siendo la base de la estructura subyacente del universo. Además, se considera que los colores luz y los colores matéricos pertenecen a ámbitos opuestos de la realidad y de la percepción. Siendo así, los colores luz del papel holográfico se pueden complementar con los colores matéricos del cuadro a la hora de crear una totalidad cromática.

22.3. Análisis de los Materiales y Técnicas

A lo largo de la segunda y tercera etapa, se ha ido explorando las posibilidades expresivas del material holográfico, que es un material basado en una técnica que permite crear patrones con diferentes índices de refracción luminosa sobre una superficie metalizada, refle-

jando así todas las longitudes de onda del espectro cromático. Se fabrica en una amplia variedad de diseños o colores, y en la actualidad se ha hecho muy popular, tanto que se emplea en multitud de ámbitos. Se utiliza a menudo en las tarjetas de identificación y de crédito, en los billetes, en las etiquetas de seguridad y, en general, en los productos que requieran medidas de autenticidad, en la industria del packaging, en la moda, en los pequeños accesorios, en el esmalte de uñas, etc. Aunque su uso es también común en decoraciones o en trabajos manuales, el material holográfico no ha sido muy usado en las artes plásticas. No obstante, existen algunos referentes artísticos tempranos, como el artista galés Dafydd Dale-Jones (como se citó en Arañó, 2015), quien lo incorporó por primera vez en 2014. Al respecto, el artista explicó en una entrevista publicada en el *Diario de Ibiza* que nadie antes que él había usado este tipo de papel para hacer arte.

La cualidad específica del material holográfico es que irradia ondas de diferentes frecuencias cromáticas cuando la luz incide sobre él, una cualidad que hace cambiar el aspecto de una obra conforme va cambiando la posición de la luz incidente y el observador. Aparte de la cualidad física de reflejar los colores, lo realmente interesante de este tipo de material es que se puede aprovechar para desarrollar un significado renovado de la metafísica de la luz, puesto que, al agregar un brillo intenso a cualquier superficie, recoge el ideal de la belleza como claridad o resplandor. En el pensamiento del medievo, la luz simbolizaba lo sagrado, porque las Sagradas Escrituras identificaban la luz con Dios (Tomasini, s.f.). La filosofía neoplatónica, cuyo fundador fue Plotino, relacionó la luz con la belleza divina, de la cual emanaba la belleza del mundo sensible. De esa relación surgió la llamada “estética de la luz” del arte medieval, sobre todo en el gótico. Los fondos dorados de los iconos o las vidrieras de las catedrales góticas son los ejemplos más representativos que reflejan la estética de la luz del neoplatonismo. Además de constituir un significado renovado de la metafísica de la luz, el material holográfico puede usarse como una metáfora visual que alude al concepto místico-espiritual de divinidad en términos de unidad, pues la percepción de todos los colores es la captación de las vibraciones de las frecuencias luminosas a nivel cuántico, un orden subyacente de realidad en donde tienen lugar los fenómenos no locales de entrelazamiento y que parece trascender el espacio y el tiempo, siendo una analogía de los distintos niveles de vibración de la conciencia. El desplegado progresivo de ese orden implicado de la luz como fenómeno cuántico es una manifestación del orden explicado, que, según Bohm, pertenece al ámbito de la dualidad racionalista, cuya representación visual son los colores matéricos.

El material holográfico puede presentarse en forma de papel o foil (lámina). El papel holográfico tiene un acabado similar al papel convencional, pero con un patrón

holográfico en su superficie. Este material suele aparecer en los fondos de mis cuadros como reflejo de un orden subyacente basado en principios holográficos. Pero algunos marcos también se han decorado al estilo de los fondos de las obras, más que nada para incorporarlos al contenido significativo de estas. El marco es una estructura que tiene como función realzar una obra pictórica, de modo que entre la obra y el marco debe haber una armonía y complementariedad. Además de esta función, existe una función fronteriza que separa el cuadro del mundo real. En este sentido, se ha dicho que el marco es como una ventana a través de la cual percibimos nuevas formas de ver el mundo, nuevos universos. Un marco, por tanto, funciona como una zona de transición entre la ficción y la realidad. Puesto que rodea a la obra y tiene una función fronteriza entre el interior y el exterior, el marco es equiparable al horizonte de sucesos holográfico que delimita la frontera entre las partículas que entran y salen de un agujero negro. Las partículas que entran en su interior conforman universos cuya información se almacena en la superficie del horizonte de sucesos, por lo que el interior es una proyección holográfica de su frontera exterior. En cuanto al procedimiento técnico, el papel holográfico puede adherirse con cola blanca sobre el soporte pictórico, pero no permite pintar directamente sobre él. No obstante, a lo largo de la investigación práctica se descubrió mediante pruebas experimentales (Figura 249) que ciertos barnices especiales funcionan como base para hacer que la superficie del papel holográfico se convierta en receptora de la pintura, como puede ser el componente epoxil Vidrio Bar.

Otra modalidad de material holográfico es el foil, un film metalizado muy fino y brillante que se vende en pequeños rollos, y que se utiliza para decorar y proteger diferentes tipos de superficies. El foil holográfico se puede transferir en caliente o en frío. En frío se transfiere mediante el uso de un tipo de pegamento especial o mixtión para dorar. Una vez aplicado el mixtión sobre la superficie, se aplica calor con un secador para acelerar el proceso de secado. A continuación, se coloca una tira de foil holográfico y se ejerce presión, procurando que no se arrugue. Finalmente, se retira el film de un tirón. Al igual que el papel holográfico, el foil holográfico no es un buen soporte para la pintura, por lo que requiere la misma técnica para mejorar la toma. A la hora de proteger todos estos materiales, es aconsejable barnizarlos con barnices brillantes, porque los mates suelen mitigar el efecto holográfico.

22.4. Catalogación Razonada de las Obras

El objetivo del siguiente catálogo razonado es ofrecer un estudio detallado de diecisiete obras pictóricas basadas en la Estética Holofractal, a modo de fichas técnicas. Cada ficha de catalogación incluye el título, la fecha, las dimensiones, la técnica, la ubicación, la descripción, los niveles fractales y el análisis compositivo de la obra.

22.4.1. Ficha 1.

Título: *Bodegón*

Fecha: 2015

Dimensiones: 50 x 69,5 cm



Técnica: Acrílico, óleo, resina y papel holográfico sobre lienzo.

Ubicación: Vivienda-estudio del artista.

Descripción:

- Este cuadro está formado por dos grupos de objetos que se reflejan sobre la superficie lisa de una mesa, contribuyendo a enriquecer la profundidad espacial de la obra. La superficie lisa de la mesa contrasta con la pared rugosa del fondo. Esta oposición entre lo liso y lo rugoso funciona como un primer contraste que estructura la composición.
- Los grupos de objetos encarnan la dualidad entre lo holográfico y lo fractal. Los dos objetos de la izquierda hacen referencia al principio holográfico, a la idea de que todo está contenido en la parte; y los dos objetos de la derecha a la geometría fractal, a la recursividad de formas geométricas simples (cuadrados y círculos) a diferentes escalas. Los primeros representan las cualidades del metal, como la solidez, y los segundos las cualidades del cartón, como la fragilidad.

Niveles fractales: Cuadrado-círculo, rugoso-liso, solidez-fragilidad, fractales-material holográfico (papel).

Análisis compositivo: Formal:

- La línea que divide la mesa pulida de la pared rugosa está armonizada a través de la proporción áurea.
- Ambos grupos de objetos están dispuestos en proporción áurea respecto a sí mismos.

22.4.2. Ficha 2.**Título:** *La siesta***Fecha:** 2016**Dimensiones:** 110 x 200cm

Técnica:

- Acrílico, óleo y discos fragmentados de CD sobre lienzo montado en bastidor de 4 cm.
- Las primeras capas se realizaron con pintura base agua (acrílico), y las siguientes se hicieron con pintura base aceite (óleo). El cuerpo se mancha con una capa monocromática de azul antes de pintar las carnaciones.

Ubicación: Vivienda-estudio del artista.

Descripción:

- Este cuadro representa una paleta de colores complementarios. En la mitad inferior dominan los colores cálidos (tonos anaranjados), mientras que en la superior predominan los colores fríos (tonos azulados). La figura está en la intermediación de los contrarios, representando el punto de encuentro entre ambos colores (tono azulado de fondo y anaranjado de las carnaciones). Además, sus extremidades se dirigen hacia la oscuridad y la luz.
- El dibujo de la colcha sigue un patrón rítmico de formas geométricas fractales que representan la integración de lo lineal, lo circular y lo helicoidal. La razón es la expresión de lo lineal, y la intuición es la expresión de lo circular.
- La red del fondo simboliza la estructura subyacente del campo holográfico que relaciona las cosas entre sí. De la red caen rayos que se corresponden con las distribuciones de los siete chakras del cuerpo.

Niveles fractales: Colores complementarios azul-naranja, oscuridad-luz, lineal-circular, fractales-material holográfico (Cds).

Análisis compositivo: Formal:

La rodilla levantada y el chakra del corazón guardan una relación geométrica con la sección áurea.

Cromático:

La extensión de la superficie pintada de azul se equilibra en proporción áurea con la superficie naranja.

22.4.3. Ficha 3.**Título:** *Cristina y Mar***Fecha:** 2016**Dimensiones:** 85 x 65 cm**Técnica:** Acrílico, óleo, resina y tela holográfica sobre lienzo.**Ubicación:** Colección privada.

Descripción:

- El dibujo del caparazón de la tortuga ilustra el concepto de los patrones fractales en la naturaleza. También puede verse como una metáfora del campo holográfico.
- El gesto de la niña de mirar y señalar a la tortuga expresa las dos formas opuestas pero complementarias de conocer: la intuitiva y la racional. Al mirarla, la niña está inmersa en la experiencia directa e inmediata de su presencia. Y al señalarla, categoriza la tortuga como algo separado, pero al mismo tiempo unido a ella. Esta dualidad integrada es expresión del pensamiento mágico asociado a los sueños, que conecta directamente con el campo unificador que subyace a los objetos particulares.

Niveles fractales: Formas abiertas-formas cerradas, fractales-material holográfico (tela holográfica).

Análisis compositivo: *Formal:*

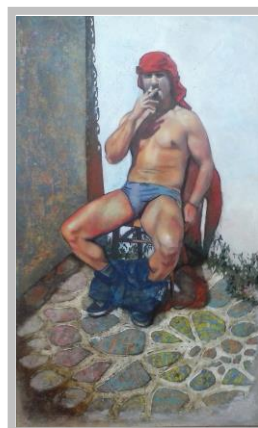
- La línea derecha del horizonte divide el fondo en dos secciones en proporción áurea.
- Las cabezas de las figuras están emplazadas siguiendo la sección áurea en relación con el espacio circundante.

22.4.4. Ficha 4.

Título: *Fumando al sol*

Fecha: 2017

Dimensiones: 150 x 90 cm



Técnica:

- Carboncillo, acrílico, óleo y discos fragmentados de CD sobre lienzo montado en bastidor de 4 cm.
- Técnica de la decalcomanía.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

- En la sombra de la pared se sitúan los colores primarios superpuestos en tres capas con texturas fractales. Además de este patrón fractal, un nuevo patrón aparece en la parte iluminada de la pared.
- Entre la sombra y la luminosidad de la pared se configuran bucles que interconectan las zonas de oscuridad y claridad, creando espacios negativos y positivos. Para la posición de los bucles, se han usado divisiones de acuerdo al crecimiento de los rectángulos armónicos. Además, son bucles que siguen un ritmo ajustado a la progresión de Fibonacci. Ese ritmo se consiguió con la ayuda de la función de aumento de una fotocopiadora: 100, 101, 101, 102, 103, 105, 108, 113, 121, 134 y 155%.
- Las piedras del suelo configuran otra forma fractal, cuyas partes se unifican por medio de una azarosa espiral con los colores complementarios a los colores de cada piedra.
- El grado de iconicidad de la figura va cambiando con el desarrollo del cuadro a medida que asciende.

Niveles fractales: Luz-sombra, colores complementarios, fractales-material holográfico (Cds).

Análisis compositivo: *Formal:*

Los laterales del cuadro se corresponden con las proporciones del rectángulo áureo.

Cromático:

La esquina izquierda que separa la luz de la sombra se corresponde con la sección áurea del borde superior.

22.4.5. Ficha 5.**Título:** Rosa**Fecha:** 2018**Dimensiones:** 64,5 x 64,5 cm**Técnica:** Acrílico, óleo y discos fragmentados de CD sobre lienzo.**Ubicación:** Colección privada.

Descripción:

- La obra busca representar la jerarquía fractal en el desdoblamiento de los pétalos de una rosa. Esta representación fractal funciona como una metáfora del cosmos.
- Según Livio (2018), la rosa se suele utilizar “como paradigma simbólico de la simetría natural, de la armonía, el amor y la fragilidad” (p.17).
- El fondo busca sugerir de manera simbólica la naturaleza holística del campo universal mediante motivos iterativos con pequeños trozos de material holográfico.

Niveles fractales: Fractales-material holográfico (Cds).**Análisis compositivo:** Formal:

Si superponemos sobre la imagen el diagrama de un rectángulo áureo, observamos que el centro de la rosa coincide con el ojo de Dios de la espiral.

Cromático:

La obra intenta armonizar los contrastes cromáticos de los tonos rojizos y verdosos.

22.4.6. Ficha 6.**Título:** *Selfie***Fecha:** 2018**Dimensiones:** 65 x 50 cm

Técnica:

- Acrílico, óleo y papel holográfico sobre lienzo.
- Los fondos se configuran mediante la técnica del dibujo automático, que consiste en trazar líneas "aleatorias" por la superficie.
- Técnica de la decalcomanía.
- Técnica de esgrafiado.

Ubicación: Vivienda-estudio del artista.

Descripción:

- La figura y el fondo en la imagen muestra una dualidad entre la belleza corpórea y la belleza espiritual o intelectual. La figura representa la belleza física del cuerpo humano, enmarcada en el espacio bidimensional de un espejo, que representa la intermediación del alma. El fondo está recubierto con papeles holográficos que descomponen la luz en el espectro de colores, simbolizando la belleza espiritual y la armonía ideal de las formas fractales. Las formas fractales se fundamentan en la aplicación del módulo, la unidad básica que se repite dentro de una red modular triangular.
- En ciertas zonas, las líneas de la figura se abren para permitir la interacción con el fondo, lo que simboliza la posibilidad de conexión entre lo material y lo espiritual, lo corpóreo y lo abstracto. Simboliza la capacidad del alma humana de ascender hacia la belleza ideal, aunque esté encarnada en forma física.
- Desde la dinámica caótica del esgrafiado se van ordenando los elementos hasta alcanzar un orden fractal, como el proceso de auto-organización de los sistemas complejos.

Niveles fractales: Expresión-técnica, caos-orden, fractales-material holográfico (papel).

Análisis compositivo: Formal:

Colocando un diagrama del rectángulo áureo sobre la imagen comprobamos que el ojo coincide con el móvil.

22.4.7. Ficha 7.**Título:** *En el camarote***Fecha:** 2018**Dimensiones:** 30 x 50 cm

Técnica:

- Acrílico, óleo, resina y papel holográfico sobre lienzo montado en bastidor de 4 cm.
- Técnica de la decalcomanía.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

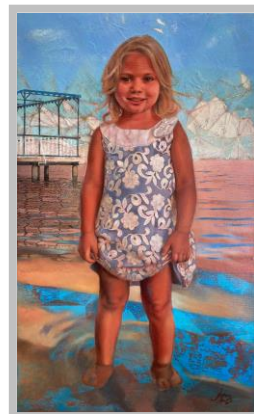
- La repetición de elementos duales se muestra en las redes modulares y los colores complementarios naranja-azul, cuya proporción áurea es el verde. Cada red implica la existencia de una capa, propiedad emergente o nivel de organización más grande. Esas redes superpuestas organizan fractalmente el cuadro.
- A ambos lados de la cabeza aparecen dos nodos, que representan el lado emocional y racional del cerebro.
- Ciertas partes de la figura aparecen sin concluir, como la mano derecha, para hacer entender que emergen del fondo.

Niveles fractales: Colores complementarios, fractales-material holográfico (papel).**Análisis compositivo:** Formal:

El formato del cuadro es un rectángulo áureo.

Cromático:

En la composición cromática se han usado los colores complementarios naranja-azul y el verde como intermediario.

22.4.8. Ficha 8.**Título:** *Mar al atardecer***Fecha:** 2019**Dimensiones:** 30 x 20 cm**Técnica:**

- Técnica mixta y papel holográfico sobre lienzo montado en bastidor de 4 cm.

- A partir de este cuadro se empezó a usar la técnica de la grisalla sobre un fondeado monocromático (rojo óxido). La grisalla permite la relación de tres grados: un tono neutral y sus modificaciones hacia la luz y la sombra. Para esta grisalla se utilizaron el blanco para las luces y el marrón oscuro para las sombras, que son producto de las mezclas aditivas y sustractivas.

Ubicación: Colección privada.**Descripción:**

- El cuadro se concibe como un sistema que se va creando mediante capas pictóricas (niveles de organización) que se superponen de alguna manera, mostrando una estructura compleja de tipo fractal.

- En las primeras capas del fondo se hace uso de formas positivas y negativas.

Niveles fractales: Fases de la grisalla, colores complementarios, formas positivas-negativas, fractales-material holográfico (papel).**Análisis compositivo:** *Formal:*

- El formato del cuadro es un rectángulo áureo.
- El corazón de la figura coincide con la línea de la sección áurea y la composición en general se basa en la estructura del rectángulo áureo.
- El diseño del fondo, sobre todo las nubes, se concibe como un sistema de triangulación que se repite en secuencias regulares relacionadas entre sí mediante proporciones áureas.

Cromático:

El azul del cielo se complementa con la zona naranja del mar, y el tono de las carnaciones con el azul del mar.

22.4.9. Ficha 9.**Título:** *Autorretrato***Fecha:** 2019**Dimensiones:** 20 x 16 cm

Técnica:

- Técnica mixta y foil holográfico sobre soporte de tabla.
- Es una pintura de base monocromática (rojo óxido) consistente en la técnica de la grisalla.
- Técnica de la decalcomanía.
- Técnica del estarcido.

Ubicación: Vivienda-estudio del artista.

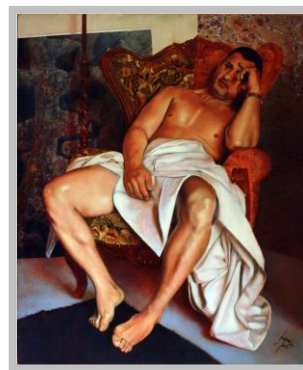
Descripción: El fondo es una analogía bidimensional del espacio-tiempo, cuya geometría no es completamente plana, sino que presenta una curvatura, sugiriendo la distorsión espaciotemporal en presencia de una masa, que está representada como figura.

Niveles fractales: Fases de la grisalla, rectas y curvas, fractales-material holográfico (foil).**Análisis compositivo:** Formal:

La línea de fondo que divide el color cálido (amarillo) del frío (azul) se ha trazado siguiendo la sección áurea.

Cromático:

La distancia que guarda el fondo amarillo con respecto al rojo-azul de la parte izquierda del cuadro también está en proporción áurea.

22.4.10. Ficha 10.**Título:** *Pensativo***Fecha:** 2019**Dimensiones:** 45 x 37 cm

Técnica:

- Técnica mixta y foil holográfico sobre soporte de tabla.
- Técnica del estampado al agua. Se trata de la imagen impresa de una textura que se produce cuando se mezclan pinturas oleosas y acuosas. Cuando dos medios incompatibles entran en contacto, se repelen entre sí, formando incursiones de un medio en otro que crean texturas fractales.
- Para pintar la piel se ha fondeado la tabla con una capa monocromática de rojo óxido.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

- La esquina de la pared coincide con el centro del sillón y divide el espacio en dos zonas, que representan las dos visiones básicas del mundo, la visión mecanicista y la holista.
- El retratado aparece ladeado hacia la derecha y oculta su ojo izquierdo con la mano, símbolo de su predominancia hemisférica del artista.

Niveles fractales: Fases de la grisalla, fractales-material holográfico (foil).**Análisis compositivo:** Formal:

En el borde superior hay varias divisiones en sección áurea.

22.4.11. Ficha 11.**Título:** *M^a del Mar y su prometido***Fecha:** 2019**Dimensiones:** 60 x 50 cm

Técnica:

- Técnica mixta y foil holográfico sobre lienzo.
- La primera capa de pintura aplicada es una capa monocromática de tonos rojizos (rojo óxido). La grisalla con fondeado de rojo óxido se concibe como una técnica pictórica que permite colorear las formas mediante capas superpuestas (niveles de organización). Algunas de estas superposiciones se pierden, mientras que otras se conservan mediante reservas.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

- Este cuadro representa de forma metafórica la organización del lenguaje visual bajo un patrón recursivo. Cada capa incluye las capas inferiores, que constituyen la base de las superiores, mostrando una estructura compleja de tipo fractal.
- Partiendo de los ojos de la chica, el dedo índice señala la división del lado vertical del cuadro en proporción áurea. Esa división divide el lienzo en una parte más expresiva (proporción áurea menor) y otra más técnica (proporción áurea mayor).
- El fondo de ladrillos se transforma a partir de la sección áurea del lado horizontal. La transformación de los ladrillos rectos en curvos representa la integración de lo masculino y lo femenino.

Niveles fractales: Fases de la grisalla, curvas-rectas, expresión-técnica, fractales-material holográfico (papel y foil).

Análisis compositivo: Formal:

- El diseño del fondo se basa en formas que se repiten en secuencias regulares según una proporción áurea.
- El dedo índice de la chica señala la sección áurea del cuadro.

22.4.12. Ficha 12.**Título:** Sara y Javier**Fecha:** 2020**Dimensiones:** 49,5 x 49,5 cm

Técnica:

- Técnica mixta y foil holográfico sobre soporte de tabla.
- En los fondos se ha empleado como base la técnica de “pouring”, que es una técnica de arte abstracto en donde se produce una interacción aleatoria de pinturas, y la técnica del dripping.
- En la parte superior derecha se ha realizado una transferencia de una fotocopia en color mediante un procedimiento en frío con resina acrílica.
- Sobre las carnaciones se realiza un fondeado monocromático de verdaccio para las sombras y de rojo óxido para las luces, resaltando la complementariedad. Con el fondeado en verdaccio las zonas de sombra de la piel parecen distantes, ya que están enfriados; mientras que con el de rojo óxido las carnaciones, más cálidas, parecen estar más cerca.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

- En este proyecto artístico se hace uso de las Redes Generativas Antagónicas (GANs) para mejorar la expresión de los rostros, utilizando la herramienta digital de Artbreeder. Asimismo, los fondos han sido diseñados usando una red neuronal dual (Ostagram).
- Donde no hay pintura queda la superficie en blanco, una zona donde a primera vista no hay nada, pero en realidad es un lugar a partir del cual se construye la realidad que percibimos. Esa parte representa el vacío, el nivel fundamental de donde surge la realidad visible, la dualidad del ser, que tiene su sustento en la red holográfica de entrelazamiento. El dibujo subyacente pretende trasladar el concepto de red entrelaza, pues se muestra como el continuo que todo lo conecta.
- En ciertas zonas la pintura se abre para dejar ver el blanco de la superficie, lo que evoca a los efectos cuánticos, que pueden romper el tejido espacio-

temporal para provocar agujeros de gusano.

- Con el fin de unificar la figura al fondo, las figuras se fusionan con el fondo en ciertas partes, como en el pelo de la niña y en la ropa del niño.
- Es una representación jerárquica en donde el grado de iconicidad de las imágenes se modifica a medida que se confluye hacia los rostros, mostrándose niveles fractales específicos que van del dibujo a la pintura. Cada cambio de nivel supone una ganancia de información, entalpía, y un avance hacia la realidad.

Niveles fractales: Colores áureos, colores complementarios, expresión-técnica, fractales orgánicos y geométricos, fractales-material holográfico (foil).

Análisis compositivo: Formal:

- En la composición del cuadro se hace énfasis en el pentagrama pitagórico.
- La estructura fractal del lado derecho acaba en la sección áurea del margen superior.

Cromático:

- Sobre la transferencia de la derecha se ha superpuesto una estructura fractal geométrica, cuyos colores naranja claro y oscuro se complementan con los colores azul oscuro y claro de la ropa del niño.

22.4.13. Ficha 13.**Título:** *En tiempos de pandemia***Fecha:** 2021**Dimensiones:** 46 x 38 cm

Técnica:

- Técnica mixta y papel holográfico sobre soporte de tabla.
- Sobre el rostro se realiza un fondeado monocromático de rojo óxido, y sobre la mascarilla otro de verdaccio.

Ubicación: Vivienda-estudio del artista.

Descripción:

- La base del cuadro se ha elaborado con líneas oblicuas de papel holográfico, que representan rayos luminosos que convergen y divergen. Esas líneas van construyendo una red holográfica sobre fondo negro. La red holográfica refleja los colores de la luz gracias al papel holográfico, y el fondo negro los absorbe. Se crea así una dicotomía.
- En la superficie del cuadro se observan fractales geométricos y orgánicos que tapan parcialmente la red holográfica. Una parte de la red holográfica pasa por el centro de la frente del rostro, haciendo referencia al concepto místico de tercer ojo (glándula pineal).
- La imagen de la mascarilla en una imagen en negativo del rostro. El rostro mira hacia la oreja, mientras que la imagen en negativo observa la oreja del cuadro. Representa a Jano, el dios de las dos caras, dualidad que en esta obra tiene que ver con la realidad (la oreja real) y la ficción (la oreja del cuadro). Para cambiar la posición de los ojos, se ha usado una tecnología para animar los rostros basada en una red neuronal profunda (MyHeritage).
- En la camiseta del retratado aparece un vórtice en forma de toroide que refleja un movimiento en espiral con dos polaridades.

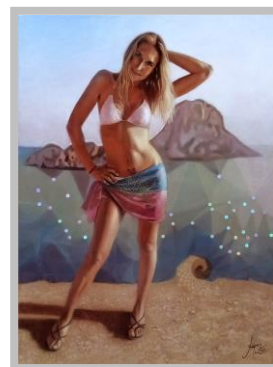
Niveles fractales: Colores complementarios, fractales orgánicos y geométricos, fractales-material holográfico (papel).

Análisis compositivo: Formal:

- La base de este cuadro esta construida con líneas oblicuas de papel holográfico que se entrecruzan sobre un fondo negro. Por cada sección áurea se han incrementado las líneas.
- El centro de la figura coincide con la sección áurea del margen superior.

Cromático:

- La extensión de la superficie pigmentada de naranja se equilibra en proporción áurea con su complementario, que es el azul.
- En el fondo aparece un par de dualidades cromáticas (naranja y azul ultramar) equilibradas con el color de la mascarilla (azul celeste), que coincide con la sección áurea.

22.4.14. Ficha 14.**Título:** *Es Vedrá***Fecha:** 2021**Dimensiones:** 40 x 30 cm

Técnica:

- Acrílico, técnica mixta y papel holográfico sobre lienzo.
- Técnica de la grisalla sobre un fondeado monocromático con rojo óxido.
- Técnica de la decalcomanía.
- Técnica del salpicado.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

- La figura tiene los brazos flexionados y en sentido opuesto, haciendo alusión a la dualidad de orden explícito.
- El mar ha sido sometido a la triangulación de su superficie a través de una red fractal de nodos. Representa el proceso de triangulación que modeliza la curvatura del espacio-tiempo a pequeña escala, la red invisible que interconecta todos los nodos y que apela al fenómeno de entrelazamiento. La curvatura espaciotemporal se manifiesta mediante una serie de ondas horizontales.
- Algunos nodos de la red son puntos circulares de papel holográfico que brillan como reflejos del agua. El hecho de que sean puntos holográficos sugiere que cada nodo contiene y refleja la totalidad.
- El mar y la tierra son símbolos de la dualidad onda/partícula. Ambos confluyen en espiral en un punto áureo, un punto donde tiene lugar la unión entre opuestos, y que se asocia con la idea de singularidad espaciotemporal. Las dos espirales componen una espiral logarítmica con la forma de una fractal. Un círculo confina ambas espirales, lo que representa el equilibrio entre reposo y movimiento.

Niveles fractales: Colores análogos y de contraste, fractales orgánicos y geométricos, fractales-material holográfico (papel).

Análisis compositivo: Formal:

- El formato del cuadro es un rectángulo dinámico raíz de dos. Para establecer centros de interés, se ha usado la composición del triángulo dorado.
- La superficie ha sido dividida en proporción áurea recíproca, quedando establecidas las distancias entre el cielo, el mar y la tierra de forma armónica. Asimismo, el emplazamiento de la figura se ha organizado en relación áurea con respecto al espacio circundante.

Cromático:

La tierra está formada por dos colores (dualidad) y el mar por tres (intermediario-unidad). Todos ellos forman una armonía cromática. Allí en donde confluyen la tierra y el mar hay dos colores complementarios, el naranja y el azul, que se funden hacia la singularidad en un círculo neutro (totalidad cromática).

22.4.15. Ficha 15.**Título:** *Maribel***Fecha:** 2021**Dimensiones:** 40 x 30 cm

Técnica:

- Técnica mixta y papel holográfico sobre lienzo.
- Técnica de la grisalla con fondeado monocromático de rojo óxido.
- Técnica de la decalcomanía.
- Técnica del estofado.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

- El cuadro plantea la teoría de los multiversos burbuja (o teoría de la inflación eterna).
- En el sombrero se ha trazado el patrón de la secuencia de Fibonacci, una secuencia matemática que aparece constantemente en la naturaleza, por ejemplo, en la disposición de las semillas de los girasoles. Este patrón confluye hacia el vórtice energético del tercer ojo, a través del cual se puede acceder a la información compartida del campo holográfico mediante relaciones áureas.
- En el fondo se representa un patrón semejante, aunque a mayor tamaño. Son círculos de papel holográfico que simbolizan los multiversos burbujas, y cuya continuidad coincide con algunos chakras del torso y la cabeza. Sobre él se extiende una capa de pintura con una serie de ramificaciones que dejan traslucir los destellos del papel.

Niveles fractales: Fractales orgánicos y geométricos, fractales-material holográfico (papel).**Análisis compositivo:** Formal:

- El formato del cuadro es un rectángulo dinámico raíz de dos. En él se ha superpuesto el rectángulo áureo, cuya espiral se engarza con la espiral del

colgante.

- Atendiendo al lado izquierdo del rectángulo áureo, se ha establecido la opacidad de la plantilla blanca de óvalos en proporción áurea.

Cromático:

Los tres colores del fondo se han dispuesto tomando como referencia el ángulo áureo alrededor del círculo cromático, es decir, 137,5 grados de separación entre colores adyacentes.

22.4.16. Ficha 16.

Título: *Francisca*

Fecha: 2021

Dimensiones: 35 x 26,5 cm



Técnica:

- Acrílico, técnica mixta y foil holográfico sobre lienzo.
- Técnica de la grisalla con fondeado monocromático de rojo óxido y verdaccio.

Ubicación: Colección privada.

Descripción:

- El fondo del cuadro simboliza el universo entrelazado y holístico, donde todos sus componentes están interconectados. Se realizó usando la aplicación online Ostagram, que utiliza redes neuronales para combinar dos imágenes, en este caso el fondo original con la imagen de un pouring abstracto y acromático.
- La idea del universo entrelazado y holístico del fondo cobra fuerza con el collar de la retratada, que representa las perlas del dios hindú Indra, la red holográfica que interconecta el universo.

Niveles fractales: Fractales orgánicos y geométricos, fractales-material holográfico (foil).

Análisis compositivo: Formal:

El formato del cuadro es un rectángulo subarmónico 2/3.

22.4.17. Ficha 17.**Título:** *Páez en su estudio***Fecha:** 2022**Dimensiones:** 46 x 38 cm

Técnica:

- Técnica mixta y foil holográfico sobre tabla.
- Técnica de la grisalla con fondeado monocromático de rojo óxido.
- Técnica de la decalcomanía.

Ubicación: Vivienda-estudio del artista.

Descripción:

- El cuadro presenta una escena en el taller del pintor y escultor Manuel Páez. En la escena, el artista está sentado en un taburete frente a su mesa de trabajo, donde se encuentran cinco esculturas y varios utensilios de arte dispuestos sobre ella. Una de esas esculturas está siendo pintada por él, sujetando un pincel con su mano derecha. Mientras tanto, el artista está mirando hacia el frente, con una expresión reflexiva, como si estuviera imaginando algo, lo que sugiere que está en medio de un proceso creativo. De hecho, la escena en sí misma es una representación de la creatividad artística.
- Tras el artista, hay una cortina holográfica desplegada que se va plegando conforme llega al suelo. Este plegado simboliza el orden implicado. La cortina está decorada con un patrón fractal geométrico en la parte superior y un patrón fractal más orgánico en la parte inferior. Al emitir una amplia gama de colores del espectro cromático, crea una atmósfera de misterio y color en el cuadro.
- A la derecha del cuadro, tras la cortina de tela holográfica, se encuentra un sátiro manejando la cruceta de un maniquí de madera que tiene la misma postura que el artista. La cabeza de la marioneta emite una luz que ilumina al sátiro desde abajo, creando un efecto dramático que parece salir de la oscuridad.
- En el suelo se aprecia una combinación de baldosas blancas y negras, lo que añade un elemento de contrastes visuales al cuadro. La disposición de

estas baldosas en el suelo está relacionada con la secuencia de Fibonacci. Debajo del pie del maniquí hay una baldosa blanca con un agujero blanco, y bajo el pie de Páez una baldosa negra con un agujero negro.

- La atmósfera general del cuadro es misteriosa, con dos focos de luz, uno que se dirige hacia el artista y otro que parte de la cabeza del maniquí. Ambos focos se combinan para formar un punto de luz central en el cuadro, que simboliza la concentración y el enfoque en el proceso creativo.
- Todos los elementos del cuadro tienen un significado simbólico en relación al proceso creador. Por ejemplo, el sátiro simboliza la manipulación de la inspiración creativa, que está representada por la luz que proviene de la cabeza del maniquí y el agujero blanco bajo su pie, mientras que Páez representa el artista que materializa esa inspiración en su obra. Asimismo, la cortina de tela holográfica simboliza el universo de las ideas y la manifestación de las mismas en la realidad a través del arte y la creación.

Niveles fractales: Fractales orgánicos y geométricos, fractales-material holográfico (foil).

Análisis compositivo: Formal:

- La disposición de los elementos en el cuadro sigue la proporción áurea. Por ejemplo, las esculturas sobre la mesa están en proporción áurea entre sí.
- Se puede apreciar que la composición se ha realizado utilizando el esquema del pentagrama, creando una sensación de equilibrio y armonía en la escena representada.

Cromático:

- En la tela holográfica del cuadro se hace uso de colores áureos.

23. Proyecto Expositivo

La exposición *Estética Holofractal* presentó al público las obras pictóricas del catálogo razonado de esta tesis. Se inauguró el día 1 de abril de 2022 en la Sala de Exposiciones del Centro Social Universitario (CSU) de la Universidad de Murcia, coincidiendo con la celebración de su 20 aniversario. Fue comisariada por Antonio García López y coordinada por M^a Gabriela Vellio Romera. Con motivo de la exposición, se llevó a cabo un trabajo de documentación sobre su organización y promoción.

23.1. Instalación y Montaje

La instalación y montaje de la exposición *Estética Holofractal* fue un proceso arduo. El primer paso fue buscar un lugar adecuado en el que exponer las obras. Después de sopesar los pros y contras de dos lugares interesantes, la Sala Pequeña de la Universidad de Murcia y la Sala de Exposiciones de la Facultad de Bellas Artes, se optó finalmente por instalarla en la Sala de Exposiciones del Centro Social Universitario. Este espacio está especialmente concebido para eventos culturales, con una superficie aproximada de 145 metros cuadrados, un lucernario en el techo, varias columnas, tres paredes para exponer, guías fijas en el techo con un sistema de colgadores de hilo de nylon y unos carriles para los focos. Esto hace que sea un espacio muy adecuado, ya que es muy amplio y luminoso.

Una vez seleccionado el lugar, se procedió a enmarcar los cuadros en una empresa especializada en ello. Con el objetivo de abaratar los costos en la medida de lo posible, se eligió un único tipo de marco, un simple listón de madera en forma de L en tres acabados diferentes: color pino, blanco mate y nogal. Mientras se iban enmarcando, se fueron tomando medidas exhaustivas de la Sala de Exposiciones para poder recrearla digitalmente y concretar la distribución de los cuadros en ella. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizó el programa de diseño gráfico y modelado Google SketchUp, que permite crear modelos precisos en 3D. Una vez creado el modelo tridimensional, se exportó como un documento Google Earth KMZ para subirlo a Sketchfab, una plataforma online donde se puede visualizar la reproducción en 3D de la sala a fin de que el usuario pueda realizar un recorrido virtual por ella (Holofrónico, 2022). Así, nos encontramos con dos representaciones análogas de la obra. Por un lado, la forma de exponer en un espacio físico (exposición real), y por el otro, la versión digital de exponer (exposición virtual).

La instalación y montaje de la exposición llevó cinco horas de trabajo ininterrumpido durante los días previos a la inauguración. Acorde a las características del espacio físico, se

hizo una selección de obras pictóricas pertenecientes a la tercera etapa, un total de diecisiete piezas. Como criterio a la hora de organizarlas, se decidió seguir el orden cronológico en el que fueron elaboradas, para así ayudar a narrar la evolución en la obra. Se colocaron en las tres paredes disponibles de la siguiente forma: siete obras en la pared principal, seis en la pared de la derecha y cuatro en la pared de la izquierda. En el último cuadro de la pared izquierda, se colocó una cortinilla de inauguración de tela holográfica sujeta con velcro al borde superior. Todas las obras se situaron a una altura media de 1'60 metros del suelo, y se colgaron con dos ganchos RM para asegurar su estabilidad. Para lograr la alineación horizontal deseada, se hizo uso de un nivel láser de línea cruzada y de un nivel de burbuja. En cuanto a la iluminación de la exposición, no fue posible controlar convenientemente la fuente de luz sobre las obras expuestas, por lo que los focos ajustables no permitieron iluminar idóneamente cada cuadro. Al irradiar un tipo de luz centralizada y muy intensa, no la focalizaba correctamente y generaba sombras muy molestas. El resultado, por tanto, no fue del todo perfecto, pues afectó significativamente a la percepción y apreciación de los cuadros.

Con el fin de complementar las obras, se utilizaron cartelas para proporcionar al espectador información sobre cada cuadro. Estas cartelas eran de tamaño 8 x 13 cm, hechas de cartón pluma de 1 cm de grosor. En ellas se podían leer el título, la técnica, las dimensiones y la fecha de realización. Además, en el lado izquierdo de las cartelas se incluyó un código QR, que al ser escaneado con un teléfono móvil, permitía acceder a un documento con la ficha técnica, la descripción y el análisis compositivo del cuadro, sin necesidad de sobrecargar la sala de información adicional.

Como refuerzo de la exposición, se encargó fabricar un atril de pie central de madera lacada para la lectura de los libros que fundamentan la producción artística. En él se incorporaron unas cajitas de cartón para albergar marcapáginas y un cartel informativo en uno de los frentes. La exposición también fue complementada con un breve manifiesto, una copia impresa de la nota de prensa realizada por el comisario, un cartel informativo de gran tamaño y un video corto en la entrada. Al inicio del video, se explican conceptos básicos relacionados con la geometría fractal, la proporción áurea, el paradigma holográfico y la pintura Holofractal. Seguidamente, se expone una secuencia de pasos en el proceso de elaboración de algunos cuadros, con textos explicativos muy concisos para evitar fatigar al espectador (Troyán, 2022). Finalmente, se forró el corcho del panel informativo con papel holográfico arrugado. Sobre él se colocaron un cartel, una nota de prensa y una fecha señalizando la entrada a la exposición (Figura 250).

Para la inauguración de la exposición, se optó por un horario de tarde, a las 18:00 horas, en un viernes. Previo a la inauguración, se colocaron tres mesas, dos de las cuales se adornaron con centros de flores y unos vasos de papel holográfico. Después de un breve discurso introductorio por parte de M^a Gabriela Vellio Romera, F^o Javier Caballero Cano, Antonio García López y yo (Figura 251), se preparó una vernissage con una selección de aperitivos, como saladitos, minipizzas, miniempanadillas y frutos secos. Para beber se ofreció cava, vino y cerveza, además de otros refrescos.

La visita guiada de las obras que componen la muestra se realizó el jueves 5 de mayo de 2022, e incluía la inauguración de su obra final. Se tenía previsto que la visita guiada fuera a las 12:00 horas, pero tuvo que aplazarse hasta las 15:00 horas para evitar tener que pedir un día de asuntos propios en la empresa en la que trabajo. Antonio García López, el comisario de la muestra, se encargó de contextualizar la muestra, lanzando las siguientes conclusiones: pretende reconciliar el arte con la ciencia; incide en el papel del arte como método científico complementario; subraya el interés por los procesos como generadores de nuevas ideas y de avance, hace partícipe del proceso al espectador. Yo fui el encargado de realizar la visita guiada por la sala y de descubrir la cortinilla del último cuadro (García López, 2022).

23.2. Plan de Difusión

Con el objetivo de promocionar la exposición, se crearon folletos en forma de tríptico para imprimir en papel tamaño DINA4. La portada de los folletos tiene como fondo la obra titulada *Pensativo* con un texto anunciador de la exposición. En el reverso, aparecen los datos personales de contacto. Conjuntamente, se creó un cartel con la imagen del cuadro *En tiempos de pandemia*, donde se muestra la información de la exposición, como el nombre del autor, el comisario y la coordinadora, así como la fecha y lugar (García López, 2022).

Un mes antes de la inauguración, se repartieron algunos folletos por varios museos y salas de exposiciones de Murcia (Palacio Almudí, iglesia de Verónicas y Museo de Bellas Artes). Además, se distribuyeron folletos y carteles en la Universidad de la Merced y en varios centros universitarios del Campus de Espinarlo, concretamente en las universidades números 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 23 29, 31, 32, 33, 35, 36 y 50.

Unas tres semanas antes de la inauguración, se creó un perfil en la plataforma *Arteinformado*, donde se subieron cinco obras, y se difundió la exposición (Estética Holo fractal, 2022). Asimismo, se emitieron invitaciones formales a través de redes sociales, siendo la coordinadora M^a Gabriela Vellio Romera la encargada de difundir la invitación por los canales de la Universidad. La invitación difundida se envió al Coordinador de cultura, al Vicerrec-

tor de cultura y al Coordinador de estudiantes de Centro Social Universitario (García López, 2022).

Dos semanas antes de la inauguración, el comisario de la muestra redactó la nota de prensa (García López, 2022), que se compartió, junto con una invitación simplificada, a través de diversas redes sociales (Facebook, Twitter, Telegram y LinkedIn) y de todos mis contactos personales de WhatsApp (compañeros de trabajo, amigos y familiares). Para aumentar la difusión, el comisario se hizo cargo de enviar la información de la nota de prensa a diferentes noticieros de la UMU (UMU, 2022).

Una vez terminada la exposición, se realizó un libro catálogo de la obra con la documentación fotográfica que se hizo durante la inauguración. Algunas de esas fotografías se encuentran disponibles en el Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia (García Pardo, 2022). El catálogo se realizó en un formato de papel DIN A5, y en su redacción participaron la coordinadora, el comisario y yo (Troyán, 2011). Algunos ejemplares fueron regalados a los propietarios de las obras, y otros fueron depositados en la Biblioteca del Instituto Valenciano de Arte Moderno (IVAM), en la Biblioteca General de la Universidad Politécnica de Valencia, en la Biblioteca Regional de Murcia, en la Biblioteca General María Moliner y en la Biblioteca Antonio de Nebrija de la Universidad de Murcia.

23.3. Respuesta del Espectador

Para sondear las opiniones de los espectadores hacia la obra, se creó una encuesta con el software Formularios de Google (López Ruiz, 2022). La encuesta fue anónima y autocumplimentada, y se realizó pidiendo a los visitantes que respondieran a una serie de preguntas sobre la experiencia del evento. Se les preguntó cómo se enteraron de la exposición, si sabían acerca de la geometría fractal, el paradigma holográfico y la proporción áurea, qué obra les pareció más sorprendente, si pudieron vislumbrar indicios de una recursividad fractal y una proporcionalidad armónica en los cuadros, si recomendarían la exposición y, finalmente, se les pidió una calificación sobre la calidad de la muestra. Según los datos analizados, la encuesta fue realizada por un total de 25 personas. Esto significa que la muestra fue relativamente pequeña y, por lo tanto, los resultados deben interpretarse con precaución al no representar la opinión general de un público más amplio. No obstante, proporcionó información útil sobre las opiniones de los participantes en relación a la exposición.

Después de analizar los resultados de la encuesta, se ha determinado que la exposición fue un éxito para muchos de los participantes. Según los datos proporcionados, los encuestados no tenían muchos conocimientos previos sobre la geometría fractal y el paradigma holo-

gráfico, pero sí conocían el concepto de proporción áurea. Los cuadros que más sorprendieron fueron *En tiempos de pandemia* y *Es Vedrá*, y la mitad de los espectadores afirmaron haber visualizado con claridad la recursividad fractal y la proporcionalidad armonía en las obras. En general, las personas encuestadas disfrutaron de una buena experiencia, y el 100% de los participantes dieron una valoración muy positiva. En promedio, los encuestados calificaron su satisfacción con la calidad del evento en 9,6 en una escala de 1 a 10, lo que se considera una calificación bastante alta (Figura 252).

23.4. Presupuesto

En cuanto al presupuesto, se tuvo que realizar un desembolso económico de aproximadamente 1200 euros para cubrir los gastos relacionados con la exposición y promoción de la obra, como el enmarcado, la cartelería y el transporte, así como los costos de la inauguración y los catálogos.

| Concepto | Unidades | Euros |
|------------------------|----------|-------------|
| Marcos | 12 | 362 |
| Cartelas | 17 | 10 |
| Folletos | 200 | 60 |
| Carteles y formularios | 40 | 20 |
| Marcapáginas | 100 | 45 |
| Atril | 1 | 210 |
| Transporte | 1 | 60 |
| Cóctel de inauguración | 1 | 195 |
| Catálogos | 50 | 238 |
| Otros | | 46 |
| TOTAL | | 1246 |

Conclusiones

Antes de finalizar la presente investigación es necesario hacer unas conclusiones de las diferentes partes para dar respuesta a los objetivos generales y específicos planteados en esta tesis de doctorado. La tesis ha logrado proponer una nueva metodología transdisciplinar que permite unificar los conocimientos artísticos, científicos y filosóficos mediante el método holofractal, tal como se planteó en los objetivos generales. Asimismo, se ha logrado alcanzar el desarrollo de una propuesta pictórica personal basada en los principios estéticos holofractales. Por tanto, los objetivos generales han sido cumplidos a lo largo de la investigación.

Conclusiones de la Parte I

Las conclusiones de la primera parte atañe a los fundamentos de la teoría fractal y holográfica del universo, según los cuales el universo es por naturaleza una interacción de estructuras fractales y campos holográficos. Están relacionadas con los objetivos específicos de divulgar tales fundamentos y dilucidar las categorías duales de la física. Las conclusiones generales obtenidas son las siguientes:

- El ámbito manifiesto de nuestro universo está hecho de sucesivos niveles jerárquicos de organización que exhiben autosemejanzas, y la dinámica de dicha organización son los fractales. De acuerdo con las matemáticas, los fractales son un tipo de simetría recursiva vinculada estrechamente con la noción de atractor de la teoría del caos, que se considera un puente matemático entre el desorden y el orden, lo infinito y lo finito. A lo largo de la evolución, los sistemas complejos se han ido bifurcando y agrupando siguiendo el orden de estas jerarquías con propiedades de autosimilitud, creando las formas repetitivas que se observan en la naturaleza. Atendiendo a los datos recopilados por la ciencia, se puede colegir la existencia de dos tipos de fractales: la fractalidad dual (fractales clásicos) y la fractalidad unitaria (fractales cuánticos), las cuales se ponen en marcha al agregarle la fractalidad progresiva (estructural y jerárquica) y la fractalidad cíclica (espiral y dinámica). El dominio de la fractalidad dual se bifurca indefinidamente en pares de opuestos como consecuencia de la decoherencia, que parece estar relacionada con la gravitación a nivel cuántico. Debido a ello, se producen propiedades emergentes con una articulación jerárquica que hace que todo parezca estar localizado en el espacio y el tiempo. Por contra, el dominio de la fractalidad unitaria no opera según niveles jerárquicos, sino que se organiza en redes holográficas, cuya dinámica no

local unifica las jerarquías del desdoblamiento, lo que conlleva toda una serie de interconexiones entre niveles.

La estructura del universo se puede concebir como un único fractal cósmico que oscila continuamente entre el dominio de la fractalidad dual y la fractalidad unitaria, y viceversa. Esas oscilaciones son necesarias en la dialógica de la materia y la energía. No en vano, son ampliaciones de los efectos de las dos vertientes que abarca la luz a lo largo de los múltiples grados de concreción: la luz como partícula, condensada como cosas materiales separadas entre sí a causa de la gravedad, y la luz como onda, que está formada por un campo electromagnético-cuántico esparcido por todo el universo, cuyas unidades mínimas son los cuantos de energía o fotones, los cuales están en un nivel en el que pueden sincronizarse a través del entrelazamiento, lo que indica una coherencia fundamental que los conecta de forma no local. Estos efectos coherentes de la luz se extrapolan de manera fractal y holográfica hacia los componentes del ámbito de la biología y la conciencia, aunque no tienen por qué ser reducidos a ellos, ya que cada nivel de organización es una propiedad emergente con su propia complejidad. Asimismo, se extrapolan fractal y holográficamente hacia niveles cosmológicos, hasta crear los filamentos y los vacíos cósmicos. Los filamentos que forman la red cósmica son fractales con una estructura jerárquica de nodos y cadenas de galaxias que se replica a diferentes escalas. Los grandes vacíos entre filamentos, por otro lado, representan las interconexiones holográficas que contienen potencialmente la información cuántica del volumen de toda la red cósmica en el límite de su espacio. Ambos, los campos holográficos y las estructuras fractales, son necesarios en el proceso de auto-organización, ya que los campos holográficos contienen el potencial de toda la información del cosmos, mientras que las estructuras fractales los manifiestan concretamente en distintas escalas.

Los niveles de organización del universo demuestran que, tras la dinámica aparentemente caótica de los sistemas complejos, existe un orden con leyes matemáticas que emerge de los puntos críticos de rupturas de simetría o transiciones de fase, un orden que configura nuevas estructuras de naturaleza fragmentada. No obstante, la geometría fractal no es el único patrón matemático que organiza las formas del universo, la proporción áurea también nos permite entender cómo se organizan. La proporción áurea es una media proporcional que establece un principio de autosemejanza donde lo pequeño es a lo grande como lo grande es al todo, siendo el generador de la estructura matemática misma de la naturaleza y del cosmos. Hay numerosos ejemplos de sistemas complejos que se acercan a la proporción áurea en su formación. Se manifiesta en todas las escalas, desde la disposición de las partes de una planta, la coloración y los esqueletos de los animales, sus ramificaciones de venas y nervios, hasta

las galaxias espirales y la realidad cuántica fundamental, y por supuesto, aparece en nuestras ondas cerebrales y el arte en general, porque se supone que da lugar a formas muy bellas. Dada la ubicuidad de la proporción áurea en todos los niveles de la realidad, parece evidente pensar que tal vez sea la relación de escala más simple y eficaz que usa el universo para organizarse a sí mismo. De hecho, la relación entre las distancias de sus niveles jerárquicos sigue una proporción cercana al número áureo. Incluso la topología del espacio-tiempo parece estar sujeta a ella, de modo que puede constituir un puente entre escalas que permita encajar las contradicciones de la física relativista y cuántica en una teoría unificada del todo. Los filósofos griegos, como Pitágoras y Platón, ya buscaban esta visión integradora del mundo, pues al observar la recursividad de la proporción áurea en la naturaleza, la consideraron clave en la búsqueda de una Teoría Unificada.

El universo no solo muestra las características de un objeto fractal clásico, sino también las de un nivel subyacente de naturaleza cuántico-holográfica, de cuya dinámica deriva la coherencia y la armonía que se observa en el universo, que puede concebirse como una unidad estética. Aunque ese nivel es uno e indivisible, a través de él se despliega la información cuántica hasta desdoblarse jerárquicamente, produciendo la aparición de la diversidad y la multiplicidad, en la forma de fuerzas y organismos separados que se expresan a lo largo de un gran número de niveles emergentes de auto-organización. Tanto la unión como la separación se fundamentan en los órdenes holográficos y fractales del universo, que se encuadran respectivamente dentro de dos sistemas dimensionales diferentes: uno correspondiente al sistema dimensional de la física cuántica, que se correspondería con la información contenida en un campo subyacente que está codificada más allá del espacio y del tiempo; y otro a la geometría espaciotemporal de la física newtoniana, que sería la estructura de nuestro universo tridimensional. Al conjunto de estos sistemas se le conoce como principio holográfico. Ambos órdenes son análogos respecto a la información que contienen, y desempeñan un papel fundamental en la creación de la realidad, puesto que conforman los componentes que caracterizan la totalidad de un sistema. Por eso decimos que los sistemas complejos son hologramas y fractales a un tiempo. La correspondencia, analogía o armonía entre los dos sistemas se debe a que se encuentran conectados entre sí a través de una compleja red de agujeros de gusano, supuestos “túneles espaciotemporales” que están relacionados con el fenómeno de entrelazamiento cuántico. La simetría de estos entrelazamientos específicamente organizados en intrincadas redes holográficas parece tener su ubicación en la famosa media proporcional de la arquitectura y el arte, ya que coincide con las fronteras límite entre dos sistemas dimensionales. Dichas redes cuánticas entrelazadas comunican todos los niveles fractales de nuestro

universo y del multiverso, generando relaciones áureas recurrentes en la geometría espacio-temporal que hacen que las estructuras complejas intercambien información recíproca para que evolucionen en sinergia. Ese intercambio mutuo ocurre en escalas anidadas o acopladas gracias a la dinámica de retroalimentación cíclica de los toroides.

Las redes cuánticas entrelazadas no existen solo en la estructura del universo, sino también en el mundo natural. Precisamente, las redes complejas de la naturaleza comparten la misma propiedad de existir entre dos extremos opuestos, debido a lo cual la vida orgánica se encuentra en un punto medio de criticidad, en el equilibrio. Las redes orgánicas son además detectables en el dominio de la psique humana, incluso en sus configuraciones socioculturales, porque en la base de los procesos mentales y sus manifestaciones, encontramos los mismos patrones de autosimilitud, aunque en una proporción más pequeña. Los microtúbulos de las neuronas cerebrales usan biofotones para transportar la información, lo que significa que el cerebro constituye un sistema cuántico conectado con el nivel más básico del universo. Cuando los biofotones se entrelazan entre sí, entonces entran en coherencia a través de la creación de una red cuántica de entrelazamiento. Esta red entrelazada hace que el cerebro funcione como un procesador holográfico capaz de transmitir y recibir una gran cantidad de bits de información cuántica de los campos toroidales con los que está entrelazado. La intuición creativa sería la capacidad de acceder a esa información del campo universal y transferirla a los centros cognitivos para crear conexiones acausales. De ellas derivarían las sincronicidades y los arquetipos de los que se han servido la espiritualidad, la filosofía y el arte a lo largo de la historia. Ello nos remite a la idea de que existe una correspondencia analógica entre el macrocosmos y el microcosmos, en consonancia con el concepto de “analogía” de Platón para representar el mundo inteligible (lo uno) y el mundo sensible (lo múltiple), lo cual hace que el mundo sea recursivo y simétrico, y por lo tanto, bello.

- La naturaleza dual onda/partícula sugiere una unidad holográfica y una dualidad fractal en el cosmos. La dualidad fractal se refiere a la apariencia externa, desplegada, de los sistemas complejos, y la unidad holográfica se relaciona con los campos vibracionales de información que organizan esos niveles para formar un todo armónico. Estos campos se manifiestan mediante propiedades emergentes en los distintos niveles fractales una vez se produce una ruptura en la simetría de entrelazamiento. El reconocimiento de un doble orden por parte del físico Bohm, el orden explícito (lo que está físicamente manifiesto) y el implícito (lo que permanece oculto), conectaría, por consiguiente, con la geometría fractal y el campo holográfico de la realidad. Lo explícito está relacionado con el mundo físico, material, que percibimos por los sentidos externos, con la manifestación dual del universo, aquella en donde

operan las leyes causales de nuestra lógica. Este orden es lineal y racional, y se basa en la idea de que las cosas tienen una causa y un efecto. Lo implícito, por otro lado, es un nivel más profundo de realidad que se relaciona con el mundo metafísico, inmaterial, que existe más allá de nuestra percepción consciente, con el vacío cuántico, que tiene la capacidad de interconectar en una totalidad las partes del universo. Este orden es no lineal e intuitivo, y se basa en la idea de que todas las cosas están conectadas entre sí, más allá de sus relaciones causales. El orden explícito y el implícito, aunque aparentemente separados, son en realidad dos expresiones del mismo sistema, pues lo que existe en el mundo físico y explícito es análogo a lo que existe en el mundo metafísico e implícito, lo que quiere decir que los fractales del orden explicado son manifestaciones del sistema numérico áureo de un orden implicado subyacente. No obstante, el primer orden se dirige hacia la fractalidad dual y el segundo hacia la fractalidad unitaria. La fractalidad dual cae dentro de un conjunto de niveles jerárquicos que van desde el nivel más bajo al más alto, desde el microcosmos hasta el macrocosmos, configurando las estructuras fractales del universo y la naturaleza, los objetos de la experiencia empírica. Pero en verdad los niveles de esta estratificación por jerarquías de la realidad son la concreción de las infinitas posibilidades cuánticas de la fractalidad unitaria, que hacen posible que no se excluyan los unos a los otros, por lo que sus diferencias se conciben dentro de una unidad implícita que subyace a la aparente dualidad del mundo.

Conclusiones de la Parte II

Las conclusiones de la segunda parte están relacionadas con los objetivos específicos de reconocer los órdenes de la realidad del sujeto cognoscente y su relación con la creatividad artística, así como con el pensamiento complejo y su metodología. Las conclusiones generales alcanzadas son las siguientes:

- El cerebro humano también es un sistema complejo con propiedades holográficas y fractales, que representan la dialéctica entre el orden implicado y el orden explicado de la realidad. Atendiendo a la teoría del orden implicado de Bohm, a la teoría del cerebro holográfico de Pribram, a la teoría del campo akáshico de Laszlo y a la teoría del cerebro cuántico de Penrose-Hameroff, podemos inferir que el cerebro se comporta como un sistema adaptativo y complejo que evolucionó con el fin de acceder a los órdenes de la realidad y maximizar sus potencialidades a través de las diferentes dimensiones de la conciencia y la experiencia, ya que al parecer, los órdenes implicado y explicado se corresponden con los órdenes de percepción y cognición del cerebro. Por ejemplo, el orden implicado se relaciona con el hemisferio derecho, en tanto que el orden explicado con el izquierdo. Ello es así porque nuestra mente y

cuerpo están sincronizados con las frecuencias terrestres y cósmicas. Esa correspondencia entre el objeto y el sujeto es denominada “isomorfismo” por el enfoque transdisciplinario, y se le puede asignar el concepto de autosemejanza fractal. Debido a que el cerebro evolucionó hacia una configuración específica que permitiera responder a los estímulos de ambos órdenes, la mente humana posee la capacidad de sintonizar con sus frecuencias para desvelar su información. Este proceso de sintonización aporta una serie de conocimientos que pueden ser descritos por dos tipos de cosmovisiones con distintas leyes: la cosmovisión materialista por un lado, en la que la conciencia es un epifenómeno que emerge de la complejidad de las neuronas; y la cosmovisión metafísica por otro, en donde la conciencia forma parte de una dinámica universal que no puede ser explicada científicamente. El orden explícito es una manifestación de la primera cosmovisión. Es un orden de realidad que podemos conocer empíricamente, puesto que es accesible a los sentidos externos asociados al cuerpo físico, como el gusto, el tacto, y el procesamiento sensorial visual y auditivo. Ese orden establece el ámbito de las relaciones causales y deterministas de la lógica formal, gracias a las cuales se pueden distinguir los rasgos particulares de los objetos, por lo cual es un conocimiento aislado y limitado que se manifiesta a través de la separación de los antagonismos. Por el contrario, el orden implícito es una manifestación de la segunda cosmovisión, cuyo conocimiento es accesible por los sentidos internos, a modo de sutiles intuiciones espontáneas que captan los objetos como una totalidad confusa y fluida en donde cooperan los contrarios. Desde este punto de vista, la conciencia no está separada de la materia. Actualmente, la psicología transpersonal intenta establecer una relación recursiva de las dos cosmovisiones opuestas, pues considera que la relación entre una cosmovisión y otra es comparable en física a la habida entre la teoría corpuscular y ondulatoria.

Del nivel explícito emergen los estados ordinarios de conciencia, que influyen en el colapso de los patrones coherentes de información del campo, haciendo que los dos hemisferios cerebrales funcionen de forma más o menos separada e independiente. Del orden implícito surgen los estados alterados de conciencia, que abren a la coherencia cuántica o entrelazamiento que lleva a los procesos de auto-organización, a través de los cuales se alcanza un nivel superior en donde los hemisferios cerebrales izquierdo y derecho colaboran a través de la sincronización hemisférica o resonancia sincronizada. Cuando se establece esta resonancia, la mente se sincroniza con el campo no local a través de relaciones áureas, y la información fluye con coherencia por todos los niveles fractales del cerebro, desde lo pequeño a lo grande. De los estados ordinarios resultan las parejas de oposiciones de los conocimientos disgregados, aquellos que se adquieren de manera aislada, y que afirman la existencia de dos niveles

de realidad separados, cada uno de los cuales excluye al otro; y de los estados alterados resultan los conocimientos integrados, aquellos otros que se adquieren de manera relacionada, y que admiten un solo nivel de realidad al abarcar varios niveles a la vez, representando intentos de mediación entre uno y otro. El artista, cuando crea, tiene la capacidad de entrar en ámbitos alterados de conciencia. Esta capacidad viene determinada por el pensamiento creativo, que como los sistemas complejos, es una unidad orgánica que comporta la relación equitativa de un orden con el otro, y que se asocia con la integración de los dos hemisferios cerebrales y su correlato en la actuación del cuerpo. A través del equilibrio entre ambos órdenes, es posible que el artista logre alcanzar una creación que trascienda lo cotidiano. Debido a que las categorías de los conocimientos disgregados -las artificiosas separaciones entre sujeto-objeto, mente-cuerpo- condicionan ese propósito trascendente, el creador tiene que estar continuamente infringiendo sus límites mediante la expresión artística. Solo así puede superar las falsas dicotomías y acceder, por vía de la resonancia interior, a la unidad del campo universal como fuente para sus intuiciones artísticas.

La unión de las polaridades del orden implícito se despliega en el orden explícito como separación, a partir de la cual la realidad se divide en aspectos opuestos y queda reducida al nivel físico, que es el plano de nuestro mundo tridimensional. El tipo de conocimiento de ese nivel se rige por el principio de no contradicción, identidad y del tercero excluido de la lógica formal, las determinaciones categóricas de causa-efecto, las reducciones de las cosas a sus partes componentes y la objetividad total de la ciencia, implicando la expulsión del sujeto de toda actividad cognoscente. Con esta exclusión, la ciencia ha generado formas parciales de percibir el mundo que han conducido a establecer dicotomías en términos de oposición, lo que ha acarreado la dispersión y la rotura de los fenómenos de coherencia o superposición, con la consecuente desintegración de la unidad. Ello ha conllevado a serias consecuencias cognitivas y prácticas, como la fragmentación del saber en ciencias y disciplinas aisladas unas de otras, razón esta que conduce a una progresiva división del conocimiento, que es lo que denominamos especialización disciplinar. La especialización va en detrimento del conocimiento integrado, puesto que todo está separado por el determinismo y la unilinealidad que conlleva, y su naturaleza disgregada no permite realizar conciliación alguna. No se trata de excluir la separación que lleva a la especialización, sino de entender que esta separación está generada por las determinaciones racionales de nuestros procesos de pensamiento, que a la larga desembocan en incoherencias que impiden entender la complejidad de la vida. Esas determinaciones son anuladas en el arte, ya que en su actividad se obtiene un producto en donde coinciden los dos órdenes. El artista concretamente aspira a la unidad en su obra a tra-

vés de la composición y la proporción áurea, lo que permite que la obra conmueva al espectador, tanto a nivel emocional como intelectual. Esto es así porque una obra bien proporcionada transmite sensaciones de totalidad armónica que están en relación con la espiritualidad o con la experiencia ética, estética y lógica.

Detrás del orden explícito yace un orden implícito fuera del espacio y del tiempo que está libre del principio de no contradicción, dado que lleva en sí una percepción unitaria que ve la diversidad como parte de una unidad integral, lo que establece una conexión entre el sujeto y el objeto, tanto en términos espaciales como temporales. La unidad de polaridades es posible gracias a los fenómenos de entrelazamiento a nivel cuántico, dando lugar a la llamada no localidad. La no localidad cuestiona los planteamientos de la física clásica, pues considera que la materia no está realmente separada en el nivel de las partículas. En ese nivel todo se encuentra interrelacionado mediante una compleja red entrelazada por fenómenos no locales, creando una coherencia o superposición, es decir, una correspondencia entre el sujeto y el objeto. Cuando el flujo de información entre los órdenes de la realidad subjetiva con los operadores de la realidad objetiva es coherente, todas las dualidades se entrelazan, lo cual significa que forman una unidad. Esta unidad es la fuente de la intuición que utilizan los filósofos, artistas y místicos para hacer explícito lo implícito y así trascender la realidad material, haciendo que las condiciones materiales y espirituales de la vida cobren sentido. Dicho sentido es el fundamento que permite el conocimiento integrado, esto es, la unificación de las diversas disciplinas a través de saltos creativos. Los sistemas filosóficos, sobre todo aquellos dirigidos hacia planteamiento sistémicos (Platón, Aristóteles, Leibniz, Hegel...), son sistemas complejos que tienden hacia una coherencia organizadora, pues representan estructuras que intentan abarcar el todo y captar la unidad dentro de la dualidad. Asimismo, cuando el artista crea una obra de arte, dispone los elementos en un todo organizado, de modo que se enlazan con la estructura total para formar una unidad con significado. Tal disposición está íntimamente relacionada con los conceptos compositivos y, especialmente, con la proporción áurea. Cualquier experiencia creativa puede producir el mismo sentido unitario, como la llevada a cabo por el científico cuando presenta una ecuación sencilla con cierto sentido estético de simetría, o por el místico cuando se identifica plenamente con el universo, una actitud unificadora, no demasiado alejada de la noción artística de belleza, que consolida sus creencias metafísicas de unidad cósmica.

- La creatividad es un proceso sistémico que acentúa la sincronización hemisférica y disipa las contradicciones, dado que implica tanto aspectos inconscientes como conscientes, intuitivos como racionales. En general, la creatividad es un proceso cerebral completo y

complejo. Este concepto se ajusta bastante bien al paradigma de la complejidad, pues la creatividad en su totalidad implica trabajar con los órdenes explícitos e implícitos de la realidad de forma intercalada. En el orden explícito el hombre percibe que las cosas están separadas, escindidas del todo, ya que está ordenado conforme a la dualidad espacio y tiempo, causa y efecto. A la hora de superar ese momento de separación hace falta un salto de nivel, una emergencia creativa. Esa emergencia está estrechamente vinculada al orden implícito, que es un sustrato de interacciones no locales de ondas de probabilidad que trascienden el espacio y el tiempo. Desde el orden implicado, el hombre percibe internamente que las ideas de las cosas materiales están unificadas. En el transcurso de este proceso de conciencia se dan llamaradas de intuición, como consecuencia de las cuales aflora el verdadero sentido de la vida. Entender ese sentido acausal permite encontrar las conexiones cualitativas entre las cosas, sus analogías (proporciones). Los diferentes niveles de sentido resultan de los grados de integración y coherencia entre las ideas y el mundo, entre la imagen y la realidad. La integración implica diferentes grados de apertura de los niveles mentales con respecto a los niveles físicos, lo que abre hacia lo trascendental, hacia ese “orden implicado” del que habla Bohm.

Hay dualidad fractal y unidad holográfica tanto en el ámbito real como en el conceptual. Los dos niveles básicos de la realidad, el orden explícito y el implícito, se rigen por dos tipos básicos de lógicas que dominaron el pensamiento occidental moderno: la lógica formal y la dialéctica. Mientras que la lógica formal trata de determinar si un enunciado es verdadero o falso mediante un enfoque reduccionista en el que prevalece la contradicción, el pensamiento dialéctico se basa en las nociones de complementariedad y oposición de las proposiciones. Al tener en cuenta un movimiento basado en la unión de los contrarios, la dialéctica está más cerca de la dinámica compleja de la naturaleza, al contrario que la lógica formal, que es más estática. De ahí que se pueda comparar la lógica formal con la simetría estática y la dialéctica con la simetría dinámica. Como método de pensamiento uno es opuesto a otro, son diferentes, pero se complementan a un tiempo. La evolución del conocimiento requiere de ambas direcciones. En el pensamiento contemporáneo, ese es el objetivo de la transdisciplinariedad, que se nutre de la investigación disciplinaria y va más allá. Desde el punto de vista transdisciplinario, la lógica formal concibe un único nivel de realidad en donde las contradicciones se excluyen. En cambio, la transdisciplinariedad las resuelve por el tercero incluido en otro nivel superior, un nivel que está sujeto a procesos auto-organizativos recurrentes que alternan ambas lógicas. Este nivel lógico se pone al servicio del pensamiento complejo, que intenta superar la contradicción poniendo de relieve las oposiciones y complementariedades.

Entre los niveles ontológicos de la realidad (nivel implícito y nivel explícito) y los niveles epistemológicos del conocimiento (conocimiento holístico y mecanicista) pueden haber complementariedades y oposiciones a través de un tipo de lógica (dialéctica y formal) que depende de la inclusión o exclusión de mediadores (tercero incluido y tercero excluido). La lógica del tercero incluido del nivel epistemológico es la lógica fractal del pensamiento complejo, que oscila entre los niveles de un extremo y otro, lo cual permite pasar de la lógica formal a la lógica dialéctica, y a la inversa, trascendiendo la dualidad. El significado o sentido de los enunciados surge de la relación de estos niveles, bajo un conocimiento de la realidad estructurado según principios sistémicos de inclusión y exclusión, en función de la complementariedad y la oposición de los términos. Al ceñirse a una oscilación entre inclusión/exclusión, su lógica relativiza la lógica del tercero excluido, permitiendo las complementariedades a un nivel superior, algo tan propio de la analogía y la proporción áurea. Desde ese horizonte, el pensamiento complejo puede captar las relaciones isomórficas de los órdenes de la naturaleza (ontología) y los órdenes del pensamiento (epistemología), es decir, de la realidad y del lenguaje, para crear un todo unificado y armónico. Por eso, desde la perspectiva del pensamiento complejo, hay una correspondencia de niveles ontológicos, epistemológicos y lógicos.

La dinámica generada por la interacción de varios niveles de realidad configura una doble estructura holofractal con leyes opuestas que se van alternando rítmicamente, en una construcción helicoidal o espiralada del conocimiento que combina linealidad y circularidad en todos sus niveles. La doble fractalidad consiste en encuentros repetitivos entre las dos perspectivas lógicas, cuya relación es similar a la que hay entre la física clásica y cuántica, que están relacionadas con la simplicidad y la complejidad. La lógica formal y la física clásica se corresponden con la fractalidad dual, mientras que la dialéctica y la física cuántica con la fractalidad unitaria. En la fractalidad dual el todo es igual a la suma de sus partes, y estas funcionan independientes. En la fractalidad unitaria el todo es más que la suma de las partes, y estas están interrelacionadas. La lógica formal se encierra en la fractalidad dual, que comporta la exclusión del tercero y la contradicción. En el nivel de la fractalidad dual todas las manifestaciones son oposiciones entre dos elementos. Es una fractalidad horizontal que tiende hacia el progreso lineal de un solo nivel del conocimiento. Sin embargo, en el nivel de la fractalidad unitaria, lo que parecía oposición es complementariedad gracias a la dinámica del entrelazamiento cuántico del campo holográfico, que modifica el principio de no contradicción al introducir el tercero incluido. Se trata de una fractalidad vertical que interconecta a la vez varios niveles cognitivos de organización. La dialéctica se presenta dentro de estas rela-

ciones de interconectividad, lo que nos permite eliminar la fragmentación y el dualismo. Al establecer relaciones de interconectividad, asume la complementariedad de los hemisferios cerebrales, una condición necesaria para la autorrealización psicológica.

El problema de la complejidad se plantea tanto en los niveles del marco ontológico, o metafísico, como en los niveles del marco epistemológico, o gnoseológico, pues lo complejo concierne tanto a los principios que rigen los fenómenos naturales (la naturaleza de la realidad) como a los principios que rigen nuestros pensamientos (el pensamiento de la realidad). Las manifestaciones físicas y conceptuales generan series de pares que se oponen o se complementan entre sí, y que se aplican tanto a aspectos ontológicos como epistemológicos y lógicos. Ontológicamente, la naturaleza de la realidad se da bajo el par implicado-explicado; y epistemológicamente, el conocimiento de la realidad se produce bajo el par intuición-razón. Unir las diferentes realidades a través de la relación de sus niveles implica el uso de intermedios, un tercero incluido que permita pasar de la fractalidad dual a la fractalidad unitaria mediante los caracteres analógico del lenguaje, que están más allá de las categorías racionales que usamos para referirnos a los fenómenos y las cosas. El cerebro es un órgano complejo cuyos hemisferios se pueden oponer y complementar a través del par incluido-excluido y el par intuición-razón. La integración del saber a través del tercero incluido es la clave para que los estilos cognitivos se complementen o armonicen, pues establece una superposición de estados capaces de combinar el pensamiento reduccionista del hemisferio izquierdo, aquel que analiza cada cosa de forma separada, con el pensamiento holista del derecho, aquel otro que tiene la capacidad de ver las cosas separadas como un todo. Debido a que es la lógica del diálogo hemisférico, de las relaciones entre la razón y la intuición, el tercero incluido genera vínculos entre ciencia, arte y espiritualidad por parte de la voluntad. Ello lleva al conocimiento integrado, que solo puede captarse a través de la transdisciplinariedad del pensamiento complejo. En este sentido, se pueden diseñar programas educativos que integren diferentes disciplinas y fomenten el pensamiento complejo para mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje. Esto puede ayudar a los estudiantes a desarrollar capacidades para integrar el pensamiento racional y creativo, promoviendo la transdisciplinariedad.

El entrelazamiento es una propiedad del orden implícito que radica en las infinitas posibilidades de conectar objetos para formar un todo coherente. Está relacionado con la analogía, porque la analogía es un instrumento de creatividad que posibilita vincular elementos opuestos entre sí en varios niveles, buscando las relaciones de semejanza entre ellos. Como el entrelazamiento, el lenguaje analógico también contiene la esencia misma de la proporción áurea, que es una asociación por analogía que une y enlaza todas las cosas para alcanzar la

armonía y el equilibrio. Ya que tiene características fractales y holográficas, la proporción áurea supone una nueva propuesta de búsqueda transdisciplinaria en la unificación de los diversos campos del conocimiento. Los fractales naturales repiten la misma estructura a diferentes escalas en una proporción que unifica lo diverso, por lo cual es posible pensar que los diversos grados del conocimiento pueden unificarse a partir de las relaciones de proporcionalidad de sus enunciados. Para ello, se debe introducir en el discurso filosófico una relación proporcionada entre la fractalidad dual y unitaria mediante el pensamiento lineal, que utiliza oposiciones al excluir el término medio, y el pensamiento no lineal o circular, que integra al incluirlo. Cuando los conceptos se asocian de forma integrada, de tal forma que mantienen estrechas relaciones entre sí, y su articulación o estructura tiene un sentido unitario y una coherencia, estamos ante una organización sistémica. Dado que los conceptos integrados se adecuan mejor a la realidad al incluir los presupuestos de los sistemas complejos, la transdisciplinariedad va un paso más allá respecto a la lógica formal y la dialéctica, de modo que las conserva al mismo tiempo que las supera. Al nutrirse tanto de una como de otra, puede interrelacionar los diversos niveles fractales de la realidad y del conocimiento.

Dentro del enfoque transdisciplinar, el método holofractal es una metodología recurrente que constituye un nuevo recurso comunicativo capaz de servir como nexo de unión de las paradojas conceptuales. Está adaptado sobre la base de la dialéctica de Hegel y del pensamiento complejo de Morin, que son compatibles con la perspectiva fractal, pero también incorpora las teorías científicas y filosóficas de la complejidad. A partir del método holofractal, se puede construir un sistema filosófico que permita integrar todos los niveles de la realidad y del conocimiento con el fin de explicar el mundo en su totalidad, pues las diferentes ideas se conectan entre sí y con el todo bajo una perspectiva fractal que se ajusta a la dinámica de la naturaleza. Para ello, precisa de un lenguaje que se vale de un principio de complementariedad y de un principio del tercero incluido amparado bajo el concepto de analogía, proporción áurea o conectividad, un principio que se contrapone al principio excluido del pensamiento reduccionista de la ciencia, aunque lo complementa, dejando la puerta abierta para la construcción de la estructura del edificio del saber. El principio de complementariedad y el principio del tercero incluido se basan en el principio de similitud, que se relaciona con los principios de fractalidad: principio de jerarquía, principio de interconexión y principio de la complejidad. Siguiendo estos principios básicos podemos organizar arquitectónicamente el conocimiento. Esta articulación arquitectónica es una cuestión de estética, porque la realidad está llena de simetrías, proporciones y ritmos que se imbrican a partir de la recursividad de los fractales, ya sea la materia, ya la consciencia, ya la relación o unidad entre ambas.

Conclusiones de la Parte III

Las conclusiones de la tercera parte están relacionadas con los objetivos específicos de analizar las contradicciones que se han dado en la historia de la estética respecto a la belleza, y de proponer una nueva concepción estética que busque armonizar las dualidades y que se relacione con patrones holofractales en la arquitectura y el arte. Las conclusiones generales obtenidas son las siguientes:

- La Estética es una rama de la filosofía que se ocupa del estudio de la belleza y del arte. En general, existen dos tipos básicos de estética: la estética unitaria y la estética dual. La estética unitaria sostiene que la belleza es el resultado de la unidad y armonía de dualidades a través de intermediarios que permiten la cohesión global en una composición. Esta cohesión global tiene un carácter metafísico relacionado con el idealismo y una visión holística del mundo. Por otra parte, la estética dual surge como crítica a la visión holística de la belleza objetiva, pues se basa en la subjetividad y relatividad de lo bello. De hecho, la cuestión de si la belleza es objetiva o subjetiva es uno de los temas más fundamentales a lo largo de estética tradicional. Se supone que la belleza objetiva está presente en el objeto en sí, ya que radica en la expresión de unas leyes universales de armonía que gustan a todos, independientemente del género, la personalidad, la educación o la cultura, luego es estimada como absoluta; mientras que la belleza subjetiva está en la mente de cada individuo y, por lo tanto, es relativa, pues se ubica dentro de los gustos personales y las tendencias estéticas de cada cultura. Pero a pesar de la relatividad de la belleza subjetiva, podemos considerar la existencia de algo próximo a la belleza objetiva. La belleza objetiva se debe a la armonía que otorga una ley matemática universal con base a las proporciones áureas y a los fractales, que son las fuentes de la belleza sensible e intelectual. Esta ley matemática de proporción predominó en la Antigüedad Clásica y en la Edad Media, siendo recuperada en las primeras etapas del Renacimiento como criterio estético de proporcionalidad a través de los estudios de Pitágoras, Platón y Vitruvio. No obstante, en el pensamiento estético también hubo una postura subjetiva de la belleza que prevaleció desde la época de los sofistas, continuó con los escolásticos, y trascendió sus límites en la radicalidad disgregadora de la modernidad, hasta llegar a la actualidad. Frente a este afán disgregador, el ideal ilustrado pretendió restaurar la unidad y la armonía interior del hombre a través de la superación de los antagonismos y la fragmentación del saber, con la finalidad de recobrar la totalidad de la época clásica. Por lo tanto, persiste en la idea de lo bello objetivo y rechaza la de belleza subjetiva, identificada con lo moderno.

A lo largo de la historia de la Estética, la discusión sobre la belleza se ha centrado en las cualidades objetivas y subjetivas de lo bello, relacionadas respectivamente con las posturas racionalistas y empiristas de la ciencia. Estas cualidades muestran una oscilación constante entre las visiones unitarias y duales de la estética. Así por ejemplo, el Clasicismo de la Antigüedad Clásica resaltó las cualidades objetivas de la belleza, mientras que el Helenismo se centró en las subjetivas. La Edad Media continuó con la noción de belleza objetiva, aunque también surgieron corrientes opuestas. El Renacimiento retomó las ideas clásicas de la belleza, aunque con la modernidad surgió un debate entre posiciones objetivas y subjetivas de lo bello, sobre todo a raíz del surgimiento del Manierismo y el Barroco, que defendían una noción de belleza más subjetiva y relativa. En la estética de la Ilustración, se produjo una querrela entre el partido de los clásicos y los modernos. Los partidarios de la estética clásica se pronunciaron a favor del objetivismo, mientras que los modernos eran partidarios del subjetivismo. Este enfoque subjetivista cobró fuerza en el Idealismo y el Romanticismo, con la primacía de la expresividad, las emociones, los sentimientos y la imaginación, que cuestionaron el objetivismo clásico. Desde una visión holofractal, las tensiones entre la estética clásica y de la modernidad son correlativas a la confrontación entre la unidad y la fragmentación, la complementariedad y la oposición entre lo absoluto y lo relativo en la percepción de la belleza. Lo clásico es muestra de una cualidad absoluta de lo estético, porque es capaz de unir las partes al todo. La fragmentación constituye el horizonte de lo relativo de la estética moderna, que escinde al sujeto del objeto, y ha sido el resultado de la ruptura de lo clásico con respecto a la conciencia europea occidental, que se asocia con lo moderno.

Los principios epistemológicos de complementariedad en el marco de la ciencia de la complejidad permite articular las relaciones entre ambos enfoques bajo una nueva perspectiva. Desde este punto de vista, la clave de la belleza en su completud es objetiva y subjetiva, puesto que se considera que las tendencias estéticas de una cultura modifican los gustos, pero tras ellas existe una serie de características de proporcionalidad que hacen que las cosas bellas sean objetivas. Esas proporciones responden a unos parámetros de carácter matemático presentes en la naturaleza que están codificados en nuestros genes y asociados a nuestros sistemas perceptivos y cognitivos, como la proporción áurea o las formas geométricas fractales, lo que sugiere la existencia de unos principios sistémicos de carácter universal que se concretan en la idea de unidualidad (la unidad de las partes con el todo) que plantea el pensamiento complejo. Como nuestra visión y nuestro cerebro están programados para discernir dichas leyes naturales de proporcionalidad, estas deberían ser tomadas como punto de referencia para guiar la ordenación de los elementos en el arte, aunque no por ello tienen que coartar la

libertad creadora del artista (el azar o la imaginación). De hecho, el artista puede inspirarse en esas medidas reguladoras para otorgar mayor grado de belleza a sus obras, pero también puede romperlas para expresar su trasfondo emocional, ya que así recrea los equivalentes del mundo al situarse entre los extremos opuestos.

- La Estética Holográfica es un enfoque estético que se basa en el concepto de orden implicado y explicado del físico David Bohm, que se refiere a la estructura subyacente y manifiesta de la realidad, respectivamente. También se inspira en el pensamiento complejo de Edgar Morin, que propone una cosmovisión donde las dualidades son unificadas mediante la armonía entre el todo y las partes. De ahí que la Estética Holográfica sea propia de la estética del pensamiento complejo. En ella, las categorizaciones de la visión clásica de la belleza objetiva y la visión moderna de la belleza subjetiva se integran para dar lugar a una percepción más intersubjetiva de lo bello. Ya que el pensamiento clásico es univocista, y el moderno equivocista, la Estética Holográfica se coloca en la analogía recurrente, que es la intermediación entre lo unívoco y lo equívoco en todos los niveles de la realidad y la percepción. Con ello, se abre paso a través de las tensiones entre la totalidad y la fragmentación de una estética y otra bajo una oscilación armónica de retroalimentación, lo que permite aportar nuevas perspectivas en la creación de una imagen unificada de la belleza. Al admitir en sí los términos opuestos y a la vez apuntar hacia un nivel de totalidad más alto, es la forma más próxima a como actúa el lenguaje matemático de la naturaleza y del universo, que responden a un patrón recursivo de autosimilitud que enlaza todas las cosas, y que se vincula con las estructuras fractales, en donde se encuentra a menudo la proporción áurea. Estos patrones numéricos y geométricos crean formas estéticas que dotan a las cosas de belleza, por tanto, obligan a revisar las categorizaciones de la belleza objetiva y subjetiva, que conciernen a la estética clásica y moderna, para redefinir la estética contemporánea en general.

El método holográfico se puede aplicar al terreno de las artes para establecer un puente con los conocimientos de la complejidad y dar respuesta a los problemas estéticos. Contrastando los datos expuestos a lo largo de la investigación, es posible deducir que la definición bielemental de la estética, la concepción objetiva y subjetiva de la belleza, tiene su equivalente en los conceptos de fractalidad unitaria y dual de la naturaleza. La fractalidad de las formas naturales se presenta en el desarrollo evolutivo de los sistemas complejos por medio de saltos cualitativos o bifurcaciones, que son movimientos antientrópicos que dan lugar a propiedades emergentes más complejas. Extrapolando este modelo al nivel de la estética, se infiere, en principio, que la belleza objetiva como causa eficiente de todas las bellezas subjetivas puede compararse al concepto científico de autosimilitud, por lo que la belleza en con-

junto es una autosemejanza que tiene su origen en las leyes sistémicas de la naturaleza. En la evolución, ambos tipos de belleza participan de una dinámica cíclica en continua retroalimentación, de tal modo que cuando una desciende desde la unidad a la dualidad (la materia sensible y la expresión de la fractalidad dual), la otra asciende desde la dualidad a la unidad para resurgir como un salto emergente de superación, que es el despliegue de la dimensión teleológica de la naturaleza. Ese salto cualitativo es una propiedad emergente que se dirige, de emergencia en emergencia, hacia la armonía, hasta llegar a alcanzar un todo más estable. La susodicha armonía está guiada por la proporción áurea, que en cierto sentido, parece ser el punto de unión entre la dimensión de la belleza objetiva y la belleza subjetiva, que es considerada como una emanación o división. La relación de la proporción áurea con la autosimilitud nos permite concluir que la Estética y las proporciones matemáticas de los fractales comparten un terreno en común. Ello hace que el estudio sobre la belleza obedezca por completo a la metodología de la ciencia de la complejidad.

Nuestra visión y nuestro cerebro están diseñados para responder a los patrones armoniosos que hacen que una imagen sea bella. La observación de las imágenes creadas con estas proporciones, a través de sus armonías formales y cromáticas, son capaces de armonizar el cerebro del ser humano a través de la empatía, que conlleva en cierta medida una comprensión aportada por imitación. La empatía funciona como una onda emotiva en forma de sensación de solidaridad y amor que permite que una obra de arte actúe sobre el espectador que la contempla por resonancias. Cuando una imagen refleja el equilibrio armónico de nuestra naturaleza, entonces se produce una correspondencia que sincroniza la armonía interior (belleza intelectual) con la armonía externa de la obra (belleza sensible), de tal manera que la armonía externa de la obra contribuye a la armonía interna del espectador. Esta sincronía puede llevarle a experimentar una experiencia estética de totalidad afín a las experiencias místicas. Tal experiencia de totalidad de la estética requiere el uso de correspondencias analógicas, propias de las intuiciones no locales del hemisferio derecho. Por esta razón, la experiencia estética es una experiencia que está fuera del alcance de las categorías lógicas del método experimental de la ciencia, propias del hemisferio izquierdo.

La proporción áurea produce autosimilitud o recursividad a escalas sucesivas, y se considera la base de las formas fractales observadas en la naturaleza, que combinan simetría y asimetría. Aunque las formas fractales no fueron formuladas hasta la década de los setenta por el matemático Benoît Mandelbrot, a lo largo de la historia multitud de arquitectos y artistas han aplicado de manera consciente, o bien por pura intuición, estas intrincadas formas para construir sus obras, ya que consideraban que la belleza y el equilibrio eran el resultado

de un juego de proporciones armónicas. Ese juego armonioso de proporciones parece hacer alusión al concepto de autosemejanza que encontramos en las formas fractales de la naturaleza. Desde el punto de vista conceptual, las autosemejanzas pueden aprovecharse en la expresión artística como metáforas de las leyes sistémicas, donde cada parte se relaciona con el todo mediante proporciones analógicas.

La Estética Holofractal se caracteriza por la creación de obras que reflejan la interconexión holográfica de los diferentes niveles fractales de la realidad. En este sentido, la Estética Holofractal se centra en la belleza y la armonía que se encuentra en la naturaleza y el universo. Para alcanzar esa interconexión armónica, la Estética Holofractal se nutre de unos referentes artísticos que están en relación con la proporción áurea en la arquitectura y en el arte. En el caso de la proporción áurea en la arquitectura, su uso se remonta al arte griego, persistió en la arquitectura románica y gótica, resurgió con esplendor en el Renacimiento, y volvió a ser puesta de relieve en el siglo XIX y XX. Los arquitectos se basaron en ella para establecer relaciones de proporcionalidad, como una forma de hallar las semejanzas que llevaran hacia un todo unificado. Este principio unificador fue divinizado en la Edad Media y reflejado a través de sus catedrales. Siglos después, los artistas renacentistas lo recuperaron como ejemplo perfecto de unidad orgánica en la arquitectura, principalmente en su relación con la idea del hombre como medida de todas las cosas. Pero conforme la ciencia moderna ganaba peso, la concepción unitaria en el ámbito artístico se fue desvaneciendo. No obstante, los nuevos paradigmas de la complejidad han vuelto a respaldar su valor con vehemencia, de modo que hoy en día las obras de la Antigüedad son vistas como ejemplos del empleo de las características fractales de la naturaleza en el arte. En el terreno artístico, son muchos los ejemplos de artistas que emplearon la proporción áurea y los patrones recursivos a la hora de componer sus obras, desde los renacentistas Leonardo Da Vinci, Miguel Ángel, Rafael o Durero, hasta los artistas de vanguardia, como Seurat, Marcel Duchamp, Severini, Juan Gris, Salvador Dalí o Piet Mondrian, entre otros muchos.

Aparte de la proporción áurea, la Estética Holofractal también se nutre de la estética fractal, un movimiento artístico que empezó a desarrollarse a partir de la década de los 80, y que se caracteriza por explorar las estructuras autosemejantes presentes en la naturaleza, en su mayoría mediante algoritmos recursivos que siguen un patrón áureo. Igualmente, toma referencias de la estética cuántica, una corriente artística que se inspira en los planteamientos de la física cuántica, sobre todo en lo que respecta al concepto de complementariedad e interconectividad, y del paradigma holográfico del universo, a las que se unen las teorías del principio de borrosidad, aquellas cuya lógica analiza la información del mundo en una escala

comprendida entre lo verdadero y lo falso, y el pensamiento complejo de Edgar Morin. El Manifiesto de Estética Holográfica es una declaración de principios de un nuevo movimiento artístico que deriva de los manifiestos de la estética cuántica y de la estética fractal, y que reivindica la conciliación de las actitudes emocionales y racionales del arte, así como de sus respectivas actuaciones, la expresiva y la técnica, que derivan de la teoría holográfica y fractal del universo.

Conclusiones de la Parte IV

Las conclusiones de la cuarta parte se relacionan con los objetivos específicos de explorar la recursividad fractal en la plataforma del lenguaje visual y cómo la Estética Holográfica puede utilizar esa recursividad para ayudar a componer obras holográficas que sirvan para desarrollar la parte práctica. Al respecto, se han obtenido las conclusiones que siguen:

- Los fractales han sido muy usados en el arte a través de proporciones áureas, aunque de manera latente, y contienen un gran potencial estético. El color y la forma son elementos básicos del lenguaje visual que se vinculan con los aspectos emocional e intelectuales. Los elementos cromáticos y formales del lenguaje pueden manifestar las formas fractales para recrear el tipo de belleza que encontramos en la naturaleza. Estos elementos tienen una naturaleza dual que se corresponde con la naturaleza dual de la luz, y que refleja las cualidades duales de los colores (luz/pigmento, primarios/secundarios, armónicos/de contraste, etc.) y las formas (orgánicas/geométricas, abiertas/cerradas, positivas/negativas, etc.). Ello significa que los elementos cromáticos y formales se fragmentan y dividen en una serie continua de elementos opuestos. Por tanto, el lenguaje visual se relaciona con la geometría fractal de la naturaleza y del universo, pues se basa en unos parámetros dualistas, como fondo-figura, luz-sombra, vacío-leno, unidad-diversidad, hologramas-fractales, entre otros. Los niveles anidados de esta estructura fractal tienen un valor representativo evidente, ya que concuerdan con las estructuras autosimilares presentes en la naturaleza y el universo, pero a la vez son expresiones simbólicas que revelan leyes sistémicas perceptibles a través del sentimiento subjetivo o la intuición. Estas leyes tienen que ver con los arquetipos fundamentales de unidad y dualidad, que incorporan un conocimiento integrado que recuerda antiguas filosofías orientales y occidentales. En términos generales, es posible colegir que la unidad y la dualidad son principios arquetípicos que consiguen vincular el insalvable abismo intelectual que se establece entre dos campos del conocimiento humano, el humanístico y el científico. Este establecimiento de puentes intelectuales entre distintas disciplinas conduce a una transdisciplinariedad en el arte.

• Los valores estéticos de unidad y dualidad pertenecen a una ley sistémica de la naturaleza que se puede representar mediante los recursos propios del lenguaje visual, sin necesidad de recurrir a las matemáticas complejas de los fractales. La Estética Holofractal es un campo de exploración en las artes plásticas que busca plasmar esos valores estéticos en todos los niveles de la obra. Este tipo de estética se fundamenta en los órdenes fractales y holográficos del universo, que conforman los componentes que caracterizan la totalidad de un sistema, y se basa en la idea de que la belleza es una propiedad emergente de la organización y complejidad de los sistemas. Por tanto, se refiere a la belleza presente en los fractales, la cual se relaciona con el concepto de la unidad en la diversidad. En la Estética Holofractal, el discurso basado en la unidad está directamente relacionado con las armonías cromáticas y formales, y el basado en la diversidad se relaciona con los contrastes polares. El equilibrio armónico de colores y formas está en consonancia con el orden implicado de Bohm, y los contrastes polares con el orden explicado. La armonía en su totalidad sería el resultado de juxtaponer armonías, que tienden a unir e integrar, y contrastes, que se dirigen hacia la separación y la disgregación, en una obra. No obstante, a lo largo de la historia del arte podemos encontrar posturas caracterizadas por una o por otra. Todo esto nos enseña que la armonía artística es el resultado de asociar elementos opuestos de forma bien proporcionada, tal y como en una mente equilibrada la intuición está en armonía con la razón. Y dado que la fuerza de la belleza es mayor en la armonía de los opuestos, una obra que intenta superar la dualidad complementando sus elementos visuales mediante proporciones áureas resulta ser más agradable a la sensibilidad y al entendimiento. De esta manera, la Estética Holofractal valida nuevamente el carácter matemático de la belleza.

La Estética Holofractal se enfoca en dos nociones fundamentales a la hora de construir una obra de arte: en la recursividad de los patrones duales del lenguaje visual, y en la interconexión holográfica entre ellos mediante proporciones áureas para lograr una coherencia entre las partes y el todo. En la Estética Holofractal, se considera que el lenguaje visual contiene las características de autosemejanza de los objetos fractales. Cuando los patrones fractales del lenguaje visual se complementan mediante formas geométricas basadas en la proporción áurea, entonces crean una sensación de equilibrio y armonía visual en la composición, lo que permite conectar los diferentes niveles de realidad dentro de una obra de arte. En este sentido, la proporción áurea puede ser vista como un ejemplo de analogía visual. Estas nociones básicas se pueden aplicar a la pintura como un nuevo enfoque estético denominado “Holofractismo”. El Holofractismo es una propuesta experimental en el ámbito de las artes visuales que ilustra la recursividad y la interconexión de la naturaleza y del universo en los

distintos elementos de un cuadro. Se nutre de los principios de la teoría holográfica y fractal del universo, y se centra en la síntesis entre las partes y el todo, la disposición armónica, la interconectividad, la simultaneidad dual, la simetría recursiva, la coherencia y la no linealidad.

En la pintura holofractista, la geometría fractal y las relaciones áureas entre colores y formas regulan toda la composición artística. Para crear colores en proporción áurea, primero se debe partir de una escala cromática. Después, con el uso de la mayor y la menor de la proporción áurea, o los porcentajes correspondientes a los números de Fibonacci, se pueden obtener múltiples combinaciones armónicas. Además, la proporción áurea está presente en varios trazados geométricos que se pueden utilizar en una rueda de color como referencia para armonizar las dualidades cromáticas. Para disponer formas en proporción áurea, se pueden utilizar diferentes construcciones geométricas que involucren la proporción áurea, como la sección áurea de un segmento, el ángulo áureo, el triángulo áureo, el rectángulo áureo, el pentágono regular o el pentagrama. También se puede utilizar un compás o un rectángulo áureo trazado sobre un acetato transparente como guía para medir y calcular las relaciones áureas de los elementos formales, o para distribuir los centros de interés en una obra de arte. Asimismo, se puede utilizar software de diseño gráfico para crear colores y disponer formas en proporción áurea.

A través de la dualidad del lenguaje visual y sus proporciones áureas, el Holofractismo intenta crear contraste y equilibrio en las obras de arte de diversas maneras para formar una estructura fractal armoniosa. Con ello, se pretende transmitir los conceptos aprehendidos en las especulaciones teóricas del modelo fractal-holográfico, de modo que lo subjetivo y lo objetivo, la interioridad y exterioridad, el contenido y la forma, conforman una unidad artística inseparable que rompe la dualidad. La ley figura-fondo, y otras secuencias recursivas simples usadas comúnmente en el lenguaje visual, componen el universo pictórico de cada cuadro. La relación figura-fondo es una ley de la Gestalt que manifiesta las entidades del mundo real, pues confronta la representación del mundo exterior con la representación del mundo interior, dos niveles de percepción que establecen una oposición entre el orden explícito y el orden implícito. La figura toma sus formas del orden explícito, representa miméticamente la realidad y tiene un valor representativo, de ahí que trate de reproducir solo lo que se ve. Por su naturaleza organizada en proporción áurea, la figura humana es el tema principal. El fondo, sin embargo, toma sus contenidos de orden implícito, es creativo y tiene un valor simbólico. En cierto sentido, los cuadros trazan la unión de elementos formales y cromáticos, pero entendidos en relación con los conceptos teóricos de los sistemas complejos, en función de

una mezcla de dualidades que se oponen entre sí pero que se complementan. Para reforzar ese sentido recursivo de naturaleza dual de los elementos formales y cromáticos, se hace uso de formas fractales, y para potenciar el concepto unitario de interconexión holográfica se añade material holográfico sobre la superficie de los cuadros. Los materiales holográficos permiten desarrollar además un significado renovado de la estética de la luz del medievo. En conjunto, el Holofractismo se revela como una forma artística que va más allá de la imagen, manifestando la relación entre Ciencia, Arte y Humanidades.

Las obras pictóricas del catálogo razonado sirven como demostración práctica de los planteamientos de la presente investigación. En todas ellas, se intenta explorar el equilibrio entre el arte y la ciencia mediante el caos y el orden, la espontaneidad y la precisión, lo cualitativo y lo cuantitativo, a través de una variedad de temas, que incluyen bodegones, representaciones de la naturaleza y retratos, utilizando una amplia gama de técnicas y materiales, como carboncillo, acrílico, óleo, resina, masilla, discos fragmentados de Cds, papel y foil holográfico sobre lienzo o tabla. Las técnicas específicas empleadas para crear texturas fractales incluyen el dibujo automático, la decalcomanía, el esgrafiado, el estampado al agua, el estofado, la grisalla, etc. En términos de organización fractal, las obras exploran muchas dualidades (liso-rugoso, luz-oscuridad, linealidad-circularidad) a lo largo de diversas escalas, creando una sensación de profundidad y complejidad. También se aprecia la aplicación de principios holofractales en el uso de proporciones áureas en la composición formal y cromática. El resultado es una obra que armoniza conceptos aparentemente dispares, logrando una sintaxis holofractal donde las partes mantienen analogías con el todo.

La exposición de arte titulada *Estética Holofractal* presentó al público un total de diecisiete piezas basadas en los principios fractales y holográficos. Se inauguró el día 1 de abril de 2022 en la Sala de Exposiciones del Centro Social Universitario (CSU) de la Universidad de Murcia, coincidiendo con la celebración de su 20 aniversario. Fue comisariada por Antonio García López y coordinada por M^a Gabriela Vellio Romera. La muestra constituye el complemento artístico de esta investigación, por tanto, indaga en los conocimientos de los paradigmas emergentes de la complejidad. En total, 25 invitados respondieron a una encuesta que se hizo sobre la exposición de forma anónima y autocumplimentada. La encuesta fue diseñada para obtener información valiosa sobre la recepción de la exposición y la opinión sobre la calidad de la misma. Incluyó preguntas sobre cómo se enteraron de la exposición, si sabían acerca de la geometría fractal, el paradigma holográfico y la proporción áurea, qué obra les pareció más sorprendente, si pudieron vislumbrar indicios de una recursividad fractal y una proporcionalidad. La encuesta reveló que los encuestados tenían pocos conocimientos

previos sobre la geometría fractal y el paradigma holográfico, pero conocían la proporción áurea. Dos pinturas en particular, *En tiempos de pandemia* y *Es Vedrá*, tuvieron un gran impacto en los encuestados, y la mitad de ellos pudo ver la recursividad fractal y la armonía proporcional en ellas. En general, la mayoría de los encuestados disfrutó de la experiencia y dio una valoración muy positiva.

Los resultados obtenidos en la exposición *Estética Holo fractal* pueden servir como punto de partida para afrontar nuevos proyectos expositivos que sigan profundizando en esta línea de investigación. Estos pueden guiar a futuros artistas en la creación de obras que exploren formas de representación que busquen aplicar los principios fractales y holográficos a través de la integración de las dicotomías visuales en la composición artística.

Consideraciones Finales y Propuestas de Futuro

Teniendo en cuenta los contenidos analizados, se puede establecer unas consideraciones finales y una propuestas de futuro:

- Desde Aristóteles, la lógica de la ciencia occidental ha trabajado con el principio del tercero excluido, el principio de no contradicción que suprime cualquier intermediación capaz de unir pares de opuestos. Con la física newtoniana el principio de no contradicción quedó firmemente consolidado, y con ello la exclusión del tercero. Descartes reforzó aún más ese principio al establecer la separación entre la materia y la mente. De esta forma separatista funciona el pensamiento simplificante de la lógica clásica, que, regido por lo racional a la hora de dividir el mundo en categorías duales, asigna un solo valor de verdad, anulando las respuestas intermedias. El dominio actual del hombre sobre la naturaleza no hubiera sido posible sin esta tendencia hacia la simplificación. Pero la adopción de este tipo de pensamiento categorizante no nos permite acceder a la complejidad de la realidad y del conocimiento, ya que carece de la simpatía para vislumbrar las conexiones basadas en sus relaciones de auto-semejanza. Dichas relaciones están vinculadas con los fractales, que son figuras geométricas cuya estructura básica se repite en los diferentes niveles de la naturaleza.

A partir de Hegel, la síntesis de la dialéctica representa una trasgresión de la lógica clásica, porque supone la introducción de un tercer término que afronta el problema de la contradicción de forma diferente. Para la lógica clásica, la contradicción es imposible tanto en la realidad como en el conocimiento, pero para la dialéctica es posible, puesto que es un modo de enfrentarse a los aspectos opuestos mediante pequeñas tríadas (tesis-antítesis-síntesis) imbuidas en otras tríadas más grandes, dentro de un proceso que se va reiterando sucesivamente hasta conformar un sistema totalizador, como los fractales en la teoría del

caos. La fractalidad es de hecho una de las características que impregna por completo la dialéctica hegeliana. Muchas formas naturales son fractales porque evolucionan a través de un desarrollo dialéctico desorden-orden. Dado que los fractales presentan una naturaleza intermedia entre el desorden y el orden, ello requiere de un tercero incluido que vincule sus niveles. Por esta razón, la dialéctica se ajusta perfectamente a la teoría de los sistemas complejos.

Hegel formuló su método dialéctico como forma de enfrentarse al principio de no contradicción, pero no será hasta el advenimiento de la física cuántica y la teoría de los sistemas complejos que surge la necesidad de la inclusión de un tercero medio que permita entender la complejidad del mundo natural. Muchas estructuras naturales son objetos fractales. En la naturaleza, la autosemejanza de la geometría fractal se rige mediante un principio de fractalidad que determina que los fenómenos físicos se desdoblén en dos aspectos excluyentes entre sí. No obstante, para la ciencia de la complejidad estos fenómenos duales son procesos que están entrelazados en todos los niveles de organización de la realidad, debido a lo cual se complementan para permitir la coevolución del sistema. Tal complementariedad se basa en el número tres, la tríada, el elemento intermediario entre las dualidades que presupone la unidad, estrechamente relacionada con la metafísica y la naturaleza triuna de las cosas. Por lo tanto, el tercero no está excluido en los sistemas complejos, sino incluido. Es por ello que el tercero incluido nos remite a la dialéctica de Hegel.

La lógica del tercero incluido es la lógica de la complejidad, en donde coexisten los contrarios, y pilar de la transdisciplinariedad. El principio de no contradicción de la lógica clásica incorpora criterios de demarcación que separa los ámbitos del conocimiento, ofreciendo dificultades para integrar las diferentes disciplinas. No obstante, la lógica de la complejidad es una alternativa a la demarcación de la lógica clásica, pues favorece la integración de los conocimientos en la transdisciplinariedad. El enfoque transdisciplinar afirma la existencia de diferentes niveles en la realidad y el conocimiento, que cuando se ensamblan dan como resultado una estructura compleja de tipo fractal. El paso de uno a otro nivel se produce mediante un tercero incluido. Como método de conocimiento, el tercero incluido se basa en la analogía, que establece una relación armónica entre las dualidades mediante la intuición, puesto que ocupa un lugar intermedio entre los términos unívocos y los equívocos. En este sentido, la analogía define el hilo conductor con el que construir una dialéctica del tercero incluido.

La proporción áurea es una especie de estructura recurrente que nos lleva al concepto de analogía, pues, al igual que esta, establece una relación armónica entre las partes entre sí y estas con el conjunto, de tal manera que lo pequeño es a lo grande como lo grande es al todo.

La analogía lleva implícito un ritmo, una periodicidad entre el todo y la parte, pero esta peculiaridad no solo es propia de la proporción áurea, sino también de la síntesis que realiza la intuición a la hora de relacionar ideas. Lo curioso del asunto es que ese aspecto mental de orden superior está integrado en la estructura matemática general que rige el cosmos, una estructura constituida por los entrelazamientos de autosimilitud de sus niveles fractales. Esto es así porque nuestros órganos de percepción y nuestras mentes, por ser parte del mundo natural, están especialmente adaptados para acceder a sus patrones y crear equilibrio armónico en su unión. Precisamente, el concepto de proporción áurea y el de geometría fractal son conceptos matemáticos equivalentes que parecen explicar las mismas proporciones geométricas a través de las cuales se manifiestan constantemente la naturaleza, el arte, la mística y la ciencia. En el arte, la ley universal del término medio áureo se ha utilizado en múltiples ocasiones como canon de belleza para alcanzar el equilibrio y la armonía en las proporciones. Está íntimamente relacionada con la composición armoniosa, siendo la clave para reconciliar la tensión que se genera entre los elementos visuales contrarios.

Traducido al lenguaje computacional, el tercero incluido es la tercera opción que proporciona la superposición de uno y cero, por lo tanto, se contrapone al lenguaje binario de los bits, que no pueden estar en dos posiciones a la vez, ya que carecen de una tercera variable que los unifique. Esta tercera variable, o tercero incluido, comparte propiedades comunes con la proporción áurea y la analogía, ambas relacionadas entre sí. Ello es debido a que la analogía es la única forma de tránsito de un nivel a otro, como la sección áurea de la realidad, cuyas relaciones recíprocas aúnan dos dimensiones aparentemente no relacionadas. Por eso, la analogía mantiene una correspondencia isomórfica con la proporción áurea (similar a ella), esto es, son conceptos semejantes que nos permiten entender la conexión que existe entre cosas y situaciones iguales pero distintas, una desde el lenguaje emocional y otra desde la realidad física. De aquí se infiere que una teoría filosófica del todo que incluya la analogía, debe coincidir con una teoría física del todo que se guíe por la proporción áurea.

- En cuanto a las propuestas de futuro de las obras desarrolladas como complemento artístico de esta tesis, se considera que las tecnologías de inteligencia artificial pueden ser una herramienta muy valiosa para generar nuevas posibilidades creativas. De hecho, algunas de estas tecnologías ya han sido incorporadas en el proceso creativo de las obras, como por ejemplo, para crear formas geométricas fractales (Ostagram), sintetizar los valores tonales (ToonMe), o mejorar la calidad de los detalles (Remini) y expresiones (Artbreeder) en algunos rostros que han sido pintados. Se cree que la inteligencia artificial también podría ser útil a la hora de analizar las formas y determinar cómo distribuirlas en la composición de manera

que se ajusten a la proporción áurea. Además, podría ser utilizada para establecer una paleta de colores áureos a partir de un texto, lo que ayudaría a enriquecer visualmente la obra. Por el momento, no existe un prototipo de inteligencia artificial que pueda crear composiciones formales y cromáticas en proporción áurea, pero se está convencido de que con el avance de la tecnología esto será posible en el futuro. Crear este tipo de inteligencia artificial podría implicar varios pasos. En primer lugar, el sistema de inteligencia artificial necesitaría tener acceso a una base de datos de imágenes. Luego, el sistema podría utilizar técnicas de aprendizaje automático basadas en principios holofractales para analizar las imágenes y determinar cómo disponer sus formas y colores en proporción áurea. Finalmente, el sistema podría generar una imagen final que muestre la composición creada.

Por otro lado, las tecnologías de inteligencia artificial podrían ser de gran ayuda para analizar grandes cantidades de datos y encontrar patrones fractales que sean útiles en el estudio de los sistemas complejos y en la construcción de una teoría unificadora del conocimiento humano. Para ello, se podría implementar un algoritmo de inteligencia artificial basado en un esquema recursivo que integre un lenguaje analógico y un lenguaje lógico. En el contexto de la inteligencia artificial, la analogía se puede implementar a través de técnicas de razonamiento analógico y aprendizaje por analogía como una herramienta complementaria para encontrar patrones similares entre conjuntos de categorías duales, y transferir el conocimiento de un contexto a otro mediante proporciones y correspondencias. Por otra parte, los principios de razonamiento lógico pueden ser implementados en la inteligencia artificial para identificar las categorías duales y ayudar a establecer sus relaciones causales en el proceso jerárquico de organización. Una verdadera inteligencia artificial debería ser capaz de integrar ambos lenguajes. A medida que avance la investigación y se desarrollen algoritmos fractales que integren la lógica y la analogía, la inteligencia artificial será capaz de identificar patrones fractales en la información y descubrir sus conexiones para organizar el conocimiento y resolver los problemas complejos de la sociedad actual. Esto podría llevar a soluciones emergentes más completas y complejas que otorguen un sentido más profundo sobre la naturaleza del universo y la conciencia.

Este proyecto de investigación es un tema complejo que se va a seguir desarrollando en el futuro. Sin embargo, la búsqueda de innovación ha llevado a considerar la idea de aprovechar las capacidades de la inteligencia artificial para organizar el conocimiento de un modo recursivo y autosimilar. En este sentido, sería interesante colaborar en un algoritmo analógico y lógico de inteligencia artificial que sea capaz de entender y aplicar el método holofractal desarrollado hasta ahora. Esto podría permitir que las máquinas encuentren patrones fractales

y interrelaciones en los datos que de otra forma serían difíciles de detectar, lo que tendría un impacto significativo en la inteligencia artificial y en la forma en que procesa y comprende la información. Para crear el algoritmo fractal que equilibre ambos enfoques, sería necesario trabajar con un equipo de expertos en el campo, pero esto requeriría una cantidad significativa de recursos y tiempo para entrenarlo. Mientras tanto, existen tecnologías de inteligencia artificial generativa, como los chatbots conversacionales, que pueden ayudar a explorar las posibilidades de implementación del método holofractal gracias a su capacidad en el procesamiento del lenguaje natural (NLP), aunque dentro de ciertos límites.

Dándole una serie de instrucciones (prompts) en lenguaje natural, los chatbots de inteligencia artificial generativa pueden sacarle partido al método holofractal para crear contenidos con patrones fractales de autosimilitud a diferentes escalas. No obstante estas instrucciones, la inteligencia artificial cuenta con sus propias limitaciones para generar soluciones coherentes a respuestas muy complejas, debido a que a veces incurre en incoherencias. Estas incoherencias son debidas a que la inteligencia artificial se basa en un algoritmo de aprendizaje automático profundo que está incompleto de alguna manera, dado que está gobernado predominantemente por razones formales que analizan la información de manera secuencial y lineal, como hace el pensamiento mecanicista y reduccionista. Ese modo de pensar es efectivo para resolver problemas simples, pero puede ser limitado a la hora de dar soluciones coherentes a problemas complejos, que requieren de una mayor comprensión de la información en su relación con el todo. Sin embargo, la inteligencia artificial generativa también abre posibilidades de superar estas limitaciones e integrar modos de pensamiento más holísticos. Superar estas limitaciones constituye un desafío al que el pensamiento complejo pretende contribuir.

Aunque los algoritmos de aprendizaje automático profundo son efectivos a la hora de encontrar patrones y relaciones entre conjuntos de datos para conectar ideas de forma coherente y lógica, no tienen aún la capacidad humana para comprender en profundidad las relaciones analógicas que se establecen entre los diferentes niveles de conocimiento. Esto hace que la inteligencia artificial generativa sea incapaz de organizar por sí misma el conocimiento bajo un patrón fractal. La organización fractal del conocimiento requiere comprender las relaciones analógicas entre los conceptos y cosas para generar soluciones novedosas a problemas complejos, lo que implica una forma de pensamiento más divergente, intuitivo o creativo. Ya que la inteligencia artificial generativa tiene una capacidad limitada a la hora de establecer similitudes y analogías complejas entre niveles disciplinares distintos, aún no puede dar una respuesta concluyente a la organización fractal del conocimiento de la misma manera que lo haría una mente humana. No obstante, aunque las capacidades de la inteligencia artifi-

cial para establecer relaciones analógicas significativas son limitadas, puede identificar similitudes entre ideas y conceptos, pero el establecimiento de esas relaciones transdisciplinarias depende de la capacidad humana para reorientarla con datos e instrucciones de la teoría fractal y holográfica del universo. Gracias a la colaboración entre la inteligencia artificial generativa y la mente humana, es posible crear un experimento de chatbot conversacional enfocado a organizar el conocimiento de manera fractal y transdisciplinar para generar soluciones más coherentes. Ello añadiría una dimensión práctica y metodológica a los planteamientos teóricos aquí expuestos (ver anexo B).

Referencias Bibliográficas

Libros

Libros Impresos

- Albers, J. (2003). *La interacción del color*. Alianza.
- Bohm, D. (2002). *Sobre la creatividad*. Kairós.
- Bohm, D. (2012). *Sobre el diálogo* (3.^a ed.). Kairós.
- Bohm, D. y Peat, F.D. (2003). *Ciencia, orden y creatividad: Las raíces creativas de la ciencia y la vida* (3.^a ed.). Kairós.
- Bosanquet, B. (1970). *Historia de la estética*. Nueva Visión.
- Bozal, V. (1996). *Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas*. Visor.
- Braden, G. (2012). *El tiempo fractal*. Sirio.
- Braidot, N. (2011). *Sácale partido a tu cerebro: Todo lo que necesitas saber para mejorar tu memoria, tomar mejores decisiones y aprovechar todo su potencial*. Centro Libros Parf.
- Brennan, B. A. (1990). *Manos que curan: El libro guía de las curaciones espirituales*. Martínez Roca.
- Brusatin, M. (1997). *Historia de los colores*. Paidós.
- Capra, F. (2007). *El tao de la física* (9.^a ed.). Sirio.
- Cazeneuve, J. (1967). *La mentalidad arcaica*. Siglo Veinte.
- Church, D. (2019). *Mente sobre materia: La asombrosa ciencia de cómo tu cerebro crea la realidad*. Arcano Books.
- Csikszentmihalyi, M. (2005). *Fluir (flow): Una psicología de la felicidad* (11.^a ed.). Kairós.
- Damasio, A. R. (2001). *El error de Descartes*. Crítica.
- Dawkins, R. (2002). *El gen egoísta: Las bases biológicas de nuestra conducta*. (7.^a ed.). Salvat Ciencia.
- De la Torre, S. (2003). *Dialogando con la creatividad*. Octaedro.

- Dennett, D., Deutsch, D., Diamond, J., Guth, A., Kurzweil, R., Minsky, P., Pinker, S., Randall, L., Rees y Smolin, L. (2007). *El nuevo humanismo*. Kairós.
- Doczi, G. (1996). *El poder de los límites: Proporciones armónicas en la naturaleza, el arte y la arquitectura*. Troquel.
- Edwards, B. (2003). *Nuevo aprender a dibujar con el lado derecho del cerebro* (5.ª ed.). Urano.
- Edwards, B. (2006). *El color: Un método para dominar el arte de combinar los colores*. Urano.
- Elam, K. (2014). *La geometría del diseño: Estudios sobre la proporción y la composición*. Gustavo Gili.
- Euclides (1996). *Elementos*. Libros V-IX. Gredos.
- Fígols, F. (2007). *Cosmos y gea*. Kairós.
- Freud, S. (1973). *El yo y el ello*. Alianza.
- Freud, S. (1976). *La interpretación de los sueños*. Círculo de Lectores.
- Gardner, H. (1995). *Mentes creativas*. Paidós.
- Gerber, R. (1993). *La curación energética*. Traducción de Joseph A. Bermell. Robinbook.
- Ghyka, M. C. (1968a). *El número de oro I*. Poseidón.
- Ghyka, M. C. (1968b). *El número de oro II*. Poseidón.
- Ghyka, M. C. (1977). *Estética de las proporciones en la naturaleza y en las artes*. Poseidón.
- Givone, S. (1990). *Historia de la Estética*. Tecnos.
- Goethe, J. W. V. (1999). *Teoría de los colores*. Artes Gráficas Soler.
- Goleman, D. (2003). *Inteligencia emocional* (3.ª ed.). Kairós.
- Gómez Molina, J. J. (1995). *Las lecciones del dibujo*. Cátedra.
- González Garza, A. M. (2005). *Colisión de paradigmas. Hacia una psicología de la conciencia unitaria*. Kairós.
- Goswami, A. (2018). *El libro que lo responde todo*. Obelisco.
- Grof, C. y Grof, S. (2001). *La tormentosa búsqueda del ser*. La Liebre de Marzo.
- Hawking, S. W. (2018). *La teoría del todo*. Penguin Random House Grupo.
- Hawking, S. W. y Penrose, R. (2018). *La naturaleza del espacio y el tiempo* (7.ª ed.). Penguin Random House Grupo.

- Hemenway, P. (2008). *El código secreto: La misteriosa fórmula que rige el arte, la naturaleza y la ciencia* (3.ª ed.). Evergreen.
- Hutchinson, M. (1990). *Megabrain: Nuevas técnicas y herramientas para el desarrollo del cerebro y la expansión de la mente*. Mandala.
- Jung, C. G. (1981). *Formaciones de lo inconsciente*. Paidós.
- Kandinsky, V. (1982). *De lo espiritual en el Arte*. Barral.
- Küppers, H. (2002). *Fundamentos de la teoría de los colores*. Gustavo Gili.
- Laszlo, E. (2004). *La ciencia y el campo akásico: Una teoría integral del todo*. Nowtilus.
- Laszlo, E. (2009). *El cambio cuántico: Cómo el nuevo paradigma científico puede transformar la sociedad*. Kairós.
- Laszlo, E. (2013). *El paradigma akáshico: (R)evolución en la vanguardia de la ciencia*. Kairós.
- Laszlo, E. (2017). *La naturaleza de la realidad: El nuevo mapa del cosmos y la conciencia*. Kairós.
- Lipton, B. H. (2010). *La biología de la creencia: La liberación del poder de la conciencia, la materia y los milagros* (3.ª ed.). Palmyra.
- Lipton, B. H. y Bhaerman, S. (2010). *La biología de la transformación: Cómo apoyar la evolución espontánea de nuestra especie*. La Esfera de los Libros.
- Livio, M. (2018). *La proporción áurea*. Booket.
- Lovelock, J; Bateson, G; Margulis, L; Atlan, H.; Varela, F. y Maturana, H. (2006). *Gaia: Implicaciones de la nueva biología* (4.ª ed.). Kairós.
- Luria, A. R. (1986). *Sensación y percepción*. Martínez Roca.
- Mandelbrot, B. (1975). *Los objetos fractales: Forma, azar y dimensión*. Metatemas Tusquets.
- Margulis, L. (2002). *Planeta simbiótico*. Debate.
- Martínez, V. J., Ballesteros, F. J. y Paredes S. (2017). *Fractales y caos*. Guadalmazán.
- Maslow, A. H., Dass, R., Capra, F. y Wilber, K. (1985). *Más allá del ego: Textos de psicología transpersonal*. Kairós.
- Maslow, A. H. (1991). *La personalidad creadora*. Kairós.
- Mctaggart, L. (2006). *El campo*. Sirio.
- Monreal, C. A. (2000). *Qué es la Creatividad*. Biblioteca Nueva.

- Morales Villena, G. (1998). *El cadáver de Balzac: Una visión cuántica de la literatura y el arte*. Epígono.
- Morin, E. (2006a). *El Método 1. La naturaleza de la naturaleza*. Cátedra.
- Morin, E. (2006b). *El Método 2. La vida de la vida*. Cátedra.
- Morin, E. (2006c). *El Método 3. El conocimiento del conocimiento*. Cátedra.
- Morin, E. (2006d). *El Método 4. Las ideas*. Cátedra.
- Morin, E. (2007). *La cabeza bien puesta. Repensar la reforma. Reformar el pensamiento*. Nueva Visión.
- Morin, E. (2008). *Introducción al pensamiento complejo* (9.^a ed.). Gadisa.
- Morin, E. (2013). *El paradigma perdido: Ensayo de bioantropología*. Kairós.
- Ocampo, E. y Perán M. (1991). *Teorías del arte*. Icaria.
- Pawlik, J. (1996). *Teoría del color*. Piados Estética.
- Peat, F. D. (2003). *Sincronicidad: Puente entre mente y materia* (4.^a ed.). Kairós.
- Pink, F. D. (2008). *Una nueva mente*. Ilustrae.
- Platón (2000). *Timeo*. Gredos.
- Ray, P. H., & Anderson S. R. (2001). *The cultural creatives, how 50 million people are changing the world*. Three Rivers Press.
- Robertson, R. (2002). *Introducción a la psicología junguiana*. Obelisco.
- Robinson, K. (2009). *El elemento*. Guijalbo.
- Rodríguez Pascual, G. (2005). *El arco creativo: Aproximación a una teoría unificada de la creatividad*. Universidad de Cantabria.
- Rubia, F. J. (2009). *La conexión divina, la experiencia mística y la neurobiología*. Crítica.
- Russell, B. (1995). *Historia de la Filosofía Occidental: Vol. 1*. Austral.
- Russell, P. (2001). *Ciencia, conciencia y luz*. Kairós.
- San Miguel de Pablos, J. L. (2010). *Filosofía de la naturaleza*. Kairós.
- Shinoda Bolen, J. (2005). *El tao de la psicología*. Kairós.
- Smolin, L. (1999). *The life of the cosmos*. Oxford University Press.
- Springer, S. P. y Deutsch, G. (2006). *Cerebro izquierdo cerebro derecho* (7.^a ed.). Gedisa.
- Talbot, M. (2006). *Misticismo y física moderna* (4.^a ed.). Kairós.

- Talbot, M. (2007). *El universo holográfico*. Palmyra.
- Tatarkiewicz, W. (1987). *Historia de la estética: I. La estética antigua*. Akal.
- Tatarkiewicz, W. (1989a). *Historia de la estética: II. La estética medieval*. Akal.
- Tatarkiewicz, W. (1989b). *Historia de la estética: III. La estética moderna 1400-1700*. Akal.
- Tatarkiewicz, W. (2001). *Historia de seis ideas: Arte, belleza, forma, creatividad, mimesis, experiencia estética* (reimpresión de la 6.^a ed.). Tecnos.
- Torres, R. V. (2006). *Universo cuántico: Fundamentos científicos de la medicina energética*. Índigo.
- Troyán, A. (2015a). *El modelo fractal-holográfico: Un modelo coherente de la creación*. Diego Marín.
- Troyán, A. (2015b). *Los sistemas complejos y su evolución: A la luz del método holofrónico*. Diego Marín.
- Xuan Thuan, T. (2018). *La plenitud del vacío*. Kairós.
- Vitruvio, M. (1987). *Los diez libros de arquitectura*. Akal.
- Wilber, K. (2001). *Conciencia sin fronteras: Aproximaciones de Oriente y Occidente al crecimiento personal*. Kairós.
- Wilczek, F. (2016). *El mundo como obra de arte: En busca del diseño profundo de la naturaleza*. Crítica.
- Wölfflin, H. (2007). *Conceptos fundamentales de la historia del arte*. Espasa Calpe.

Libros Electrónicos

- Azarian, B. (2022). *The romance of reality: How the universe organizes itself to create life, consciousness, and cosmic complexity*. BenBella Books.
https://books.google.com/books/about/The_Romance_of_Reality.html?hl=es&id=VQGozgEACAAJ
- Bentov, I. (1988). *Stalking the wild pendulum: On the mechanics of consciousness*. Destiny Books.
<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://avalonlibrary.net/ebooks/Itzhak%20Bentov%20-%20Stalking%20The%20Wild%20Pendulum%20-%20On%20the%20Mechanics%20of%20Consciousness.pdf&ved=2ah>

[UKEwjWn-](#)

[PzVnZT7AhWLh1wKHZ55Dk4QFnoECBYQAO&usg=AOvVaw3gyZcUmvYv-q8SpImDlAp8](#)

Bericat, E. (1998). *La integración de los métodos cuantitativo y cualitativo en la investigación social: Significado y medida*. Ariel España.

<https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://campus.fundec.org.ar/admin/archivos/Bericat.%2520Las%2520dimensiones%2520metodo1%25C3%25B3gicas.doc&ved=2ahUKEwj9wqPb4rzxAhVFRBoKHeLwCY8QFjAKegQIBBAC&sqi=2&usg=AOvVaw287LOeapnhWCF9xjRe76vc>

Bonell, C. (2014). *La divina proporción: Las formas geométricas* (2.^a ed.). UPC.

www.librosmaravillosos.com/ladivinaproporcion/index.html

Briggs, J. (1992). *Fractals: The patterns of chaos: a new aesthetic of art, science and nature*. Simon and Schuster.

<https://books.google.com/books/about/Fractals.html?hl=es&id=i5fLgAtUVucC>

Caballero, J. (2015). *El místico influjo del número puro: La proporción áurea y su nexos con oficios y disciplinas*. León Alado.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.parcodena.org/prod/docs/El_Mistico_Influjo_del_Numero_Puro.pdf&ved=2ahUKEwjW99CU6vrsAhUkBGMBHfLqAAYQFjAJegQIB-BAB&usg=AOvVaw1eDrIEDrrzkIjFgMj755T2

Calcerrada Zamora, F. (2013). *Las Matemáticas y la Arquitectura*. Universidad Politécnica.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://matematicas.uclm.es/ita-cr/web_matematicas/trabajos/84/matematicas_arquitectura.pdf&ved=2ahUKEwipjqWklcvsAhWF2eAKHYkvA_4QFjADegQIARAB&usg=AOvVaw0GWFtIV9GU_FhQDUNx8KKS

Chacón, E. F. y Rojas Pineda, Ó. A. (2003). *Aprendizaje fractal y triádico en filosofía*. Ciencia Unisalle.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi%3Farticle%3D2131%26context%3Dfilosofia_letras&ved=2ahUKEwi2rsGUjMb_AhUxUqQEHCi4DekQFnoECBoQAO&usg=AOvVaw1wErv4DZT2mvm8s64_Woa5

- Damasio, A. (2021). *Sentir y saber: El camino de la consciencia*. Destino.
<https://es.scribd.com/document/544842406/Sentir-y-saber-Imago-Mundi-by-Antonio-Damasio>
- De Azara, J. N. (Ed.) (1797). *Obras de D. Antonio Rafael Mengs, primer pintor de Cámara del Rey*. Monserrat Abbey Library.
https://books.google.com/books/about/Obras_de_D_Antonio_Rafael_Mengs_pintor_d.html?id=-INqaJoiBycC
- De Gregori, W. (s.f.). *Manifiesto de la proporcionalidad*.
https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.almamater.edu.co/Servicios/Integracion_Academica/Diplomado_Cultura_Democratica/Sesiones/Sesion_04/Manifiesto_de_la_proporcionalidad%2520-%2520Waldemar_De_Gregori.pdf&ved=2ahUKEwi13LTg6_XsAhVGiFwKHVvEC8MQFjAAegQIBBAB&usq=AOvVaw0WEpQqFplG11Jun0IVII8f
- Florenski, P. (2016). *El iconostasio: Una teoría de la estética*. Sígueme.
<https://es.scribd.com/document/371566734/Pavel-Florenski-El-Iconostasio-Una-Teoria-de-La-Estetica>
- Haisch, B. (2006). *The God theory: Universes, zero-point fields, and what's behind it all*. Weiser Books.
https://books.google.com/books/about/The_God_Theory.html?hl=es&id=tNTnuQ2NV94C
- Hawkins, D. R. (2014). *El poder frente a la fuerza*. El grano de mostaza.
https://books.google.com/books/about/El_poder_frente_a_la_fuerza.html?hl=es&id=IITOBgAAQBAJ
- Hockney, D. (2001). *El conocimiento secreto*. Destino.
<https://www.scribd.com/document/408591991/El-Conocimiento-Secreto-David-Hockney-pdf>
- Itten, J. (s.f.). *Arte del color: Aproximación subjetiva y descripción objetiva del arte*. Weiser Books. <https://es.scribd.com/doc/19139450/El-Arte-Del-Color-Johannes-Itten>
- Kandinsky, V. (2003). *Punto y línea sobre el plano: Contribución al análisis de los elementos pictóricos*. Paidós Estética. <https://es.scribd.com/doc/74718440/Punto-y-linea-sobre-el-plano>
- Melchizedek, A. (2017). *The quantum keys: Unlock your energetic intelligence*. Balboa

Press.

https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=16EsDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT14&dq=info:LE52OJC_HIoJ:scholar.google.com/&ots=r_yIaDQEu1&sig=FuUD87weboxqOzmxI1L3Yt05TZ8

Morales, G. (2002). Overcoming the limit syndrome. En M. J. Caro & J. W. Murphy (Eds.), *The word of quantum culture* (pp. 1-34).

https://books.google.com/books/about/The_World_of_Quantum_Culture.html?id=v5bfBWBefk8C

Morin, E. (1999). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. UNESCO.

<http://repositorio.minedu.gob.pe/bitstream/handle/123456789/1448/Los%207%20saber%20necesarios%20para%20la%20educaci%C3%B3n%20del%20futuro.pdf?sequence=1>

Nadeau, R., & Kafatos, M. (1999). *The non-local universe: The new physics and matters of the mind*. Oxford University Press.

https://digitalcommons.chapman.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1024&context=scholar_books

Nicolescu, B. (1996). *La transdisciplinariedad. Manifiesto*. Du Rocher.

<http://www.ceuarkos.com/manifiesto.pdf>

Nottale, L. (1993). *Fractal space-time and microphysics: towards a theory of scale relativity*. World Scientific.

https://books.google.com/books/about/Fractal_Space_time_And_Microphysics_To_wa.html?hl=es&id=A5bsCgAAQBAJ

Padilla Moreno, M. A. (2006). *El arte y la belleza*. N.A. [http://www.nueva-](http://www.nueva-acrópolis.es/filiales/libros/MAP-Arte_y_belleza.pdf)

[acrópolis.es/filiales/libros/MAP-Arte_y_belleza.pdf](http://www.nueva-acrópolis.es/filiales/libros/MAP-Arte_y_belleza.pdf)

Pauli, W. (1994). *Writings on Physics and Philosophy*. Springer.

https://books.google.com/books/about/Writings_on_Physics_and_Philosophy.html?id=TXrpCAAQBAJ

Tosto, P. (1983). *La composición áurea en las artes plásticas*. Hachette.

<https://es.scribd.com/document/330518824/Pablo-Tosto-Composicion-Aurea-en-Artes-Plasticas-pdf>

Vigotsky, L. S. (1999). *Imaginación y creación en la edad infantil*. Pueblo y Educación.

<https://www.proletarios.org/books/Vigotsky->

[Imaginacion y Creatividad En La Infancia.pdf](#)

Wilber, K. (2005). *El espectro de la conciencia* (3.^a ed.). Kairós.

https://kupdf.net/download/wilber-ken-el-espectro-de-la-conciencia_5af785cbe2b6f5846a07bb83_pdf

Zambrano, M. (2020). *El hombre y lo divino*: Cap. 1. Alianza.

https://www.alianzaeditorial.es/primer_capitulo/el-hombre-y-lo-divino.pdf

Zohar, D., & Marshall, I. (2001). *Spiritual Intelligence: The ultimate intelligence*. Blooms-

bury. <https://es.scribd.com/book/250021843/Spiritual-Intelligence-The-Ultimate-Intelligence>

Artículos***Artículos Científicos***

Abe, K., Akutsu, R., Ali, A., Alt, C., Andreopoulos, C., Anthony, L., Antonova, M., Aoki, S., Ariga, A., Asada, Y., Ashida, Y., Atkin, E. T., Awataguchi, Y., Ban, S., Barbi, M., Barker, G. J., Barr, G., Barry, C., Batkiewicz-Kwasniak, M.,... Ikeda (2019).

Constraint on the matter-antimatter symmetry-violating phase in neutrino oscillations. *ArXiv preprint arXiv:1910.03887*. <https://arxiv.org/pdf/1910.03887>

Adams, A., Chesler, P. M., & Liu, H. (2014). Holographic turbulence. *Physical review letters*, 112(15), 151602. <https://arxiv.org/pdf/1307.7267>

Adams, B., & Petruccione, F. (2020). Quantum effects in the brain: A review. *AVS Quantum Science*, 2(2), 022901. <https://arxiv.org/pdf/1910.08423>

Akimov, A. E., & Shipov, G. I. (1997). Torsion fields and their experimental manifestations. *Journal of New Energy*, 2, 67-84.

[http://wiki.naturalphilosophy.org/index.php?title=Torsion Fields and Their Experimental Manifestations](http://wiki.naturalphilosophy.org/index.php?title=Torsion_Fields_and_Their_Experimental_Manifestations)

Akrami, Y., Copi, C. J., Eskilt, J. R., Jaffe, A. H., Kosowsky, A., Petersen, P., Starkman, G. D., González-Quesada, K., Güngör, Ö., Saha, S., Tamosiunas, A., Taylor, Q., & Vardanyan, V. (2022). The Search for the Topology of the Universe Has Just Begun. *ArXiv preprint arXiv:2210.11426*. <https://arxiv.org/pdf/2210.11426>

Allison, H. J., & Shprits, Y. Y. (2020). Local heating of radiation belt electrons to ultra-relativistic energies. *Nature Communications*, 11(1), 1-8.

<https://www.nature.com/articles/s41467-020-18053-z>

Almeida, J. S., Trujillo, I., & Plastino, A. R. (2020). The principle of maximum entropy

explains the cores observed in the mass distribution of dwarf galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, 642, L14.

<https://www.aanda.org/component/article?access=doi&doi=10.1051/0004-6361/202039190>

Almheiri, A., Mahajan, R., Maldacena, J., & Zhao, Z. (2020). The Page curve of Hawking radiation from semiclassical geometry. *Journal of High Energy Physics*, 2020(3), 1-24. [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/JHEP03\(2020\)149.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/JHEP03(2020)149.pdf)

Álvarez Vita, E. (2016). Universos fractales de materia y antimateria y el neutrovacío. *Ciencia y Desarrollo*, 18(1), 69-90.

<http://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/viewFile/1088/1066>

Andrei, C., Ijjas, A., & Steinhardt, P. J. (2022). Rapidly descending dark energy and the end of cosmic expansion. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(15), e2200539119. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2200539119>

Andrzejak, R. G. (2021). Chimeras confined by fractal boundaries in the complex plane. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 31(5), 053104.

https://repositori.upf.edu/bitstream/handle/10230/47339/Andrzejak_Chaos_chim.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anglés-Alcázar, D., Quataert, E., Hopkins, P. F., Somerville, R. S., Hayward, C. C., Faucher-Giguère, C. A., Bryan, G. L., Kereš, D., Hernquist, L., & Stone J. M. (2021). Cosmological simulations of quasar fueling to subparsec scales using lagrangian hyper-refinement. *The Astrophysical Journal*, 917(2), 53.

<https://arxiv.org/pdf/2008.12303>

Argüelles, C. R., Díaz, M. I., Krut, A., & Yunis, R. (2021). On the formation and stability of fermionic dark matter haloes in a cosmological framework. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 502(3), 4227-4246.

<https://arxiv.org/pdf/2012.11709>

Ashrafian, H., & Athanasiou, T. (2011). Fibonacci Series and Coronary Anatomy. *Heart, lung and circulation*, 20(7).

https://www.researchgate.net/publication/51048309_Fibonacci_Series_and_Coronary_Anatomy

Atmanspacher, H., Römer, H., & Walach, H. (2002). Weak quantum theory: Complementarity and entanglement in physics and beyond. *Foundations of physics*, 32(3), 379-406. <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0104109>

- Atmanspacher, H. (2012). Dual-aspect monism à la Pauli and Jung. *Journal of Consciousness Studies*, 19(9-10), 96-120. https://www.researchgate.net/profile/Harald-Atmanspacher-2/publication/262956033_Dual-Aspect-Monism-a-la-Pauli-and-Jung/links/568a246308ae051f9af9ca21/Dual-Aspect-Monism-a-la-Pauli-and-Jung.pdf
- Aveline, D. C., Williams, J. R., Elliott, E. R., Dutenhoffer, C., Kellogg, J. R., Kohel, J. M., Lay, N. E., Oudrhiri, K., Shotwell, R. F., Yu, N., & Thompson, R. J. (2020). Observation of Bose–Einstein condensates in an Earth-orbiting research lab. *Nature*, 582(7811), 193-197. <https://www.nature.com/articles/s41586-020-2346-1>
- Ayala, R. A. (2005). Deleuze y los pliegues del pensamiento: Leibniz y el Barroco. *Papeles de Filosofía*, (04). <http://revistacoatepec.uaemex.mx/index.php/pensfilosofia/article/download/259/254>
- Aziz-Zadeh, L., Liew, S. L., & Dandekar, F. (2013). Exploring the neural correlates of visual creativity. *Social cognitive and affective neuroscience*, 8(4), 475-480. <https://academic.oup.com/scan/article/8/4/475/1627373>
- Badía Serra, E. (2013). Roger Penrose una aproximación elemental a su filosofía de la ciencia. *Teoría y Praxis*, (30), 3-9. Facultad de Ciencias. UNAM. México. http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/917/1/roger_penrose.pdf
- Bak, P., Tang, Ch., & Wiesenfeld, K. (1988). Self-organized criticality. *Physical review A*, 38(1), 364. http://www.johnboccio.com/courses/Physics120_2008/docs/btw.pdf
- Banerjee, B., Burtsev, V. E., Chumakov, A. G., Cooke, D., Crivelli, P., Depero, E., Dermev, A. V., Donskov, S. V., Dusaev, R. R., Enik, T., Charitonidis, N., Feshchenko, A., Frolov, V. N., Gardikiotis, A., Gerassimov, S. G., Gninenko, S. N., Hösgen, M., Jeckel, M., Karneyeu, A. E., & NA64 Collaboration (2019). Dark matter search in missing energy events with NA64. *Physical review letters*, 123(12), 121801. <https://arxiv.org/pdf/1907.05893>
- Barbour, J., Koslowski, T., & Mercati, F. (2014). Identification of a gravitational arrow of time. *Physical review letters*, 113(18), 181101. <https://arxiv.org/pdf/1409.0917>
- Baron, S. (2021). Mathematical explanation: A pythagorean proposal. *Journals.uchicago.ed*. <https://www.journals.uchicago.edu/doi/pdf/10.1086/716181>
- Barrett, J., Lorenz, R., & Oreshkov, O. (2021). Cyclic quantum causal models. *Nature communications*, 12(1), 1-15. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-20456-x>
- Barron, H. C., Vogels, T. P., Emir, U. E., Makin, T. R., O'shea, J., Clare, S., Jbabdi, S.,

- Dolan, R. J., & Behrens, T. E. J. (2016). Unmasking latent inhibitory connections in human cortex to reveal dormant cortical memories. *Neuron*, 90(1), 191-203.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627316001689>
- Bejan, A., & Peder Zane, J. (2012). Design in nature. *Mechanical Engineering*, 134(06), 42-47.
<https://asmedigitalcollection.asme.org/memagazineselect/article/134/06/42/439715>
- Bejan, A. (2009). The golden ratio predicted: Vision, cognition and locomotion as a single design in nature. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 4(2), 97-104. <https://www.witpress.com/Secure/ejournals/papers/D&NE040205f.pdf>
- Beltrán Jiménez, J., & Maroto, A. L. (2011). The Dark Magnetism of the Universe. *Modern Physics Letters A*, 26(40), 3025-3039. <https://arxiv.org/pdf/1112.1106>
- Benedetti, D. (2009). Fractal properties of quantum spacetime. *Physical review letters*, 102(11), 111303. <https://arxiv.org/pdf/0811.1396>
- Benini, F., & Milan, P. (2020). Black Holes in 4D Super-Yang-Mills Field Theory. *Physical Review X*, 10(2), 021037. <https://arxiv.org/pdf/1707.06886>
- Benítez, H. H. (1999). Einstein y la religión. *Anales de la Universidad de Chile*.
<https://semanariorepublicano.uchile.cl/index.php/ANUC/article/download/2046/1894>
- Blank, M., & Goodman, R. (2011). DNA is a fractal antenna in electromagnetic fields. *International Journal of radiation biology*, 87(4), 409-415.
https://media.128ducks.com/file_store/0ab20fd4abcf8414a877875ce7f284aab14dff1137a0eb8a22228ffca7ec944d.pdf
- Boeyens, J. C. A., & Thackeray, J. F. (2014). Number theory and the unity of science. *South African Journal of Science*, 110(11-12), 01-02.
http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0038-23532014000600005
- Bogdán, A., & Goulding, A. D. (2015). Connecting dark matter halos with the galaxy center and the supermassive black hole. *The Astrophysical Journal*, 800(2), 124.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/800/2/124/pdf>
- Bogomolov, A. I. (2020). Dark energy as the information field of the universe. *Journal of Physics: Conference Series*, 1703(1), 012019.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1703/1/012019/pdf>
- Bolton, J. S., Caputo, A., Lui, H., & Viel, M. (2022). Comparison of Low-Redshift Lyman-

- α Forest Observations to Hydrodynamical Simulations with Dark Photon Dark Matter. *Physical Review Letters* 129(21), 211102.
<https://link.aps.org/pdf/10.1103/PhysRevLett.129.211102>
- Bong, K. W., Utreras-Alarcón, A., Ghafari, F., & Liang, Y. C. (2020). A strong no-go theorem on the Wigner's friend paradox. *Nature Physics*.
<https://www.nature.com/articles/s41567-020-0990-x>
- Boyle, L., Finn, K., & Turok, N. (2018). CPT-Symmetric Universe. *Physical review letters*, 121(25), 251301. <https://link.aps.org/pdf/10.1103/PhysRevLett.121.251301>
- Brillouin, L. (1953). The negentropy principle of information. *Journal of Applied Physics*, 24(9), 1152-1163. <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.1721463>
- Brown, W. K. (1981). A cosmological analogy between the Big Bang and a supernova. *SScT* 4, 415-421. <http://adsabs.harvard.edu/abs/1981SScT...4..415B>
- Byrne, P. (2008). Los muchos mundos de Hugh Everett. *Investigación y Ciencia*, 72-79.
<https://www.investigacionyciencia.es/revistas/investigacion-y-ciencia/vida-foranea-en-la-tierra-455/los-muchos-mundos-de-hugh-everett-370>
- Cabrera, J. C. (2014). Creatividad, complejidad y formación. *Revista Complutense de Educación*, 26(3), 505. <http://revistas.ucm.es/index.php/RCED/article/view/43876>
- Cahill, L., Uncapher, M., Kilpatrick, L., Alkire, M. T., & Turner, J. (2004). Sex-related hemispheric lateralization of amygdala function in emotionally influenced memory: An fMRI investigation. *Learning & memory*, 11(3), 261-266.
<http://learnmem.cshlp.org/content/11/3/261.full.pdf>
- Calmet, X., & Kuipers, F. (2021). Quantum gravitational corrections to the entropy of a Schwarzschild black hole. *Physical Review D*, 104(6), 066012.
<https://arxiv.org/pdf/2108.06824>
- Carmona, A., Castellano, J., & Neubert, M. (2020). A warped scalar portal to fermionic dark matter. *ArXiv preprint arXiv:2011.09492*. <https://arxiv.org/pdf/2011.09492>
- Caro, M. (2000). Gregorio Morales: Ética y estéticas cuánticas. *Arizona Journal of Hispanic Cultural Studies*, (4), 235-248.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2577684>
- Chalmers, D. (2015). Panpsychism and panprotopsyism. *Consciousness in the physical world: Perspectives on Russellian monism*, 246-276.
<http://philosophy.ceu.edu/sites/philosophy.ceu.edu/files/attachment/event/794/panpsychismandpanprotopsyism.pdf>

- Chon, S., & Omukai, K. (2020). Supermassive star formation via super competitive accretion in slightly metal-enriched clouds. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 494(2), 2851-2860. <https://arxiv.org/pdf/2001.06491>
- Coldea, R., Tennat, D. A., Wheeler, E. M., Wawrzynska, E., Prabhakaran, D., Telling, H., Hacht, K., Smeibidl, P., & Kiefer, K. (2010). Quantum Criticality in an Ising Chain: Experimental Evidence for Emergent E8 Symmetry. *Science*, 327(5962), 177-180. <https://arxiv.org/pdf/1103.3694>
- Cooper, A., Turney, C. S. M., Palmer, J., Hogg, A., McGlone, M., Wilmshurst, J., Lorrey, A. M., Heaton, T. J., Russell, J. M., McCracken, K., Anet, J. G., Rozanov, E., Friedel, M., Suter, I., Peter, T., Muscheler, R., Adolphi, F., Dosseto, A., Faith, J. T., ... Zech, R. (2021). A global environmental crisis 42,000 years ago. *Science*, 371(6531), 811-818. https://www.researchgate.net/profile/Alan-Cooper-11/publication/349448597_A_global_environmental_crisis_42000_years_ago/links/6044909f4585154e8c80b91f/A-global-environmental-crisis-42-000-years-ago.pdf
- Corral, A., Sardanyés, J., & Alsedà, L. (2018). Finite-time scaling in local bifurcations. *Scientific reports*, 8(1), 1-7. <https://www.nature.com/articles/s41598-018-30136-y>
- Clough, R. B. (2000a). A Comparison of Leibniz's Dual-Aspect Universe with Haremeins' Fractal-Holographic Universe. *Academia*. http://www.academia.edu/10412478/A_Comparison_of_Leibnizs_Dual-Aspect_Universe_with_Haremeins_Fractal-Holographic_Universe
- Clough, R. B. (2000b). *Leibniz*. Conceptually the universe is a hologram but physically it is a fractal. *Academia*. https://www.academia.edu/10390323/Leibniz_.Conceptually_the_universe_is_a_hologram_but_physically_it_is_a_fractal
- Clough, R. B. (2016). Dual aspect strings. *Academia*. https://www.academia.edu/28763646/Dual_aspect_strings
- Cowie, R. H., Bouchet, P., & Fontaine, B. (2022). The Sixth Mass Extinction: fact, fiction or speculation? *Biological Reviews*. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/brv.12816>
- Craft, D. (2012). Science Within the Art – Aesthetics Based on the Fractal and Holographic Structure of Nature. *Biologically-Inspired Computing for the Arts: Scientific Data through Graphics*, 290-321. <https://www.igi-global.com/chapter/science-within-art/65035>

- Crocker, K. S., Runburg, J., & Farrah, D. (2020). Implications of Symmetry and Pressure in Friedmann Cosmology. III. Point Sources of Dark Energy that Tend toward Uniformity. *The Astrophysical Journal*, 900(1), 57.
<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/abad2f/pdf>
- Dai, D., & Stojkovic, D. (2019). Observing a wormhole. *Physical Review D*, 100(8), 083513. <https://arxiv.org/pdf/1910.00429>
- Danho, S., Schoellhorn, W., & Aclan, M. (2019). Innovative technical implementation of the Schumann resonances and its influence on organisms and biological cells. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 564(1), 012081.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/564/1/012081/pdf>
- Danielson D. L., Sathishchandran, G., & Wald, R., M. (2022). Killing Horizons Decohere Quantum Superpositions. *ArXiv preprint arXiv:2301.00026*.
<https://arxiv.org/pdf/2301.00026>
- Das, P., Quanz, B., Chen, P., & Ahn, J. (2019). Toward a neuro-inspired creative decoder. *ArXiv preprint arXiv:1902.02399*. <https://arxiv.org/pdf/1902.02399>
- De Campos, D., Malysz, T., Bonatto-Costa, J. A., Pereira Jotz, G., Pinto de Oliveira, J., & Oxley da Rocha, A. (2015). More than a neuroanatomical representation in The Creation of Adam by Michelangelo Buonarroti, a representation of the Golden Ratio. *Clinical Anatomy*, 28(6), 702-705.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ca.22580>
- De la Herrán Gascón, A. (2000). Hacia una creatividad total. *Arte, individuo y sociedad*, (12), 71-89.
<http://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/article/viewFile/ARIS0000110071A/5921>
- De Vaucouleurs, G. (1970). The case for a hierarchical cosmology. *Science*, 167(3922), 1203-1213. <https://www.jstor.org/stable/1728457>
- Deco, G., & Kringelbach, M. L. (2016). Metastability and coherence: Extending the communication through coherence hypothesis using a whole-brain computational perspective. *Trends in neurosciences*, 39(3), 125-135.
https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:1d8d4752-54b6-4794-aef5-7537449b07aa/download_file?file_format=pdf&safe_filename=TINS_DecoKringelbach_accepted.pdf&type_of_work=Journal+article
- Del Rio, E. (2001). Por las venas corre luz. Talleres Litográficos El Trébol, S.A. México.
<https://reinoa.com/pdf/por-las-venas-corre-luz.pdf>

- Di Biase, F. (2009). Quantum-holographic informational consciousness. *NeuroQuantology*, 7(4). https://www.academia.edu/download/31492682/Quantum-Holographic_Informational_Consciousness.pdf
- Di Biase, F. (2015). O Tudo no Todo e o Todo no Tudo Aspectos Fractais-Holográficos da Consciência Universal. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/profile/Francisco_Di_Biase3/publication/287645171_O_Tudo_no_Todo_e_o_Todo_no_Tudo_-_Aspectos_Fractais_Holograficos_da_Consciencia_Universal/links/56783fe308ae125516ee7b82
- Di Valentino, E., Melchiorri, A., & Silk J. (2020). Planck evidence for a closed Universe and a possible crisis for cosmology. *Nature Astronomy*, 4(2), 196-203. <https://arxiv.org/pdf/1911.02087>
- Dokuchaev V. I., & Yury Eroshenko, Y. N. (2014). Black hole atoms as a dark matter particle candidate. *Advances in High Energy Physics*, 2014. <https://www.hindawi.com/journals/ahep/2014/434539/abs/>
- Domash, L. H. (1975). The Transcendental Meditation technique and quantum physics: Is pure consciousness a macroscopic quantum state in the brain? Department of Physics, Maharishi European Research University, Switzerland. <https://pdfs.semanticscholar.org/79ff/6162d0055188ac2e5429023174f6d9225146.pdf>
- Drozd, S., Grabska-Gradzińska, I., Kulig, A., Kwapien, J., & Oświęcimka, P. (2012). Multifractal analysis of sentence lengths in English literary texts. *ArXiv preprint arXiv:1212.3171*. <https://arxiv.org/pdf/1212.3171.pdf>
- Dumitrescu, P. T., Bohnet, J. G., Gaebler, J. P., Hankin, A., Hayes, D., Kumar, A., Neyenhuis, B., Vasseur, R., & Potter, A. C. (2022). Dynamical topological phase realized in a trapped-ion quantum simulator. *Nature*, 607(7919), 463-467. <https://www.nature.com/articles/s41586-022-04853-4>
- Dzhunushaliev, V., Folomeev, V., Kleihaus, B., & Kunz, J. (2011). A star harbouring a wormhole at its core. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2011(04), 031. <https://arxiv.org/pdf/1102.4454>
- El Naschie, M. (1994). Is quantum space a random cantor set with a golden mean dimension at the core? *Chaos, Solitons & Fractals*, 4(2), 177-179. (USA). <http://www.el-naschie.net/bilder/file/4.%20Is%20quantum%20space%20a%20random%20Cantor>

[%20set.pdf](#)

- El Naschie, M. (2013). What is the missing dark energy in a nutshell and the Hawking-Hartle quantum wave collapse. *International Journal of Astronomy and Astrophysics*, 2013. https://www.scirp.org/html/1-4500186_36180.htm
- El Naschie, M. (2019). Simulating the Quantum Universe Via the Golden mean Number Expert-Like System. *International Journal of Artificial Intelligence and Mechatronics*, 7(4), 15-18.
https://www.ijaim.org/administrator/components/com_jresearch/files/publications/IJAIM_610_FINAL.pdf
- El Naschie, M.; Ho. M. W., & Vitiello, G. (2015). Is Spacetime Fractal and Quantum Coherent in the Golden Mean? *Global Journal of Science Frontier Research*, 15(1), 61-80. https://globaljournals.org/GJSFR_Volume15/6-Is-Spacetime-Fractal-and-Quantum.pdf
- Enamorado Báez, S. M. (2008). La sucesión de Fibonacci en la naturaleza de las plantas. *Isagogé*, 9.
<https://pdfs.semanticscholar.org/cb42/a025c6b2a9c7ff273d2c3d9bf7965f4e029b.pdf>
- Farnes, J. S. (2018). A unifying theory of dark energy and dark matter: Negative masses and matter creation within a modified LambdaCDM framework. *Astronomy & Astrophysics*, 620, A92.
<https://www.aanda.org/component/article?access=doi&doi=10.1051/0004-6361/201832898>
- Fein, Y. Y., Geyer, P., Zwick, P., Kialka, F., Pedalino, S., Mayor, M., Gerlich, S., & Arndt, M. (2019). Quantum superposition of molecules beyond 25 KDa. *Nature Physics*, 15(12), 1242-1245. https://pub.math.leidenuniv.nl/~gillrd/Peking/Files/two-slit_expt.pdf
- Fernández, J. J., & Shiho Kobayashi, S. (2019). Black hole mergers induced by tidal encounters with a galactic centre black hole. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 487(1), 1200-1209.
<https://arxiv.org/pdf/1805.09593.pdf?fname=cm&font=TypeI>
- Fink, G. R., Halligan, P. W., Marshall, J. C., Frith, Ch. D., Frackowiak, R. S. J., & Dolan, R. J. (1996). Where in the brain does visual attention select the forest and the trees? *Nature*, 382(6592), 626-628.
https://pure.mpg.de/rest/items/item_2614922/component/file_2623870/content

- Fisher, M. P. A. (2015). Quantum Cognition: The possibility of processing with nuclear spins in the brain. *Annals of Physics*, 362, 593-602. <https://arxiv.org/pdf/1508.05929>
- Flynn, V. P., Cobanera, E., & Viola, L. (2021). Topology by Dissipation and Majorana Bosons in Metastable Quadratic Markovian Dynamics. *ArXiv preprint arXiv:2104.03985*. <https://arxiv.org/pdf/2104.03985>
- Font, J., Beckman, J. E., Querejeta, M., Epinat, B., James, P. A., Blasco-Herrera, J., Erroz-Ferrer, S., & Pérez, I. (2013). Interlocking Resonance Patterns in Galaxy Disks. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 210(1), 2. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0067-0049/210/1/2/pdf>
- Foo, J., Arabaci, C. S., Zych, M., & Mann, R. B. (2022). Quantum signatures of black hole mass superpositions. *Physical Review Letter*, 129(18), 181301. <https://arxiv.org/pdf/2111.13315>
- Frank, A., Grinspoon, D., & Walker, S. (2022). Intelligence as a planetary scale process. *International Journal of Astrobiology*, 1-15. https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Intelligence+as+a+planetary+scale+process&btnG=#:~:text=Intelligence%20as%20a,1%2D15%2C%202022
- Gaite, J. (2019). The fractal geometry of the cosmic web and its formation. *Advances in Astronomy 2019*. <https://www.hindawi.com/journals/aa/2019/6587138/abs/>
- Gao, P., Jafferis, D. L., & Wall, A. C. (2017). Traversable wormholes via a double trace deformation. *Journal of High Energy Physics*, 2017(12), 151. [https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/JHEP12\(2017\)151.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/JHEP12(2017)151.pdf)
- Garcia-Bellido, J., Ezquiaga, J. M., & Ruiz Morales, E. (2018). Primordial black hole production in critical Higgs inflation. *Physics Letters B*, 776, 345-349. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370269317309310>
- Gariaev, P. P., & Pitkänen, M. (2011). Model for the findings about hologram generating properties of DNA. *DNA Decipher Journal January*, 1(1), 47-72. <http://scireprints.lu.lv/160/>
- Gariaev, P. P., Birshtein, B. I., Iarochenko, A. M., Marcer, P. J., Tertishny, G. G., Leonova, K. A., & Kaempfer, U. (2001). The DNA-wave Biocomputer. <http://www.centar-zdravlje.hr/PDF/The%20DNA-wave%20Biocomputer%20-%20Full%20Paper.pdf>
- Geesink, H. J. H., Jerman, I., Meijer, D. K. F. (2020). Water, the cradle of life via its coherent quantum frequencies *Water Journal*, 11, 78-108.

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Water%2C+the+cradle+of+life+via+its+coherent+quantum+frequencies+&btnG=#:~:text=Water%2C%20the%20cradle,78%2D108%2C%202020

Ghosh, S., Sahu, S., & Bandyopadhyay, A. (2014). Evidence of massive global synchronization and the consciousness: Comment on “Consciousness in the universe: A review of the ‘Orch OR’ theory” by Hameroff and Penrose. *Physics of Life Reviews*, 11(1), 83-84.

https://www.academia.edu/download/43332239/Evidence_of_massive_global_syncronizati20160303-20050-1m8zy08.pdf

Goldberger, A. L., Amaral, L. A. N., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. Ch., Peng, C-K., & Stanley H. E. (2002). Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. *Proceedings of the national academy of sciences*, 99(1), 2466-2472.

https://www.pnas.org/content/pnas/99/suppl_1/2466.full.pdf

Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S.,... Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Neural Information Processing Systems*, 2672-2680. <http://papers.nips.cc/paper/5423-generative-adversarial-nets>

Greene, B. R., & Levin, J. (2007). Dark Energy and Stabilization of Extra Dimensions. *Journal of High Energy Physics*, 2007(11), 096. <https://arxiv.org/pdf/0707.1062>

Grinberg-Zylberbaum, J. (1982). Psychophysiological correlates of communication, gravitation and unity. *Psychoenergetics*, 4, 227-256.

<https://documents2.theblackvault.com/documents/cia/stargate/STARGATE%20%238%20237/Part0007/CIA-RDP96-00792R000700130002-5.pdf>

Grover, M., & Grover, R. (2011). Quantum Black Holes and pseudotelepathy in biological organisms. *International Journal of Computer Science and Engineering*, 3(5), 1986-1989.

https://www.researchgate.net/profile/Monendra_Grover/publication/235975100_Quantum_Black_Holes_and_pseudotelepathy_in_biological_organisms/links/02e7e51516d66d78e9000000.pdf

Haider, M., Steinhauser, D., Vogelsberger, M., Genel, S., Springel, V., Torrey, P., & Hernquist, L. (2016). Large-scale mass distribution in the Illustris simulation. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 457(3), 3024-3035.

<https://academic.oup.com/mnras/article/457/3/3024/2588899>

- Haight, D. F. (2016). Why the glove of mathematics fits the hand of the natural sciences so well: How far down the (Fibonacci) rabbit hole goes. *European Scientific Journal*, 12(15).
<https://digitalcommons.plymouth.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1000&context=faculty>
- Hajdukovic, D. (2011). Is dark matter an illusion created by the gravitational polarization of the quantum vacuum? *Astrophysics and Space Science*, 334(2), 215-218.
<https://arxiv.org/pdf/1106.0847>
- Haken, H. (1980). Synergetics. *Naturwissenschaften*, (67), 121-128.
<https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01073611>
- Hall, M. J. W., Deckert, D. A., & Wiseman, H. M. (2014). Quantum phenomena modeled by interactions between many classical worlds. *Physical Review X*, 4(4), 041013.
<https://link.aps.org/pdf/10.1103/PhysRevX.4.041013>
- Haramain, N., & Rauscher, E. A. (2005). The origin of spin: A consideration of torque and Coriolis forces in Einstein's field equations and grand unification theory. *Beyond the Standard Model: Searching for Unity in Physics*, 153-168.
http://www.paradigmshiftnow.net/fundamental_reality/torque_paper.pdf
- Haramain, N., Brown, W. D., & Baker, A. V. (2016). The Unified Spacememory Network: from cosmogenesis to consciousness. *NeuroQuantology*, 14(4), 657-671.
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=The+Unified+Spacememory+Network%3A+from+Cosmogenesis+to+Consciousness&btnG=#:~:text=The%20Unified%20Spacememory,657%2D671%2C%202016
- Hardy, C. (1997). Semantic fields and meaning: A bridge between mind and matter. *World Futures: Journal of General Evolution*, 48(1-4), 161-170.
https://www.researchgate.net/profile/Chris-Hardy-2/publication/233122531_Semantic_fields_and_meaning_A_bridge_between_mind_and_matter/links/55ea52f608aeb6516265e488/Semantic-fields-and-meaning-A-bridge-between-mind-and-matter
- Hartnoll, S. A., Horowitz, G. T., Kruthoff, J., & Santos, J. E. (2020). Diving into a holographic superconductor. *ArXiv preprint arXiv:2008.12786*.
<https://arxiv.org/pdf/2008.12786>
- Hawking, S. W., & Hertog, T. (2018). A Smooth Exit from Eternal Inflation? *Journal of High-Energy Physics*, 2018(4), 147.

[https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/JHEP04\(2018\)147.pdf](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/JHEP04(2018)147.pdf)

- Haynes, E. (2016). A Case for Monistic Idealism: Connecting Idealistic Thoughts from Leibniz to Kant with support in Quantum Physics. *Liberty University*.
<https://digitalcommons.liberty.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1414&context=masters>
- He, J. H., Marek-Crnjac, L., Helal, M. A., Ibrahim, Sh., & Rössler, O. E. (s.f.). Quantum golden mean entanglement test as the signature of the fractality of micro spacetime. *Nonlinear Science Letters B*, 1(2), 45-50.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.716.1823>
- Healy, K., McNally, L., Ruxton, G. D., Cooper, N., & Jackson, A. L. (2013). Metabolic rate and body size are linked with perception of temporal information. *Animal behaviour* 86(4), 685-696.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003347213003060>
- Heilman, K. M. (2016). Possible brain mechanisms of creativity. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 31(4), 285-296. <https://academic.oup.com/acn/article-pdf/31/4/285/6641209/acw009.pdf>
- Henein, M. Y., Zhao, Y., Nicoll, R., Sun, L., Khir, A. W., Franklin, K., & Lindqvist, P. (2011). The human heart: Application of the golden ratio and angle. *International journal of cardiology*, 150(3), 239-242.
https://www.researchgate.net/profile/Michael_Henein2/publication/51248345_The_human_heart_Application_of_the_golden_ratio_and_angle/links/5af2c63e458515c283797e99/The-human-heart-Application-of-the-golden-ratio-and-angle.pdf
- Herzog, M. H., Drissi-Daoudi, L., & Doerig, A. (2020). All in Good Time: Long-Lasting Postdictive Effects Reveal Discrete Perception. *PlumX Metrics*.
<https://doi.org/10.1016/j.tics.2020.07.001>
- Heyrovská, R. (2009). Golden Sections of Interatomic Distances as Exact Ionic Radii and Additivity of Atomic and Ionic Radii in Chemical Bonds. *ArXiv preprint arXiv:0902.1184*. <https://arxiv.org/pdf/0902.1184>
- Higgins, J. S., Lloyd, L. T., Sohail, S. H., Allodi, M. A., Otto, J. P., Saer, R. G., Wood, R. E., Massey, S. C., Ting, P-C., Blankenship, R. E., & Engel, G. S. (2021). Photosynthesis tunes quantum-mechanical mixing of electronic and vibrational states to steer exciton energy transfer. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(11).

<https://www.pnas.org/content/118/11/e2018240118.short>

Ho, M. W. Yu-Ming, Z., Haffegge, J., & Watton, A. (2007). The Liquid Crystalline Organism and Biological Water. *Water and the Cell*, 219-234.

https://www.academia.edu/download/57879683/Gerald_H._Pollack_Ivan_L._Cameron_Denys_N._Wheab-ok.xyz.pdf#page=224

Ho, M. W. (2014a). Golden cycles of organic spacetimes. *Science in Society*, 62, 32-35.

http://www.academia.edu/download/34244291/Golden_cycles_and_organic_spacetime.f.doc

Ho, M. W. (2014b). Golden geometry of E-infinity fractal spacetime. *The Story of Phi*, Part 5.

http://www.academia.edu/download/34244318/Golden_Geometry_of_E_infinity_fractal_spacetime.f.doc

Hooffman, Y., Pomarède, D., Tully, R. B., & Courtois (2017). The dipole repeller. *Nature Astronomy* 1(2), 0036. <https://arxiv.org/pdf/1702.02483>

Hooft, G. (2001). The holographic principle. *Basics and Highlights in Fundamental Physics*, 72-100.

https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789812811585_0005

Hu, C. P., Huang, Y., Eickhoff, S. B., Peng, K., & Sui, J. (2019). Seeking the “beauty center” in the brain: A meta-analysis of fMRI studies of beautiful human faces and visual art. *BioRxiv*, 081539.

<https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2016/10/17/081539.full.pdf>

Huntley, H. E. (1969). Fibonacci and the atom. *Fibonacci Quarterly*, 7(5), 523-524.

<https://www.fq.math.ca/Scanned/7-5/huntley.pdf>

Hyeop Lee, J., Pak, M., Song, H., Hye-Ran Lee, Kim, S., & Jeong, H. (2019). Mysterious coherence in several-megaparsec scales between galaxy rotation and neighbor motion. *The Astrophysical Journal*, 884(2), 104. <https://arxiv.org/pdf/1908.10972>

Ibáñez-Molina, A. e Iglesias-Parro, S. (2014). Geometría fractal del EEG. *Ciencia Cognitiva*, 66-69. <http://www.cienciacognitiva.org/?p=981>

Ingalhalikar, M., Smith, A., Parker, Dr., Satterthwaite, Th. D., Elliott, M. A., Ruparel, K., Hakonarson, H., Gur, R. E., Gur, R. C., & Verma, R. (2014). Sex differences in the structural connectome of the human brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(2), 823-828. <https://www.pnas.org/content/pnas/111/2/823.full.pdf>

Jack, Y. Ng. (2019). Entropy and Gravitation-From Black Hole Computers to Dark Energy

- and Dark Matter. *Entropy*, 21(11), 1035. <https://www.mdpi.com/1099-4300/21/11/1035/pdf>
- Jedamzik, K., & Saveliev, A. (2019). Stringent limit on primordial magnetic fields from the cosmic microwave background radiation. *Physical review letters*, 123(2), 021301. <https://arxiv.org/pdf/1804.06115>
- Jedamzik, K. (2020). Primordial black hole dark matter and the LIGO/Virgo observations. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2020(09), 022. <https://arxiv.org/pdf/2006.11172>
- Jiménez, E. I., Gibard, C., & Krishnamurthy, R. (2021). Prebiotic phosphorylation and concomitant oligomerization of deoxynucleosides to form DNA. *Angewandte Chemie*, 133(19), 10870-10878. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ange.202015910>
- Joglekar, M. R., Mejias, J. F., Yang, G. R., & Wang, X. J. (2018). Inter-areal balanced amplification enhances signal propagation in a large-scale circuit model of the primate cortex. *Neuron*, 98(1), 222-234. e8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0896627318301521>
- Jonauskaite, D., Abu-Akel, A., Dael, N., Oberfeld, D., Abdel-Khalek, A. M., Al-Rasheed, A. S., Antonietti, J. P., Bogushevskaya, V., Chamseddine, A., Chkonia, E., Corona, V., Fonseca-Pedrero, E., Griber, Y. A., Grimshaw, G., Hasan, A. A., Havelka, J., Hirnstein, M., Karlsson, B. S. A., Laurent, E.,...Mohr, C. (2020). Universal patterns in color-emotion associations are further shaped by linguistic and geographic proximity. *Psychological Science*, 31(10), 1245-1260. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/324372/Universal_color_emotion.pdf?sequence=3
- Joyce, M. K. P., García-Cabezas, M. A., John, Y. J., & Barbas, H. (2020). Serial prefrontal pathways are positioned to balance cognition and emotion in primates. *Journal of Neuroscience*, 40(43), 8306-8328. <https://www.jneurosci.org/content/40/43/8306.abstract>
- Karolis, V. R., Corbetta, M., & De Schotten, M. T. (2019). The architecture of functional lateralisation and its relationship to callosal connectivity in the human brain. *Nature communications*, 10(1), 1-9. <https://www.nature.com/articles/s41467-019-09344-1>
- Kashlinsky, A. (2016). LIGO gravitational wave detection, primordial black holes, and the near-IR cosmic infrared background anisotropies. *The Astrophysical Journal Letters*

ters, 823(2), L25. <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8205/823/2/L25/pdf>

Kastrup, B. (2018). The universe in consciousness. *Journal of Consciousness Studies*, 25(5-6), 125-155.

<https://www.ingentaconnect.com/contentone/imp/jcs/2018/00000025/f0020005/art00006?crawler=true>

Kaufman, J. C., & Beghetto, R. A. (2009). Beyond big and little: The four c model of creativity. *Review of general psychology*, 13(1), 1-12.

https://www.researchgate.net/profile/James_Kaufman/publication/228345133_Beyond_Big_and_Little_The_Four_C_Model_of_Creativity/links/0fcfd50cb7f1261553000000.pdf

Kerskens, C. M., & López Pérez, D. (2022). Experimental indications os non-classical brain functions. *Journal of Physics Communications*.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2399-6528/ac94be/pdf>

Khamehchi, M. A., Hossain, K., Mossman, M. E., Zhang, Y., Busch, T., Forbes, M. M., & Engels, P. (2017). Negative-mass hydrodynamics in a spin-orbit-coupled bose-einstein condensate. *Physical review letters*, 118(15), 155301.

<https://arxiv.org/pdf/1612.04055>

Kitzbichler, M. G., Smith, M. L., Christensen, S. R., & Bullmore Ed. (2009). Broadband criticality of human brain network synchronization. *PLoS Comput Biol.*, 5(3), e1000314.

<https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1000314>

Kleiner, J., & Tull, S. (2020). The mathematical structure of integrated information theory. *ArXiv preprint arXiv:2002.07655*. <https://arxiv.org/pdf/2002.07655>

Kounios, J., & Beeman, M. (2014). The cognitive neuroscience of insight. *Annual Review of Psychology*, 65. [https://cpb-us-](https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.northwestern.edu/dist/a/699/files/2015/11/The-cognitive-neuroscience-of-insight-1jje1hg.pdf)

[e1.wpmucdn.com/sites.northwestern.edu/dist/a/699/files/2015/11/The-cognitive-neuroscience-of-insight-1jje1hg.pdf](https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.northwestern.edu/dist/a/699/files/2015/11/The-cognitive-neuroscience-of-insight-1jje1hg.pdf)

Krasznahorkay, A. J., Csatlós, M., Csige, L., Gulyas, J., Koszta, M., Szihalmi, B., Timár, J., Firak, DS., Nagy, Á., Sas, NJ., & Krasznahorkay, A. (2019). New evidence supporting the existence of the hypothetical X17 particle. *ArXiv preprint arXiv:1910.10459*.

<https://arxiv.org/pdf/1910.10459>

Kroto, H. W., Heath, J. R., O'Brien, S. C., Curl, R. F., & Smalley, R. E. (1985). C60:

- Buckminsterfullerene. *Nature*, 318(6042), 162-163.
<https://www.nature.com/articles/318162a0>
- Kusenko, A., Pearce, L., & Yang, L. (2015). Postinflationary Higgs relaxation and the origin of matter-antimatter asymmetry. *Physical review letters*, 114(6), 061302.
<https://arxiv.org/pdf/1410.0722>
- Kusenko, A., Sasaki, M., Sugiyama, S., Takada, M., Takhistov, V., & Vitagliano, E. (2020). Exploring Primordial Black Holes from the Multiverse with Optical Telescopes. *Physical Review Letters*, 125(18), 181304. <https://arxiv.org/pdf/2001.09160>
- Lahav, N., Sendiña-Nadal, I., Hens, C., Kshirim, B., Barzel, B., Cohen, R., & Boccaletti, S. (2022). Topological synchronization of chaotic systems. *Scientific reports*, 12(1), 1-10.
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Topological+synchroni+za-tion+of+chaotic+systems&btnG=#:~:text=Topological%20synchronization%20of,1%2D10%2C%202022
- Lamine, B., Jaekel, M. T., Lambrecht, A., Reynaud, S., & Maia Neto, P. (2007). Quantum decoherence and gravitational waves. *Beyond the Quantum*, 125-134.
<https://arxiv.org/pdf/0806.2541>
- Larsen, S. H. (2021). DNA Structure and the Golden Ratio Revisited. *Symmetry* 13(10), 1949. <https://www.mdpi.com/2073-8994/13/10/1949>
- Leifer, M. S., & Pusey, M. F. (2016). Is a time symmetric interpretation of quantum theory possible without retrocausality? *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 473(2202), 20160607.
<https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.2016.0607>
- Lengger, P. G., Fischmeister, F. P. S., Leder, H., & Bauer, H. (2007). Functional neuroanatomy of the perception of modern art: A DC-EEG study on the influence of stylistic information on aesthetic experience. *Brain research*, 1158, 93-102.
<https://www.academia.edu/download/31876428/Lengger2007.pdf>
- León-Río, B. (2020). Las ideas arquetípicas de Jung y la geometría en el arte: Una aproximación a los procesos psicológicos en la creación artística. *Sicronía*, 591-620.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7593469>
- Lesovik, G. B., Sadovskyy, I. A., Suslov, M. V., Lebedev, A. V., & Vinokur, V. M. (2019). Arrow of time and its reversal on the IBM quantum computer. *Scientific reports*,

9(1), 1-8. https://www.nature.com/articles/s41598-019-40765-6?error%3Dcookies_not_supported%3Bcode%3D5589faf7-4404-4da6-a985-fa4cac95d123

- Li, J., Pellicciari, J., Mazzoli, C., Catalano, S., Simmons, F., Sadowski, J. T., Levitan, A., Gibert, M., Carlson, E., Triscone, JM., Wilkins, S., & Comin, R. (2019). Scale-invariant magnetic textures in the strongly correlated oxide NdNiO₃. *Nature communications*, 10(1), 1-7. <https://www.nature.com/articles/s41467-019-12502-0>
- Liberati, S., & Maccione, L. (2014). Astrophysical constraints on Planck scale dissipative phenomena. *Physical Review Letters*, 112(15), 151301. <https://arxiv.org/pdf/1309.7296>
- Linde, A. D. (1982). A new inflationary universe scenario: A possible solution of the horizon, flatness, homogeneity, isotropy and primordial monopole problems. *Physics Letters B*, 108(6), 389-393. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0370269382912199>
- Lindner, J. F., Kohar, V., Kia, B., Hippke, M., Learned, J. G., & Ditto, W. L. (2015). Strange nonchaotic stars. *Physical review letters*, 114(5), 054101. <https://arxiv.org/pdf/1501.01747>
- Lloyd, S. (2002). Computational capacity of the universe. *Physical Review Letters*, 88(23), 237901. https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0110141?utm_source=twitterfeed&utm_medium=twitter
- López-Muñoz, F., Marín, F., & Álamo, C. (2010). El devenir histórico de la glándula pineal: I. De válvula espiritual a sede del alma. *Revista de Neurología*, 50(1), 50-57. http://www.academia.edu/download/39595588/The_historical_background_of_the_pineal_20151101-11309-1c4q9qj.pdf
- Luminet, J. P. (2005). A cosmic hall of mirrors. *Physics World*, 18(9), 23. <https://arxiv.org/pdf/physics/0509171>
- Lüttge, U., & Souza, G. M. (2019). The Golden Section and beauty in nature: The perfection of symmetry and the charm of asymmetry. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 146, 98-103. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079610718302128>
- Madrona, S. y Hearn, I. F. (2012). La sincronicidad vista desde la teoría de campo. <https://gestaltnet.net/sites/default/files/articulos/sincronicidad-gestalt.pdf>
- Mäkinen, J. T., Dmitriev, V. V., Nissinen, J., Rysti, J., Volovik, G. E., Yudin, A. N., Zhang,

- K., & Eltsov, V. B. (2019). Half-quantum vortices and walls bounded by strings in the polar-distorted phases of topological superfluid ^3He . *Nature communications*, *10*(1), 1-8. <https://www.nature.com/articles/s41467-018-08204-8>
- Maldacena, J., Hawking, S., & Strominger, A. (2001). DeSitter entropy, quantum entanglement and AdS/CFT. *Journal of High Energy Physics*, *2001*(05), 001. <https://arxiv.org/pdf/hep-th/0002145>
- Maldacena, J., & Susskind, L. (2013). Cool horizons for entangled black holes. *Fortschritte der Physik*, *61*(9), 781-811. <https://arxiv.org/pdf/1306.0533>
- Maldacena, J. (2015). The symmetry and simplicity of the laws of physics and the Higgs boson. *European Journal of Physics*, *37*(1), 015802. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/37/1/015802/pdf>
- Maldacena, J., & Milekhin, A. (2020). Humanly traversable wormholes. *ArXiv preprint arXiv:2008.06618*. <https://arxiv.org/pdf/2008.06618>
- Margulies, T. (2019). Light, Color Wheels & Chromatic Theory. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/335330538_Light_Color_Wheels_Chromatic_Theory
- Markram (2006). The blue brain project. *Nature Reviews Neuroscience*, *7*(2), 153-160. https://www.cs.helsinki.fi/u/ahyvarin/teaching/niseminar4/Markram_BlueBrain2006.pdf
- Marks-Tarlow, T. (2013). Fractal geometry as a bridge between realms. *Complexity science, living systems, and reflexing interfaces: New models and perspectives*, 25-43. <https://www.igi-global.com/chapter/content/69455>
- Martin, F., Carminati, F., & Carminati G. G. (2010). Quantum information, oscillations and the psyche. *Physics of Particles and Nuclei*, *41*(3), 425-451. http://www1.jinr.ru/Pepan/2010-v41/v-41-3/03_mart.pdf
- Matloff, G. L. (2016). Can panpsychism become an observational science? *Journal of Consciousness Exploration & Research*, *7*(7). <https://jcer.com/index.php/jcj/article/download/579/595>
- Maurel, C., Bryson, J. F. J., Lyons, R. J., Ball, M. R., Chopdekar, R. V., Scholl, A., Ciesla, F. J., Bottke, W. F., & Weiss, B. P. (2020). Meteorite evidence for partial differentiation and protracted accretion of planetesimals. *Science advances*, *6*(30), eaba1303. <https://advances.sciencemag.org/content/advances/6/30/eaba1303.full.pdf>
- Mayseless, N., Eran, A., & Shamay-Tsoory, S. G. (2015). Generating original ideas: The

neural underpinning of originality. *Neuroimage*, 116, 232-239.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053811915004103>

McDonnell, W. M. (1983). Analysis and assessment of Gateway process. *CIA*.

<https://www.cia.gov/readingroom/docs/CIA-RDP96-00788R001700210016-5.pdf>

McFadden, J. (2020). Integrating information in the brain's EM field: The cemi field theory of consciousness. *Neuroscience of Consciousness*, 2020(1), niaa016.

<https://academic.oup.com/nc/article/2020/1/niaa016/5909853>

Meijer, D. K. F. (2019). Do thoughts really come only from the Brain: the deeper connective principles of consciousness. *ResearchGate*.

https://www.researchgate.net/publication/334490501_Do_thoughts_really_come_only_from_the_brain_the_deeper_connective_principles_of_consciousness

Meijer, D. K. F. (s.f.). *Universal Consciousness: Collective Evidence on the Basis of Current Physics and Philosophy of Mind. Part 1. Academia*.

<https://www.academia.edu/resource/work/37711629>

Meijer, D. K. F., & Geesink, H. J. H. (2017). Consciousness in the universe is scale invariant and implies an event horizon of the human brain. *NeuroQuantology*, 15(3).

https://www.researchgate.net/profile/Dirk_Meijer4/project/Radiant-Consciousness/attachment/59f0601fb53d2f3ade4a25b9/AS:553287683198976@1508925471666/download/1079-2978-1-PB.pdf?context=ProjectUpdatesLog

Meijer, D. K. F., Ivaldi, F., Faixat, J. D., Klein, A. (s.f.). Mecanismos de señalización de información en el universo: se revela la conectividad integral del tejido de la realidad.

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Mecanismo+de+se%C3%B1alizaci%C3%B3n+de+informaci%C3%B3n&btnG=#:~:text=Mecanismos%20de%20se%C3%B1alizaci%C3%B3n,Faixat%2C%20Adrian%20Klein

Men, W., Falk, D., Sun, T., Chen, W., Li, J., Yin, Zang, L., & Fan, M. (2014). The corpus callosum of Albert Einstein's brain: another clue to his high intelligence?. *Brain*, 137(4), e268-e268. <https://academic.oup.com/brain/article/137/4/e268/365419>

Minami, Y., & Komatsu, E. (2020). New Extraction of the Cosmic Birefringence from the Planck 2018 Polarization Data. *Physical Review Letters*, 125(22), 221301.

<https://arxiv.org/pdf/2011.11254>

Möller, M., Marshall, L., Wolf, B., Fehm, H. L., & Born, J. (1999). EEG complexity and

- performance measures of creative thinking. *Psychophysiology*, 36(1), 95-104.
https://www.academia.edu/download/48425712/EEG_complexity_and_performance_measures_20160829-22312-3puuq5.pdf
- Montagnier, L., Del Giudice, E., Aïssa, J., Lavallee, C., Motschwiller, S., Capolupo, A., Polcari, A., Romano, P., Tedeschi, A., & Vitiello, G. (2015). Transduction of DNA information through water and electromagnetic waves. *Electromagnetic biology and medicine*, 34(2), 106-112. <https://arxiv.org/pdf/1501.01620>
- Montagnier, L., Aïssa, J., Del Giudice, E., Lavallee, C., Tedeschi, A., & Vitiello, G. (2011). DNA waves and water. *Journal of Physics: Conference Series*, 306(1), 012007. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/306/1/012007/pdf>
- Moskowits, C. (2014). 'Superfluid spacetime' points to unification of physics. *Nature News*. <https://www.nature.com/articles/nature.2014.15437>
- Mureika, J. R. (2007). Fractal Holography: A geometric re-interpretation of cosmological large scale structure. *Journal of Cosmology and Astroparticle Physics*, 2007(05), 021. <https://arxiv.org/pdf/gr-qc/0609001>
- Murphy, B. D. (2012). Junk DNA: Doorway to Transformation. *Nexus*, https://www.stealthskater.com/Documents/NEXUS_07.pdf
- Nicolescu, B. (2005). Stéphane Lupasco et le tiers inclus: De la physique quantique à l'ontologie. *Revue de synthèse*, 126(2), 431-441. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02965682>
- Nicolescu, B. (2006). Transdisciplinariedad, pasado, presente y futuro. Primera Parte. *Visión Docente Con-ciencia*, 6(32), 14-33. http://www.ceuarkos.com/Vision_docente/revista31/t3.htm
- Nieto, J. A. (2011). A link between Black Holes and the Golden Ratio. *ArXiv preprint arXiv:1106.1600*. <https://arxiv.org/pdf/1106.1600>
- Nottale, L. (2010). Scale relativity and fractal space-time: Theory and applications. *Foundations of Science*, 15(2), 101-152. <https://arxiv.org/pdf/0812.3857>
- Nubiola, J. y Barrena, S. (2020). Charles S. Peirce y el arte como representación: Experiencia, expresión e interpretación. *Estudios Filosóficos*, 69(201). <https://www.academia.edu/resource/work/42764074>
- Olària, C. (2006). La novela policíaca y la investigación detectivesca bajo la percepción, el pensamiento y el cerebro de una mujer o cómo investigan los hombres y cómo lo hacen las mujeres. *Dossiers feministes*, 165-175.

<https://www.raco.cat/index.php/DossiersFeministes/article/viewFile/102525/153688>

Oldershaw, R. L. (2010). An Infinite Fractal Cosmos. *ArXiv preprint arXiv:1001.2865*.

<https://arxiv.org/pdf/1001.2865>

Olivares, M., Cruz, N., & Villanueva, J. R. (2017). The golden ratio in Schwarzschild–Kottler black holes. *The European Physical Journal C*, 77(2), 123.

<https://link.springer.com/article/10.1140/epjc/s10052-017-4670-7>

Olsen, S. (2002). The indefinite dyad and the golden section: Uncovering Plato's second principle. *Nexus Network Journal*, 4(1), 97-110.

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00004-001-0007-8.pdf>

Olsen, S. (2017). Golden ratio beauty as scientific function. *Lebenswelt. Aesthetics and philosophy of experience*, (11).

<https://riviste.unimi.it/index.php/Lebenswelt/article/view/9457/8963>

Olsen, S., Marek-Crnjak, L., He, J. H., & El Naschie, M. S. (2020). A Grand Unification of the Sciences, Art & Consciousness: Rediscovering the Pythagorean Plato's Golden Mean Number System. *Journal of Progressive Research in Mathematics*, 16, 2880-2931.

https://www.researchgate.net/profile/Leila_Marek_Crnjac/publication/342411637_S_CITECH_Volume_16_Issue_2_RESEARCH_ORGANISATION_A_Grand_Unification_of_the_Sciences_Arts_Consciousness_Rediscovering_the_Pythagorean_Plato's_Golden_Mean_Number_System/links/5ef31a0b299bf1031f1f680d/SCITECH-Volume-16-Issue-2-RESEARCH-ORGANISATION-A-Grand-Unification-of-the-Sciences-Arts-Consciousness-Rediscovering-the-Pythagorean-Platos-Golden-Mean-Number-System.pdf

Ooguriy, H., Lin, J., Marcolli, M., & Stoica, B. (2014). Tomography from entanglement. *ArXiv preprint arXiv:1412.1879*.

<https://arxiv.org/pdf/1412.1879.pdf%C3%82%C2%A0>

Ortega Villaseñor, H. y Quiñones Trujillo, G. (2005). Hemisferios cerebrales y hemisferios culturales. *Alpha* (Osorno), 139-157. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-22012005000100009&script=sci_arttext&tlng=es

Otto, H. (2018). Mass Constituents of a Flat Lattice Multiverse: Conclusion from Similarity between Two Universal Numbers, the Rocksalt-Type 2D Madelung Constant and the Golden Mean. *Journal of Modern Physics*, 9(1), 1-13.

<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=81610>

- Otto, H. (2020). Phase Transitions Governed by the Fifth Power of the Golden Mean and Beyond. *World Journal of Condensed Matter Physics*, 10(3), 135-158.
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=101992>
- Owen, L. W., Chang, T. C., & Manning, J. R. (2021). High-level cognition during story listening is reflected in high-order dynamic correlations in neural activity patterns. *BioRxiv*, 763821.
<https://www.biorxiv.org/content/biorxiv/early/2021/06/10/763821.full.pdf>
- Palmer, T. N. (2009). The Invariant Set Postulate: a new geometric framework for the foundations of quantum theory and the role played by gravity. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 465(2110), 3165-3185. <https://arxiv.org/pdf/0812.1148>
- Pellionisz, A. (2008). The principle of recursive genome function. *The Cerebellum*, 7(3), 348-359.
http://ww.junkdna.com/pellionisz_principle_of_recursive_genome_function.pdf
- Penrose, R., & Hameroff, S. (1995). Quantum computing in microtubules: Self-collapse as a possible mechanism for consciousness. *Toward a science of consciousness*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Quantum+computing+i+n+microtubules%3A+self-collapse&btnG=#d=gs_qabs&u=%23p%3DW8NLxOuH840J
- Penrose, R., & Hameroff, S. (2011). Consciousness in the universe: Neuroscience, quantum space-time geometry and Orch OR theory. *Journal of Cosmology*, 14, 1-17.
<http://journalofcosmology.com/JOC24/PenroseCHG.pdf>
- Penrose, R., & Hameroff, S. (2014). Consciousness in the universe: A review of the 'Orch OR' theory. *Physics of life reviews*, 11(1), 39-78.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571064513001188>
- Penrose, R., An, D., Meissner, K. A., & Nurowski, P. (2020). Apparent evidence for Hawking points in the CMB Sky. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 495(3), 3403-3408.
https://arxiv.org/pdf/1808.01740.pdf?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop
- Peñuela Velásquez, L. A. (2005). La transdisciplinariedad. Más allá de los conceptos, la dialéctica. *Andamios*, 1(2), 43-77. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-00632005000300003&script=sci_arttext

- Perez, J. C. (2010). Codon populations in single-stranded whole human genome DNA Are fractal and fine-tuned by the Golden Ratio 1.618. *Interdisciplinary Sciences: Computational Life Sciences*, (2), 228-240.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12539-010-0022-0>
- Pérez-Rubín, C. (2001). La creatividad y la inspiración intuitiva. Génesis y evolución de la investigación científica de los hemisferios cerebrales. *Arte, Individuo y Sociedad*, (13), 107.
<https://revistas.ucm.es/index.php/ARIS/article/view/ARIS0101110107A>
- Petoukhov, S. V. (2006). Metaphysical aspects of the matrix analysis of genetic code and the golden section. *Metaphysics: Century XXI*, 216-250.
[https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkpozje\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1204868](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkpozje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1204868)
- Pía Martín, M. (2015). Abducción, método científico e Historia. Un acercamiento al pensamiento de Charles Peirce. *Revista Páginas*. Escuela de Historia. Facultad de Humanidades y Artes. Universidad Nacional de Rosario, (14), 125-141.
<http://rephip.unr.edu.ar/handle/2133/16080>
- Pietronero, L., & Sylos Labini, F. (2001). Fractal structures and the large scale distribution of galaxies. *Current Topics in Astrofundamental Physics: The Cosmic Microwave Background*, 391-417. <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0002124>
- Pietronero, L., Sylos Labini, F., Vasilyev, N., & Baryshev, Y. (2009). Absence of self-averaging and of homogeneity in the large scale galaxy distribution. *EPL (Europhysics Letters)*, 86(4), 49001. <https://arxiv.org/pdf/0805.1132>
- Pino, E. M., Hetem, A., Horvath, J. E., AW de Souza, C., Villela, Th., & De Araujo, J. C. N. (1995). Evidence for a very large-scale fractal structure in the universe from COBE measurements. *ArXiv preprint astro-ph/9502048*. <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/9502048>
- Piotrovich, M., Krasnikov, S., Buliga, S., & Natsvlishvili, T. (2020). Possible Wormhole Candidates in Active Galactic Nuclei. *Universe*, 6(8), 120.
<https://www.mdpi.com/2218-1997/6/8/120/htm>
- Pisemskaya, N. B. (2007). El lenguaje y la teoría del caos. *Opción*, 23(53), 38-51.
https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1012-15872007000200004&script=sci_arttext&tlng=en
- Pletzer, B., Kerschbaum, W., & Klimesch, W. (2010). When frequencies never synchro-

- nize: The golden mean and the resting EEG.
Brain research, 1335, 91-102.
<https://www.academia.edu/download/47590503/j.brainres.2010.03.07420160728-3448-u418kj.pdf>
- Poirier, B. (2010). Bohmian mechanics without pilot waves.
Chemical Physics, 370(1-3), 4-14.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301010409004054>
- Pokorny, F., Zhang, C., Higgins, G., Cabello, A., Kleinmann, M., & Hennrich, M. (2020). Tracking the dynamics of an ideal quantum measurement.
Physical Review Letters, 124(8), 080401.
<https://link.aps.org/pdf/10.1103/PhysRevLett.124.080401>
- Pomata Varó, P. A., Pérez Herranz, F. M., Úbeda García, J. I. e Iñesta Quereda, J. M. (2006). *La propagación del conocimiento científico: Un modelo fractal*.
Revista Española de Investigaciones Sociológicas (REIS), 115(1), 41-67.
<https://www.ingentaconnect.com/content/cis/reis/2006/00000115/00000001/art00002?crawler=true&mimetype=application/pdf>
- Poplawski, N. J. (2019). Black Hole Genesis and origin of cosmic acceleration. *ArXiv preprint arXiv:1912.02173*. <https://arxiv.org/pdf/1912.02173>
- Poplawski, N. J. (2021). Gravitational collapse of a fluid with torsion into a universe in a black hole
Journal of Experimental and Theoretical Physics, 132(3), 374-380.
<https://arxiv.org/pdf/2008.02136>
- Radin, D., Michel, L., Galdamez, K., Wendland, P., Rickenbach, R., & Delorme, A. (2012). Consciousness and the double-slit interference pattern: Six experiments. *Physics Essays*, 25(2), 157. <https://www.doublecause.net/pdf/Radin2012doubleslit.pdf>
- Raichle, M. E. (2006). The brain's dark energy. *Science*, 314(5803), 1249-1250.
https://www.afanporsaber.es/files/kq/groups/14661755/1754844124/name/Raichle_Brain_s_dark_energy.pdf
- Rampino, M. R., Caldeira, K., & Zhu, Y. (2021). A pulse of the Earth: A 27.5-Myr underlying cycle in coordinated geological events over the last 260 Myr. *Geoscience Frontiers*, 12(6), 101245.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987121001092>
- Randall, L., & Reece, M. (2014). Dark Matter as a Trigger for Periodic Comet Impacts.

- Physical review letters*, 112(16), 161301. <https://arxiv.org/pdf/1403.0576>
- Retter, A., & Heller, S. (2012). The revival of white holes as Small Bangs. *New Astronomy*, 1 (2), 73-75. <https://arxiv.org/pdf/1105.2776>
- Rieper, E., Anders, J., & Vedral, V. (2010). Quantum entanglement between the electron clouds of nucleic acids in DNA. *ArXiv preprint arXiv:1006.4053*. <https://arxiv.org/pdf/1006.4053>
- Rivera Henao, E. y López Varona, R. (2011). Geometría fractal y transformada de Fourier. *Scientia et technical*, 2(48), 269-274. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1309/881>
- Rivera, J. (2006). Finding Aristotle's golden mean: Social justice and academic excellence. *Journal of Education*, 186(1), 79-85. <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/002205740618600108>
- Rodero, S. (2013). El método experimental en el siglo XVII. *ArtefaCToS. Revista de estudios sobre la ciencia y la tecnología* 6, 163-180. <https://revistas.usal.es/cinco/index.php/artefactos/article/download/15591/16158>
- Rovelli, C. (2019). Black Hole Evolution Traced Out with Loop Quantum Gravity. *ArXiv preprint arXiv:1901.04732*. <https://arxiv.org/pdf/1901.04732>
- Rovelli, C., & Vidotto, F. (2018). White-hole dark matter and the origin of past low-entropy. *ArXiv preprint arXiv:1804.04147*. <https://arxiv.org/pdf/1804.04147>
- Sadri, E., Khurshudyan, M., & Chattopadhyay, S. (2018). An interacting new holographic dark energy in the framework of fractal cosmology. *Astrophysics and Space Science*, 363(11), 230. <https://arxiv.org/pdf/1810.03465>
- Salamone, M. A. (2007). La Ética y la Política de Aristóteles: Una cuestión de proporciones áureas. *EPrints Complutense*. <http://eprints.ucm.es/7638/1/978-88-488-0620-6.pdf>
- Salucci, P., Rahaman, F., Kuhfittig, P. K. F., Ray, S., & Rahaman, M. (2014). Possible existence of wormholes in the central regions of halos. *Annals of Physics*, 350, 561-567. <https://arxiv.org/pdf/1501.00490.pdf>
- Santos Rego, M. A. (2000). El pensamiento complejo y la pedagogía. Bases para una teoría holística de la educación. *Estudios pedagógicos* (Valdivia), 133-148. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07052000000100011&script=sci_arttext&tlng=p
- Sarriugarte Gómez, I. (2016). La Section d'Or y Juan Gris: Un camino hacia un Cubismo espiritual. *De Arte. Revista de Historia del Arte*, 238-251.

- <http://revpubli.unileon.es/index.php/dearte/article/download/3187/3663>
- Sarriugarte Gómez, I. (2019). El entrelazamiento cuántico: Una nueva fuente de creación artística. *Arbor* 195 (794), 534.
<http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/viewFile/2348/3443>
- Savic, I., & Lindström, P. (2008). PET and MRI show differences in cerebral asymmetry and functional connectivity between homo- and heterosexual subjects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(27), 9403-9408.
<https://www.pnas.org/content/pnas/105/27/9403.full.pdf>
- Sawyer, R. F. (2020). Quantum Break in High Intensity Gravitational Wave Interactions. *Physical Review Letters*, 124(10), 101301.
<https://link.aps.org/pdf/10.1103/PhysRevLett.124.101301>
- Schempp, W. (2003). Replication and transcription processes in the molecular biology of gene expressions: Control paradigms of the DNA quantum holographic information channel in nanobiotechnology. *Biosystems*, 68(2-3), 119-145.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303264702000916>
- Schmidhuber, J. (1998). Facial beauty and fractal geometry. *IDSIA*.
<http://cogprints.org/690/1/newlocoface.html>
- Selvam, A. M. (1999). Cantorian fractal space-time fluctuations in turbulent fluid flows and the kinetic theory of gases.
ArXiv preprint physics/9912035. <https://arxiv.org/html/physics/9912035>
- Servant, G., & Tulin, S. (2013). Baryogenesis and dark matter through a Higgs asymmetry. *Physical Review Letters*, 111(15), 151601. <https://arxiv.org/pdf/1304.3464>
- Shao, A. G., & Zhu Y. X. (2005). Modern explanation on doctrine of the golden mean [Japanese]. *Journal of Suzhou Vocational University*, 1.
http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotol-SZSZ200501002.htm
- Shayeghi, A., Rieser, Ph., Richter, G., Sezer, U., Rodewald, J. H., Geyer, Ph., Martinez, T. J., & Arndt, M. (2020). Matter-wave interference of a native polypeptide. *Nature Communications*, 11(1), 1-8. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-15280-2>
- Shechtman, D. (2013). Quasi-periodic crystals-the long road from discovery to acceptance. *Rambam Maimonides medical journal*, 4(1). R
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3678913/>
- Singh, P., Ashtekar, A., & Olmedo, J. (2018). Quantum transfiguration of Kruskal black

- holes. *Physical review letters*, 121(24), 241301. <https://arxiv.org/pdf/1806.00648>
- Slocombe, L., Sacchi, M., & Al-Khalili, J. (2021). Quantum and classical effects in DNA point mutations: Watson-Crick tautomerism in AT and GC base pairs. *Physical Chemistry Chemical Physics*.
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2021/cp/d0cp05781a>
- Smolyaninov, I. I. (2002). Fractal extra dimension in Kaluza-Klein theory. *Physical Review D*, 65(4), 047503. <https://arxiv.org/pdf/hep-th/0111115>
- Soler Gil, F. J. (2018). Las ideas estéticas de los físicos. *Philosophia*, 78(2), 63-90.
<http://revistas.uncuyo.edu.ar/ojs/index.php/philosophia/article/download/1832/1325>
- Sonner, J. (2013). Holographic Schwinger effect and the geometry of entanglement. *Physical review letters*, 111(21), 211603. <https://arxiv.org/pdf/1307.6850>
- Sperry, R. W., Gazzaniga, M. S., & Bogen J. E. (1969). Interhemispheric relationships: The neocortical commissures; syndromes of hemisphere disconnection. *Handbook of Clinical Neurology*, (4), 273-290.
<http://people.uncw.edu/puente/sperry/sperrypapers/60s/144-1969.pdf>
- Stakhov, A. P. (2005). The Generalized Principle of the Golden Section and its applications in mathematics, science, and engineering. *Chaos, Solitons & Fractals*, 26(2), 263-289.
<http://www.student oulu.fi/~taneliha/Phi6/1/The%20Generalized%20Principle%20of%20the%20Golden%20Section%20and%20its%20applications%20in%20mathematics,%20science,%20and%20engineering.pdf>
- Stakhov, A. P. (2006). Fundamentals of a new kind of Mathematics based on the Golden Section. *Chaos, Solitons & Fractals*, 27(5), 1124-1146.
<http://www.student oulu.fi/~taneliha/Phi6/1/Fundamentals%20of%20a%20new%20kind%20of%20mathematics%20based%20on%20the%20Golden%20Section.pdf>
- Stakhov, A. P. (2009). Dirac's Principle of Mathematical Beauty, Mathematics of Harmony and "Golden" Scientific Revolution. *Visual Mathematics*, 11(1).
<http://www.mi.sanu.ac.rs/vismath/stakhov2009/mathharm.pdf>
- Steiner, F. (2016). Do Black Holes Exist in a Finite Universe Having the Topology of a Flat 3-Torus? *ArXiv preprint arXiv:1608.03133*. <https://arxiv.org/pdf/1608.03133>
- Susskind, L. (1995). The world as a hologram. *Journal of Mathematical Physics*, 36(11), 6377-6396.
<https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.531249>

- Svensmark, H. (2012). Evidence of nearby supernovae affecting life on Earth. *Monthly notices of the royal astronomical society*, 423(2), 1234-1253.
<https://academic.oup.com/mnras/article/423/2/1234/961320>
- Svensmark, H. (2022). Supernova rates and burial of organic matter. *Geophysical Research Letters*, 49 (1). <https://doi.org/10.1029/2021GL096376>
- Swanson, C. (2008). The torsion field and the aura. *Subtle Energies & Energy Medicine Journal Archives*, 19(3).
<http://journals.sfu.ca/seemj/index.php/seemj/article/download/425/386>
- Swarup, A. (2008). Finding the door to a parallel universe.
New Scientist, January, 31. http://www.academia.edu/download/50559416/S0262-4079_2808_2960262-620161126-32193-1qb5tz5.pdf
- Taleb, N. N. (2007). The black swan: The impact of the highly improbable. *Random house*.
<http://bestanswer.info/wp-content/uploads/2019/02/Black-Swan-Summary-Nassim-Taleb-Economist.pdf>
- Taylor, R. P. (2006). Reduction of physiological stress using fractal art and architecture. *Leonardo*, 39(3), 245-251.
<https://blogs.uoregon.edu/richardtaylor/files/2015/12/Responseleonardo-15izyt2.pdf>
- Taylor, R. P., Micolich, A. P., & Jonas, D. (1999). Fractal analysis of Pollock's drip paintings. *Nature*, 399(6735), 422-422.
<https://www.nature.com/articles/20833.pdf?origin=ppub>
- Taylor, R. P., & Spehar, B. (2016). Fractal fluency: an intimate relationship between the brain and processing of fractal stimuli. *The fractal geometry of the brain*, 485-496.
<https://blogs.uoregon.edu/richardtaylor/files/2016/02/Fractal-Fluency-Chapter-1mjdxj5.pdf>
- Tegmark, M. (2009). The Multiverse Hierarchy. *ArXiv preprint arXiv:0905.1283*.
<https://arxiv.org/pdf/0905.1283>
- Thom, R. (1977). What is catastrophe theory about? *Synergetics*, 26-32.
<https://www.nature.com/articles/270658a0.pdf?origin=ppub>
- Tiller, W. A. (1999). Towards a predictive model of subtle domain connections to the physical domain aspect of reality: The origins of wave-particle duality, electric-magnetic monopoles and the mirror principle. *Journal of Scientific Exploration*, 13(1), 41-67.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.681.8441&rep=rep1&type=pdf>

- Tomasini, C. (s.f.). El simbolismo de la luz en el Arte Medieval. *Academia*.
https://www.academia.edu/download/37906450/Simbolismo_de_la_luz_academia.edu.pdf
- Tononi, G., & Edelman, G. M. (1998). Consciousness and complexity. *Science*, 282(5395), 1846-1851.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.344.1832&rep=rep1&type=pdf>
- Torres Carceller, A. (2015). Forma y Color: La Grisalla en la Pintura; Aproximación a un Procedimiento Inadvertido. Universidad de Barcelona. *Barcelona Research Art Creation*, 3(2), 179-200. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5097538>
- Tripathy, J., Fuss, F., Kulish, V., & Yang, S. (2006). Influence of Colour Hue on Fractal EEG Dimensions. *International Conference on Biomedical and Pharmaceutical Engineering, 2006*, 186-187.
https://www.researchgate.net/profile/Franz_Fuss/publication/224698085_Influence_of_Colour_Hue_on_Fractal_EEG_Dimensions/links/575b53fc08aec91374a62554/Influence-of-Colour-Hue-on-Fractal-EEG-Dimensions.pdf
- Tsvetkov, V. D. (1997). Heart, the Golden Section and symmetry. Pushcino: RAS.
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Tsvetkov.+Heart%2C+the+Golden+Section+and+symmetry&btnG=#d=gs_qabs&u=%23p%3DLK9XMmjcZbMJ
- Ursini, F., Maiorino, M., & Forman, H. J. (2016). Redox homeostasis: The Golden Mean of healthy living. *Redox biology*, 8, 205-215.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213231716300106>
- Vachon-Presseau, E., Berger, S. E., Abdullah, T. B., Huang, L., Cecchi, G. A. Griffith, J. W., Schnitzer, T. J., & Apkarian, A. V. (2018). Brain and psychological determinants of placebo pill response in chronic pain patients. *Nature communications*, 9(1), 1-15. <https://www.nature.com/articles/s41467-018-05859-1>
- Van den Berg, A., Joye, Y., & Koole, S. (2016). Why viewing nature is more fascinating and restorative than viewing buildings: A closer look at perceived complexity. *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, 397-401.
https://www.researchgate.net/profile/Sander_Koole/publication/309427938_Why_Viewing_Nature_is_More_Fascinating_and_Restorative_Than_Viewing_Buildings_A

[Closer Look at Perceived Complexity/links/5b48f202aca272c6093f6ac0/Why-Viewing-Nature-is-More-Fascinating-and-Restorative-Than-Viewing-Buildings-A-Closer-Look-at-Perceived-Complexity.pdf](#)

- Van Raamsdonk, M. (2010). Building up spacetime with quantum entanglement. *General Relativity and Gravitation*, 42(10), 2323-2329. <https://arxiv.org/pdf/2008.01540>
- Vanchurin, V. (2020). The world as a neural network. *ArXiv*.
<https://arxiv.org/pdf/2008.01540>
- Varela, F. G., Maturana, H. R., & Uribe, R. (1974). Autopoiesis: The organization of living systems, its characterization and a model. *Biosystems*, 5(4), 187-196.
https://www.univie.ac.at/aoc/asc/Periodica/X_2_3_1981.pdf#page=9
- Vattay, G., Kauffman, S., Niiran, S. (2014). Quantum biology on the edge of quantum chaos. *PloS one*, 9(3), e89017.
[https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Kauffman%2C+Niiranen+y+Vattay&btnG=#:~:text=Quantum%20biology%20on,3\)%2C%20e89017%2C%202014](https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Kauffman%2C+Niiranen+y+Vattay&btnG=#:~:text=Quantum%20biology%20on,3)%2C%20e89017%2C%202014)
- Vazza, F., & Feletti, A. (2020). The quantitative comparison between the neuronal network and the cosmic web. *Frontiers in Physics*, 8, 491.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2020.525731/full>
- Verlinde, E. P. (2017). Emergent Gravity and the Dark Universe. *SciPost Phys.*, 2, 016.
<https://www.scipost.org/submission/1611.02269v2/>
- Verresen, R., Moessner, R., & Pollmann, F. (2019). Avoided quasiparticle decay from strong quantum interactions. *Nature Physics*, 15(8), 750-753.
<https://www.nature.com/articles/s41567-019-0535-3>
- Vessel, E. A., Starr, G. G., & Rubin, N. (2012). The brain on art: Intense aesthetic experience activates the default mode network. *Frontiers in human neuroscience*, 6, 66.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2012.00066/full>
- Villata, M. (2009). Matter and antimatter: The two arrows of time. *ArXiv preprint arXiv:0911.2106*. <https://arxiv.org/pdf/0911.2106>
- Vitiello, G. (2015). The aesthetic experience as a characteristic feature of brain dynamics. *Aisthesis. Pratiche, linguaggi e saperi dell'estetico*, 8(1), 71-89.
<https://oajournals.fupress.net/index.php/aisthesis/article/download/859/857>
- Wang, B., Abdalla, E., Atrio-Barandela, F., & Pavon, D. (2016). Dark matter and dark energy interactions: theoretical challenges, cosmological implications and observa-

- tional signatures. *Reports on Progress in Physics*, 79(9), 096901.
<https://arxiv.org/pdf/1603.08299>
- Wang, P., Libeskind, N. I., Tempel, E., Kang, X., & Guo, Q. (2021). Possible observational evidence for cosmic filament spin. *Nature Astronomy*.
<https://www.nature.com/articles/s41550-021-01380-6>
- Wang, Q. Zhu, Z., & Unruh, W. G. (2017). How the huge energy of quantum vacuum gravitates to drive the slow accelerating expansion of the Universe. *Physical Review D*, 95(10), 103504. <https://arxiv.org/pdf/1703.00543>
- Wang, Q., & Unruh, W. G. (2020). Vacuum fluctuation, microcyclic universes, and the cosmological constant problem. *Physical Review D*, 102(2), 023537.
<https://arxiv.org/pdf/1904.08599>
- Wang, Z., Wang, N., Li, Z., Xiao, F., & Dai, J. (2016). Human high intelligence is involved in spectral redshift of biophotonic activities in the brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(31), 8753-8758.
<https://www.pnas.org/content/113/31/8753>
- Weinberg, B. A., & Galenson, D. W. (2019). Creative careers: The life cycles of Nobel laureates in economics. *De Economist*, 167(3), 221-239.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10645-019-09339-9>
- Weinberger, A. B., Gallagher, N. M., Warren, Z. J., English, G. A., Moghaddam, F. M., & Green, A. E. (2020). Implicit pattern learning predicts individual differences in belief in God in the United States and Afghanistan. *Nature communications*, 11(1), 1-12. <https://www.nature.com/articles/s41467-020-18362-3>
- Weiss, H., & Weiss, V. (2003). The golden mean as clock cycle of brain waves. *Chaos, Solitons & Fractals*, 18(4), 643-652.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.545.6766&rep=rep1&type=pdf>
- West, J. L., Landecker, T. L., Gaensler, B. M., Jaffe, T., & Hill, A. S. (2021). A Unified Model for the Fan Region and the North Polar Spur: A bundle of filaments in the Local Galaxy. *ArXiv preprint arXiv:2109.14720*. <https://arxiv.org/pdf/2109.14720>
- Wise, J. H., Regan, J. A., O'Shea, B. W., Norman, L. M., Downes, T. P., & Xu, H. (2019). Formation of massive black holes in rapidly growing pre-galactic gas clouds. *Nature*, 566(7742), 85-88. <https://arxiv.org/pdf/1901.07563>
- Witelson, S. F., Kigar, D. L., Scamvougeras, A., Kideckel, D. M., Buck, B., Stanchev, P.

- L., Bronskill, M., & Black, S. (2008). Corpus callosum anatomy in right-handed homosexual and heterosexual men. *Archives of Sexual Behavior*, 37(6), 857-863.
<http://www.academia.edu/download/38503961/ArchSexBehav.pdf>
- Xu, L., & Zhong, T. (2011). Golden ratio in quantum mechanics. *Nonlinear Science Letters B: Chaos, Fractal and Synchronization*, (1), 10-11.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.716.1551&rep=rep1&type=pdf>
- Xu, XY., Wang, XM., Chen, DY., Smith C. M., & Jin, XM. (2021). Quantum transport in fractal networks. *Nature Photonics*, 1-8. <https://www.nature.com/articles/s41566-021-00845-4>
- Yalta, K., Ozturk, S., & Yetkin E. (2016). Golden Ratio and the heart: A review of divine aesthetics. *International Journal of Cardiology*, 214, 107-112.
https://www.researchgate.net/profile/Selcuk_Ozturk/publication/299421226_Golden_Ratio_and_the_heart_A_review_of_divine_aesthetics/links/5887aa31a6fdcc6b791ec5b7/Golden-Ratio-and-the-heart-A-review-of-divine-aesthetics.pdf
- Yamagishi, M., & Shimabukuro, A. (2008). Nucleotide Frequencies in Human Genome and Fibonacci Numbers. *Bulletin of mathematical biology*, 70(3), 643-653.
<https://arxiv.org/pdf/q-bio/0611041>
- Yetkin, G., Sivri, N., Yalta, K., & Yetkin, E. (2013). Golden Ratio is beating in our heart. *International journal of cardiology*, 168(5), 4926-4927.
https://www.researchgate.net/profile/Ertan_Yetkin/publication/253332878_Golden_Ratio_is_beating_in_our_heart/links/5a525d18a6fdcc7690026854/Golden-Ratio-is-beating-in-our-heart.pdf
- Yoshikawa, K., Tanaka, S., Yoshida, N., & Saito, S. (2020). Cosmological Vlasov–Poisson Simulations of Structure Formation with Relic Neutrinos: Nonlinear Clustering and the Neutrino Mass. *The Astrophysical Journal*, 904(2), 159.
<https://arxiv.org/pdf/2010.00248>
- Yusofi, E., Khanpour, M., Khanpour, B., Ramzanpour, M. A., & Mohsenzadeh, M. (2022). Surface tension of cosmic voids as a possible source for dark energy. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 511(1), L82-L86.
https://www.researchgate.net/profile/Ebrahim-Yusofi/publication/358196635_Surface_tension_of_cosmic_voids_as_a_possible_source

[for dark energy/links/6233603a1eca6c2c5477b501/Surface-tension-of-cosmic-voids-as-a-possible-source-for-dark-energy.pdf](https://arxiv.org/abs/1708.08887)

Zarkeshian, P., Kumar, S., Tuszynski, J., Barclay, P., & Simon Ch. (2017). Are there optical communication channels in the brain? *ArXiv preprint arXiv:1708.08887*.

<https://arxiv.org/pdf/1708.08887>

Zeh, H. D. (2004). The problem of conscious observation in quantum mechanical description. *Foundations of Physics Letters*, 13(3), 221-233.

<https://link.springer.com/article/10.1023/A:1007895803485>

Zeki, S., & Kawabata, H. (2004). Neural correlates of beauty. *Journal of Neurophysiology*, 91, 1699-1705.

https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jn.00696.2003?url_ver=Z39.88-2003&rft_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rft_dat=cr_pub%3Dpubmed&

Zizzi, P. A. (2000). Emergent consciousness: From the early universe to our mind. *ArXiv preprint gr-qc/0007006*. <https://arxiv.org/pdf/gr-qc/0007006>

Zurek, W. H. (2006). Decoherence and the transition from quantum to classical. *Quantum Decoherence*, 1-31. <https://arxiv.org/pdf/quant-ph/0306072>

Periódicos

Arañó, I. (2015, 4 de noviembre). Explosión holográfica de Dale-Jones. *Periódico de Ibiza y Formentera*. <https://www.periodicodeibiza.es/vips/discreto-encanto/2015/11/04/318616/explosion-holografica-dale-jones-1.html>

Carletti, E. J. (2017, 7 de noviembre). Un tipo de agujero de gusano recién descubierto permite que escape información de agujeros negros. *Noticias Axxón*. <https://axxon.com.ar/noticias/2017/11/un-tipo-de-agujero-de-gusano-recien-descubierto-permite-que-escape-informacion-de-agujeros-negros/>

Heracleous, L. Y Robson, D. (2020, 27 de noviembre). Qué es la “mentalidad de la paradoja” y por qué puede ser clave para lograr el éxito. *BBC News*. <https://www.bbc.com/mundo/vert-fut-54941432>

Herrero, P. (2017, 29 de abril). Dos corazones bailan como uno solo cuando hay amor. *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/blogs/elmundo/yomono/2017/04/29/dos-corazones-bailan-como-uno-solo.html>

Sampedro, J. (2019, 11 de julio). Un mundo, dos visiones. *El País*. https://elpais.com/elpais/2019/07/10/opinion/1562772279_999787.html?outputType

[=amp](#)

Sanchís, I. (2012, 14 de marzo). El corazón tiene cerebro. *La Vanguardia*.

<https://www.lavanguardia.com/lacontra/20120314/54267641495/annie-marquier-corazon-cerebro.html>

Serrano, C. (2021, 25 de enero). El físico que afirma que el tiempo transcurre en dos direcciones (y cómo esta idea cambia la visión del universo). *BBC News*.

<https://www.bbc.com/mundo/noticias-55761301>

Serrano, C. (2021, 23 de noviembre). “No hay una línea clara que divida lo que es ciencia de pseudociencia”, Michael Gordin, profesor de la Universidad de Princeton. *BBC News*. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-59350371>

Stricherz, V. (2013, 3 de diciembre). ‘Spooky action’ builds a wormhole between ‘entangled’ particles. *UWNews*. <https://www.washington.edu/news/2013/12/03/spooky-action-builds-a-wormhole-between-entangled-particles/>

UMU (2022, 12 de abril). Juan José López Ruiz expone Estética Holofractal. *La Verdad*.

<https://www.laverdad.es/murcia/juan-jose-lopez-20220412002031-ntvo.html>

Valero, M. (2009, 24 de febrero). El cerebro de hombres y mujeres percibe la belleza de forma diferente. *El Mundo*.

<https://www.elmundo.es/elmundosalud/2009/02/23/neurociencia/1235412486.html>

Artículos de Revista

Béjar, M. (2007, 23 de febrero). Penrose sienta las bases de una biofísica cuántica de la mente. *Tendencias21*. https://www.tendencias21.es/Penrose-sienta-las-bases-de-una-biofisica-cuantica-de-la-mente_a1406.html

Béjar, M. (2014). El fondo holístico que permea todo el universo hace nacer la realidad física. *Tendencias21*. https://tendencias21.levante-emv.com/el-fondo-holistico-que-permea-todo-el-universo-hace-nacer-la-realidad-fisica_a38864.html/amp

Cabrera, J. C. (2012, 2 de febrero). El conocimiento de la creatividad evoluciona en conciencia y complejidad. *Tendencias21*. https://tendencias21.levante-emv.com/el-conocimiento-de-la-creatividad-evolucion-a-en-conciencia-y-complejidad_a9562.html

Davies, P. (2015, 12 de octubre). A beautiful number: The golden ratio. *Cosmos*.

<https://cosmosmagazine.com/mathematics/beautiful-number-golden-ratio>

Martínez de la Fe, E. (2023, 7 de enero). Los científicos se abren a una nueva mentalidad

para la comprensión del universo. *Tendencias21*.

<https://www.elperiodico.com/es/tendencias-21/20230102/cientificos-nueva-mentalidad-comprension-universo-80602134>

Martínez Gallardo, A. (2015, 22 de noviembre). ¿Qué es el tiempo-espacio? Nueva teoría parece responder la gran pregunta de la física y la filosofía. *Pijamasurf*.

<https://pijamasurf.com/2015/11/que-es-el-tiempo-espacio-nueva-teoria-parece-responder-la-gran-pregunta-de-la-fisica-y-la-filosofia/>

Martínez, Y. (2008). La diversidad religiosa es fruto de la variedad de la experiencia humana. *Tendencias21*. https://www.google.com/amp/s/tendencias21.levante-emv.com/la-diversidad-religiosa-es-fruto-de-la-variedad-de-la-experiencia-humana_a2018.html/amp

Martínez, Y. (2012, 14 de mayo). Nuestro universo es solo información cuántica, según Vlatko Vedral. *Tendencias21*. https://www.tendencias21.net/Nuestro-universo-es-solo-informacion-cuantica-segun-Vlatko-Vedral_a11593.html

Monserrat, J. (2011, 3 de mayo). Roger Penrose propone la existencia de multiversos cíclicos. *Tendencias21*. https://www.tendencias21.net/Roger-Penrose-propone-la-existencia-de-multiversos-ciclicos_a6390.html

Moriello, S. (2009). El proceso creador está situado en el borde del caos. *Tendencias21*. https://tendencias21.levante-emv.com/el-proceso-creador-esta-situado-en-el-borde-del-caos_a3710.html

Moriello, S. (2009). El proceso creador está situado en el borde del caos. *Tendencias21*. https://tendencias21.levante-emv.com/el-proceso-creador-esta-situado-en-el-borde-del-caos_a3710.html

Moriello, S. (2009). El proceso creador está situado en el borde del caos. *Tendencias21*.

https://tendencias21.levante-emv.com/el-proceso-creador-esta-situado-en-el-borde-del-caos_a3710.html

Romero, S. (2020). Las teorías más extrañas del universo. *Muy interesante*.

<https://www.muyinteresante.es/ciencia/fotos/las-teorias-mas-extranas-del-universo-281586783009>

Taylor, R. (2017). Fractal patterns in nature and art are aesthetically pleasing and stress-reducing. *Smithsonian Magazine*.

<https://www.smithsonianmag.com/innovation/fractal-patterns-nature-and-art-are-aesthetically-pleasing-and-stress-reducing-180962738/>

Wolchover, N. (2020, 2 de julio). The hidden magnetic universe begins to come into view.

Quantamagazine. <https://www.quantamagazine.org/the-hidden-magnetic-universe-begins-to-come-into-view-20200702/>

Yong, E. (2009, 12 de octubre). What is the difference between the human genome and a pair of headphones? *National Geographic*.

<https://www.nationalgeographic.com/science/phenomena/2009/10/12/what-is-the->

[difference-between-the-human-genome-and-a-pair-of-headphones/](#)

Tesis y Trabajos de Grado

Casans Arteaga, A. (2001). *Aspectos estéticos de la divina proporción* [Tesis de doctorado, Universidad Complutense de Madrid]. Archivo digital.

<https://core.ac.uk/reader/19709250>

Chacón Ortiz, F. (2015). *La dimensión espiritual del ser humano como elemento del modelo de psicoterapia integrativa focalizada en la personalidad* [Tesis de doctorado, Universidad de Azuay]. Archivo digital.

<http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/5602>

García Muriel, J. M. (2014). *Fractales* [Tesina de pregrado, Facultad de Bellas Artes y Psicología del Arte]. Archivo digital.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://jorgmblog.files.wordpress.com/2016/01/fractales.pdf&ved=2ahUKEwippa_8mfD9AhUp9rsIHeqhBKQQFnoECBAQAQ&usg=AOvVaw3JbsrzXwHJLSyqQX9vPbQk

Gómez del Villar Cerón, A. (2014). *La proporción áurea, en la escultura clásica, aplicada tridimensionalmente* [Tesina de pregrado, Facultad de Artes y Diseño de la Universidad de México]. Archivo digital. <https://repositorio.unam.mx/>

Graboleda, F. (2007). *Cuerpo simbólico en Paul Klee* [Tesis de doctorado, Universidad Carlos III de Madrid]. Archivo digital. <https://core.ac.uk/reader/29399246>

Grillo, A. C. (2005). *La arquitectura y la naturaleza compleja: Arquitectura, ciencia y mimesis a finales del siglo XX* [Tesis de doctorado, Universitat Politècnica de Catalunya]. Archivo digital.

<https://www.tdx.cat/handle/10803/6087;jsessionid=826FC1075DB0F5D679B03CF52BE03E65>

Lacasta Codorniu, M. (2010). *Geometría y complejidad: La irrupción de un paradigma entre 1960 y 1973* [Tesis de doctorado, Universitat Internacional de Catalunya. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura]. Archivo digital.

https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/77786/Tesi_Miquel_Lacasta_Codorniu.pdf?sequence=2.txt

Martínez Pérez, J. A. (2013). *El paradigma holográfico de Bohm y su relación con fractales autoadjuntos* [Tesis de doctorado, Universidad Tecnológica de la Mixteca]. Ar-

chivo digital. http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/12100.pdf

Puente Vigiola, I. (2014). *Complejidad y psicología transpersonal: Caos, autoorganización y experiencias cumbre en psicoterapia* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. Archivo digital. <http://ddd.uab.cat/record/127582>

Quintero Restrepo, E. R., Arias Villa, A. y Sandoval Vidal, J. F. (2013). *Relación entre la proporcionalidad cerebral triádica y el rendimiento académico de los estudiantes* [Tesis de maestría, Institución Universitaria de Envigado en Colombia]. Archivo digital.

<https://pdfs.semanticscholar.org/9296/be400bfeafceceb8f70b4cae4c34acf42fe.pdf>

Páginas Web

Alan Guth (2020). *Encyclopaedia Britannica*. New York, EU: Encyclopaedia Britannica Inc. <https://www.britannica.com/facts/Alan-Guth>

Alonso, J. R. (2011). *El sexo del cerebro*. Neurociencia.

<https://jralonso.es/2011/01/11/historias-de-la-neurociencia-el-sexo-del-cerebro/>

Alonso, O. y Moreno, A. (2011, 20 de octubre). *Proporción Áurea, serie de Fibonacci, fractales y redes neuronales*. Ibermática. <http://rtdibermatica.com/?p=428>

Álvarez Ponce de León, A. (2007). *Qué es Arquitectura Biológica?*. Arqka.

<https://arqka.com/articulos.html>

Analogía (2016). En *Diccionario Interdisciplinar Austral (DIA)*.

<http://dia.austral.edu.ar/Analog%C3%ADa>

Arquitectura Cuántica (s.f.). En *Wikipedia*

https://es.wikipedia.org/wiki/Arquitectura_cu%C3%A1ntica

Biennial, K. (2013, 4 de noviembre). *Phishot* [Aplicación móvil para Android].

<https://play.google.com/store/apps/details?id=eu.unisolutions.phishot>

Boigandreau [Nombre de usuario] (2008). *Grupo de Estética Cuántica*. Pipas de Coco.

<https://pipasdecoco.wordpress.com/2008/04/21/grupo-de-estetica-cuantica/amp/>

Bonilla, I. (2015). *Arquiquibits (arquitectura+quantum+bits)*. IBOenWEB.

http://www.iboenweb.com/ibo/docs/Arquiquibits_arq_cuantica_Art.html

Carolus [Nombre de usuario] (2015, 30 de marzo). *¿Cómo piensan los genios creativos? El arte de la estrategia*. <https://elartedelaestrategia.blogspot.com/2015/03/como-piensen-los-genios-creativos.html?m=1>

- DeGraff, J. T. (2019, 13 de febrero). *The 5 levels of Mastering Creativity*. Psychology Today. <https://www.psychologytoday.com/us/blog/innovation-you/201902/the-5-levels-mastering-creativity>
- Díez Faixat, J. (2019, 14 de mayo). *Evolución no-dual*. No-dualidad.info. <https://www.nodualidad.info/articulos/evolucion-no-dual.html>
- EFE [Nombre de usuario] (2016, 10 de abril). *Especialista en neuroestética: La belleza “enciende” el cerebro humano, y las buenas acciones también*. The Clinic. <https://www.theclinic.cl/2016/04/10/la-belleza-enciende-el-cerebro-humano-y-las-buenas-acciones-tambien/>
- Elba Coppa, C. (2016, 3 de julio). *Una reflexión estética acerca de la creación poética*. Poetas&escritores. <http://poetasyescritoresmiami.com/una-reflexion-estetica-acerca-de-la-creacion-poetica/>
- Estética Holofractal (2022). *Sala de Exposiciones del Centro Social de la Universidad de Murcia*. Arteinformado. <https://www.arteinformado.com/agenda/f/estetica-holofractal-211072>
- García Pardo, I. (2022). *Digitum: Biblioteca Universitaria*. Repositorio Institucional de la Universidad de Murcia. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/122235>
- Hannes Alfvén (2020). *Encyclopaedia Britannica*. New York, EU: Encyclopaedia Britannica Inc. <https://www.britannica.com/biography/Hannes-Alfven>
- Heartmath Institute (2019). <https://www.heartmath.org/>
- Holofrónico (2022, 16 de marzo). *Estética Holofractal* [Modelo 3D]. <https://sketchfab.com/holofratico>
- Hossenfelder, S. (2018, 14 de enero). *La teoría de cuerdas y la gravedad cuántica de bucles pueden ser dos caras de la misma moneda: Unificación de la Física*. Universitam. <https://universitam.com/academicos/noticias/la-teoria-de-cuerdas-y-la-gravedad-cuantica-de-bucles-pueden-ser-dos-caras-de-la-misma-moneda-unificacion-de-la-fisica/>
- Jurado, E. (2013, 4 de agosto). *Rubén Núñez. Holocinetismo: Vida y creación de un visionario venezolano*. Luz y hologramas. <http://m.arte-y-ciencia.webnode.es/news/ruben-nu%C3%B1ez-holocinetismo%3A-vida-y-creacion-de-un-visionario-venezolano-luz-y-hologramas/>
- Katryshev, O. (s.f.). *Trycolors* [Programa online]. <https://trycolors.com/>
- Kaufmann, A. (2012, 6 de julio). *Un universo basado en ondas*. Vibraciones del éter.

https://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_fisica76.htm

Kaufmann, A. (2014, 25 de abril). *Dinámica de los Conjuntos Negros*. Biblioteca Pléyades.

https://www.bibliotecapleyades.net/ciencia/ciencia_fractals04.htm

Lanza, R. (2007). *Biocentrism*. <http://www.robertlanzabiocentrism.com/>

López Ruiz, J. J. (2022). Encuesta de la exposición [Formulario de Google].

https://docs.google.com/forms/d/131jU35HTVBaXSRFW_ztRAsMF52xxyHORoIwTV0iyZ58/edit?chromeless=1#responses

Luigi (2018, 5 de diciembre). *El principio hologramático del pensamiento complejo bajo la perspectiva de la geometría fractal de las ciencias de la complejidad*.

<http://educartes.org/wp/2018/12/05/el-principio-hologramico-del-pensamiento-complejo-bajo-la-perspectiva-de-la-geometria-fractal-de-las-ciencias-de-la-complejidad/>

Mandressi, R. (2013). *Atlas, Henri. Complejidad*. La complejidad. Enciclopedia.

<http://www.henciclopedia.org.uy/autores/Mandressi/Atlas.htm>

Meisner, G. (2012, 18 de junio). *Phi and the Solar System*. The Golden Number.

<https://www.goldennumber.net/solar-system/>

Meisner, G. (2023). *PhiMatrix* [Programa de ordenador].

<https://www.phimatrix.com/download/>

Minsky, C. (2019, 24 de octubre). *The Universe Is Made of Tiny Bubbles Containing Mini-Universes, Scientists Say*. Vice.

https://www.vice.com/en_in/article/j5yngp/the-universe-is-made-of-tiny-bubbles-containing-mini-universes-scientists-say

Mitchell, K. (1999). *The Fractal Art Manifesto*. Fractalus.

<https://www.fractalus.com/info/manifesto.htm>

Morin, E. (2012). *La lógica del tercero incluido*.

<http://edgarmorinmultiversidad.org/index.php/blog/42-epistemologia/438-tercero-incluido.html>

Neuer, E. (2000, 2 de julio). *Manifiesto del Fractalismo*. <https://fractalismo.org/>

Ogliore, T. (2019, 17 de junio). *The fractal brain, from a single neuron's perspective*.

Washington University in St. Louis. <https://source.wustl.edu/2019/06/the-fractal-brain-from-a-single-neurons-perspective/>

Pérez Cornejo, M. (2011, 9 de enero). *La teoría unificada del universo de Nassim Haramein*.

Blogeleusis. <http://blogeleusis.blogspot.com/2011/01/la-teoria-unificada-del-universo-de.html?m=1>

- Pintura Dualista (s.f.). En *Wikipedia*. https://es.wikipedia.org/wiki/Pintura_dualista
- Revvo, A. (2023). *Atrise Golden Section*. <http://atrise.com/golden-section/#download>
- Sánchez, S. y Jiménez, M. (2009, 15 de junio). *Las muñecas rusas de Vilenkin*. La Máquina de Von Neumann. <https://vonneumannmachine.wordpress.com/2009/06/15/las-munecas-rusas-de-vilenkin/>
- Scale Relativity (2015). En *Wikipedia*. https://www.academia.edu/12703158/Scale_Relativity_article_update_proposal_for_Wikipedia
- Semprevivo, M. (2003, 16 de enero). *PhiBar* [Programa de ordenador]. <http://goldennumber.net/color.htm>
- Silvera, E. (2016, 14 de enero). *¿Sin la luz? ¿Sería otra clase de Universo!* Blog de Emilio Silvera V. <http://www.emiliosilveravazquez.com/blog/2016/01/14/%C2%BFsin-la-luz-%C2%A1seria-otra-clase-de-universo/>
- Soft Brew Mobile (2011, 29 de noviembre). *Sensor de Cámara* [Aplicación móvil para Android]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=eu.unisolutions.phishot>
- Solsona, G. M. (2016, 9 de abril). *Hegel: Sistema fractal*. Gonçal Mayos Solsona. <http://goncalmayossolsona.blogspot.com/2016/04/hegel-sistema-fractal.html?m=1>
- Tezanos, P. (2011). *¿Qué significan las ondas gamma cerebrales?* Antroporama. <https://antroporama.net/que-significan-las-ondas-gamma-cerebrales/>
- TOTEM (2015, 17 de junio). *Golden Ratio Calculator* [Programa online]. <https://play.google.com/store/apps/details?id=totemdigital.goldenratiocalculator>
- Troyán, A. (2011, 11 de noviembre). *El modelo fractal-holográfico*. <https://holofractico.com/>
- Vazza, F., & Feletti, A. (2017). *The strange similarity of neuron and galaxy networks*. Nautilus. <http://m.nautil.us/issue/50/emergence/the-strange-similarity-of-neuron-and-galaxy-networks>
- Viñuela, A. (2001, 29 de julio). *Recursividad en literatura*. En memoria de mi amigo Augusto Roa Bastos. <https://erouxacourthes.wordpress.com/2008/04/30/recursividad-en-literatura-alberto-vinuela/>

Videos

- García López, A. (2022, 5 de mayo). *Estética Holográfica*. Contextualización a la obra de

Juan José López Ruiz [Vídeo]. Tv.um.es.

https://tv.um.es/data/om/adjuntos/146343/Antonio_Garcia_Lopez_Estetica_holofractal.Contextualizaci%C3%B3n_a_la_obra_de_Juan_Jose_Lopez_Ruiz.pdf

Gil, D. (2020, 19 de octubre). *Premios FIUM 2020* [Vídeo]. Tv.um.es.

<https://tv.um.es/video?id=142923>

Punset, E. (2007, 3 de abril). *Eduard Punset entrevista a Benoit Mandelbrot* [Vídeo].

Smartplanet. <https://www.youtube.com/watch?v=npOwA6fXevE&feature=share>

Science Channel (2014, 14 de abril). *Through the wormhole* [Vídeo]. Ataraxiah. Rastreando a alma após a vida. <https://youtu.be/pNucpzETvRI>

Stewart-Czerkas, C., & Brooks, C. (2021, 1 de octubre). *String theory – a simple way to understand the universe* [Vídeo]. BBC News.

<https://www.bbc.co.uk/ideas/videos/string-theory---a-simple-way-to-understand-the-uni/p09xhj2b>

Troyán, A. (2022, 31 de marzo). *Estética Holofractal* [Vídeo]. YouTube

<https://youtube.com/watch?v=eARtRZfyqD8&feature=share>

Figuras

Figura 1 *Nubes.*

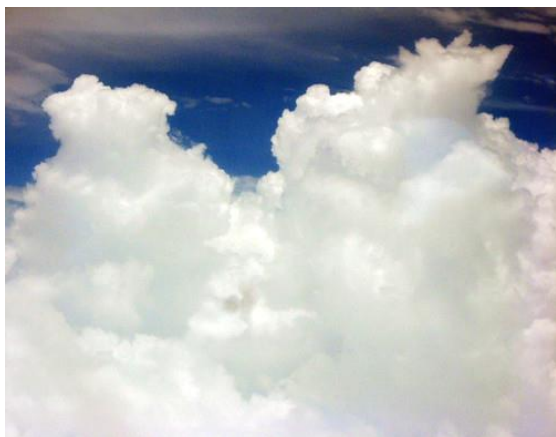


Figura 2 *Montañas.*



Figura 3 *Sección áurea.*

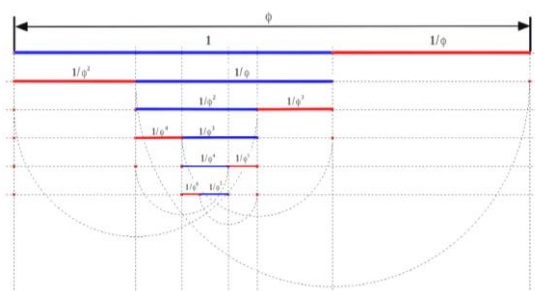


Figura 4 *Cráteres de la Luna.*

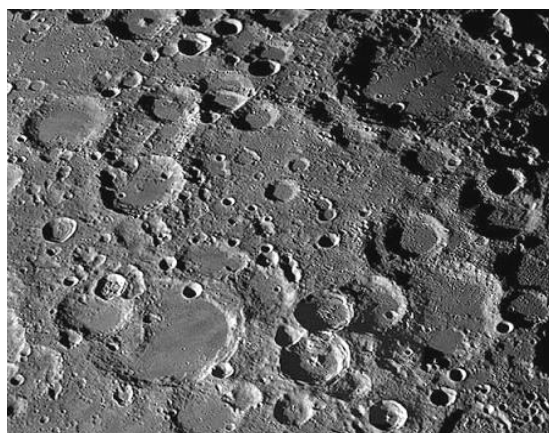


Figura 5 *Copo de nieve.*



Figura 6 *Grietas de un terreno seco.*



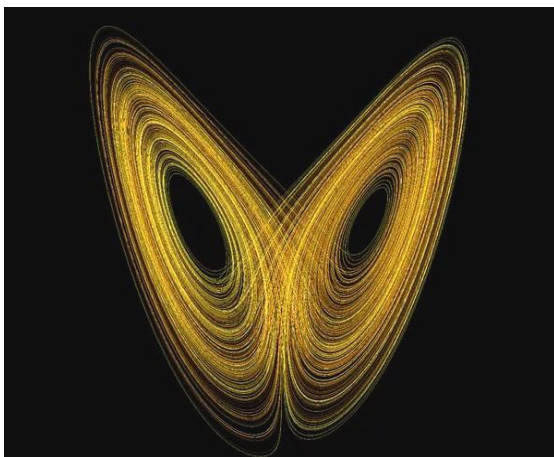
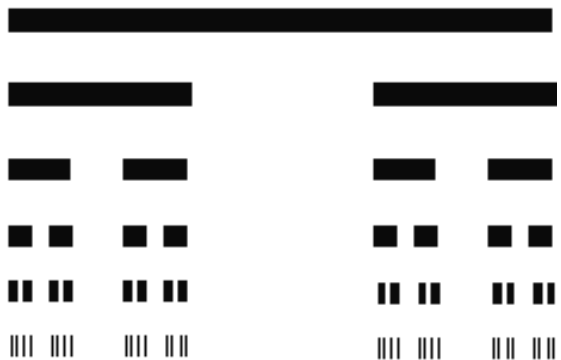
Figura 7 *Caudales fluviales.***Figura 8** *Costas marítimas.***Figura 9** *Ramas de un árbol.***Figura 10** *Hoja de helecho.***Figura 11** *Atractor de Lorenz.***Figura 12** *Conjunto de Cantor.*

Figura 13 Alfombra de Sierpinski.

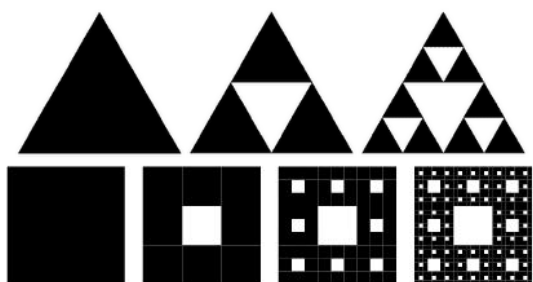


Figura 14 Copo de nieve de Koch.

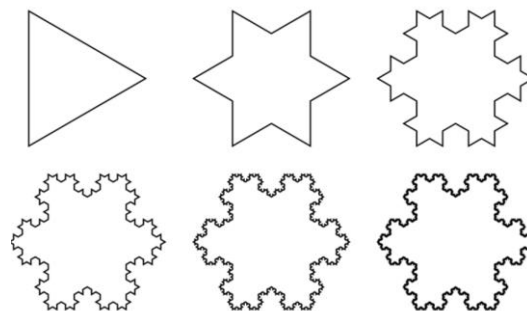


Figura 15 Conjunto de Julia.

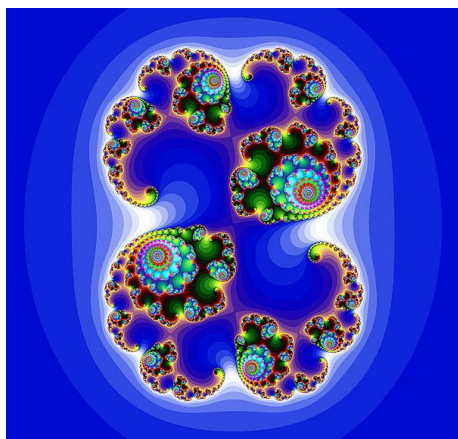


Figura 16 Conjunto de Mandelbrot.

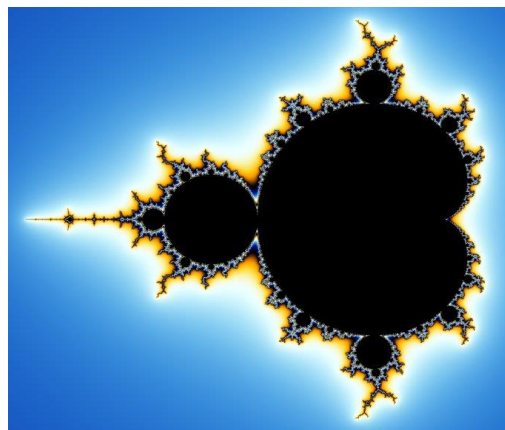


Figura 17 Experimento de doble rendija.

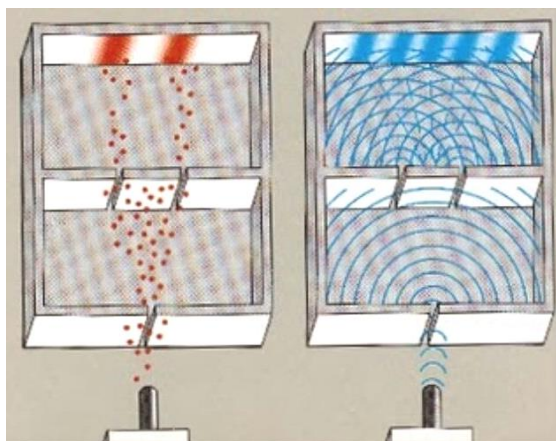


Figura 18 Tiempo lineal y tiempo no lineal.



Figura 19 Geometría toroidal.

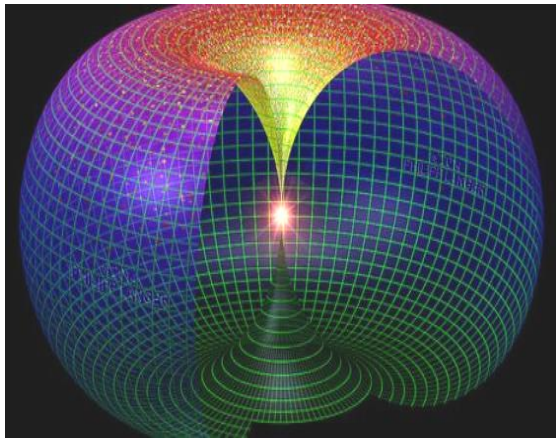


Figura 20 Magnetosfera.

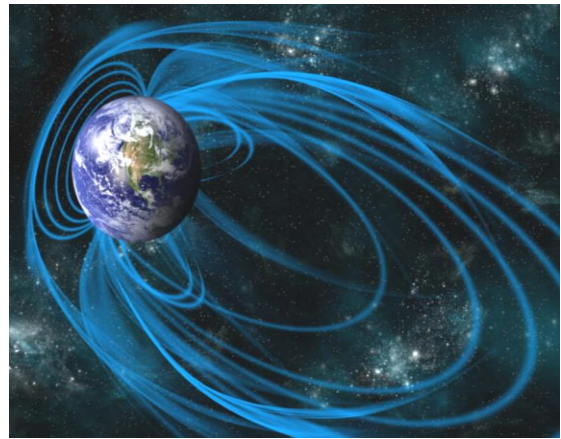


Figura 21 Concha de nautilus.



Figura 22 Proporción áurea.

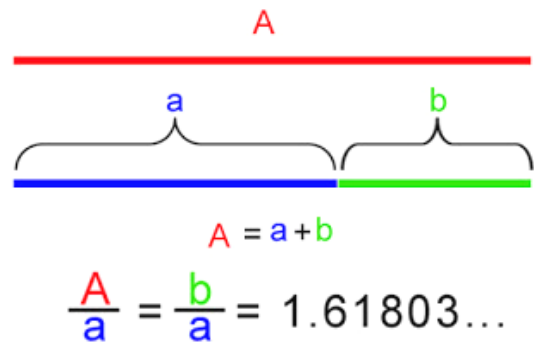


Figura 23 Geometría del espacio-tiempo.

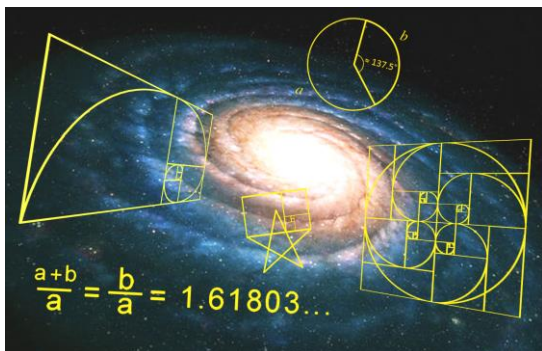


Figura 24 Problema ficticio de Fibonacci.

| | | Pares de conejos |
|--------|--|------------------|
| | | 1 |
| 1 mes | | 1 |
| 2º mes | | 2 |
| 3º mes | | 3 |
| 4º mes | | 5 |
| 5º mes | | 8 |

Figura 25 *Flósculos de un girasol.*



Figura 26 *Cuernos de una cabra.*



Figura 27 *Vórtice de aire.*



Figura 28 *Brazos espirales de una galaxia .*



Figura 29 *Sucesión de Fibonacci.*

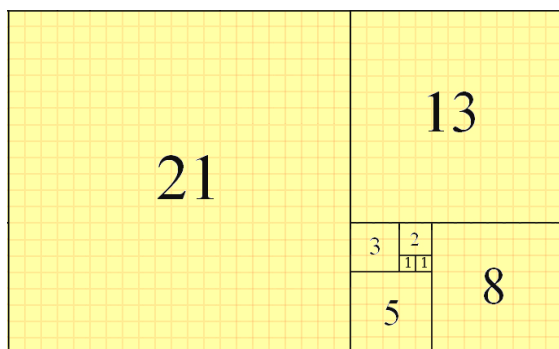


Figura 30 *Espiral de Durero.*

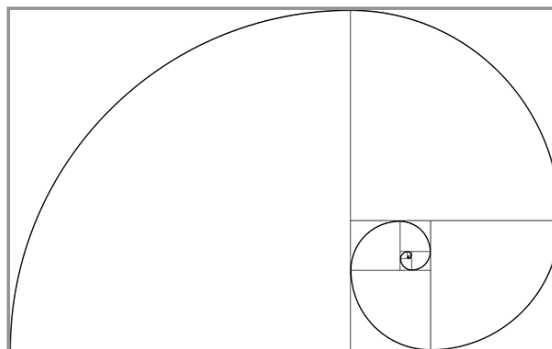


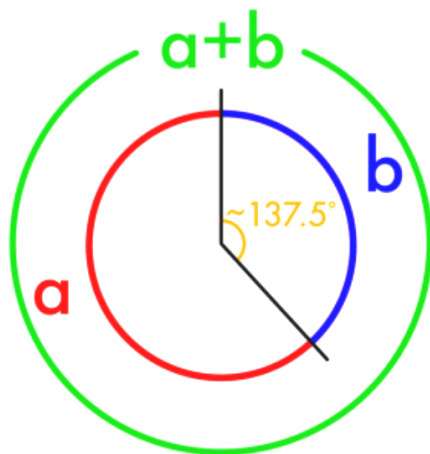
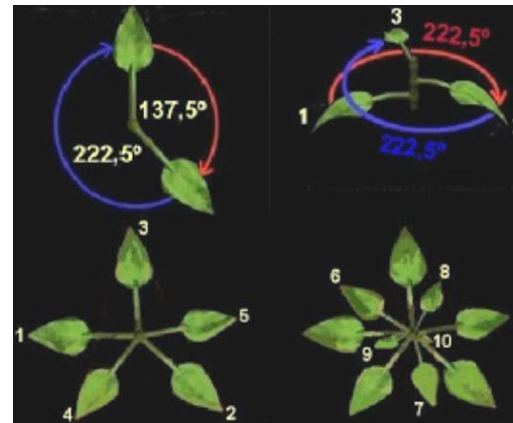
Figura 31 *Ángulo áureo.***Figura 32** *Ángulo áureo en la filotaxis.***Figura 33** *Ángulo áureo en un cactus.***Figura 34** *Ángulo áureo en una piña de pino.***Figura 35** *Pentágono en los pétalos de una flor.***Figura 36** *Pentágono en una estrella de mar.*

Figura 37 Poliedros duales.

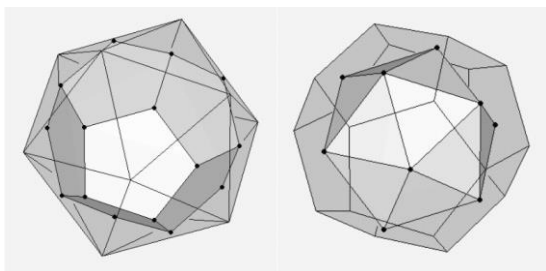


Figura 38 Modelo atómico.

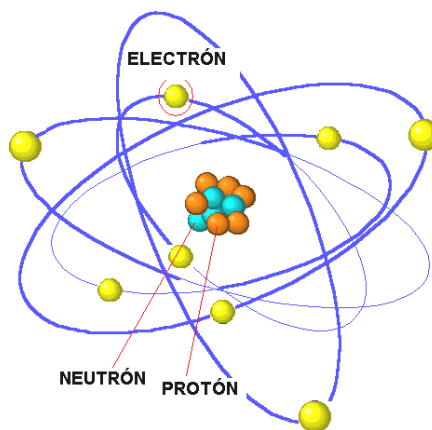


Figura 39 Espuma espaciotemporal.

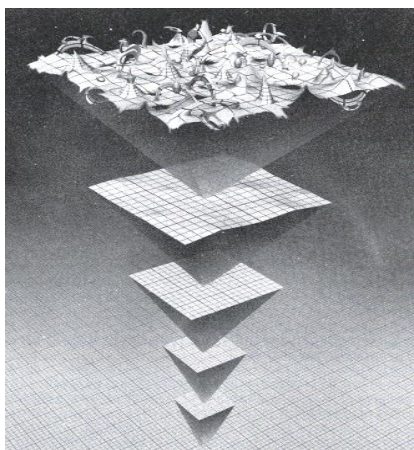


Figura 40 Partículas y antipartículas.

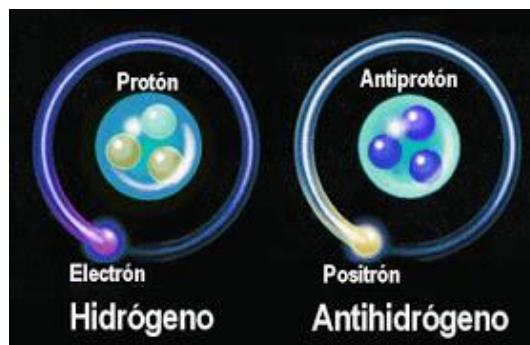


Figura 41 Holografía.

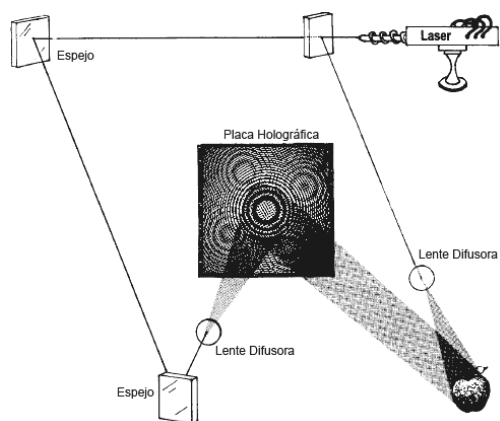


Figura 42 Ejemplo del acuario de Bohm.

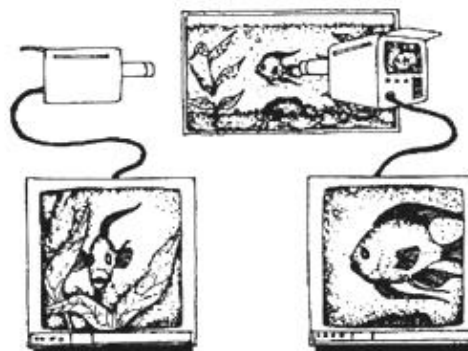


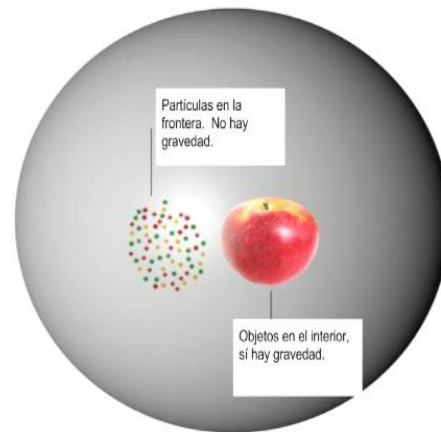
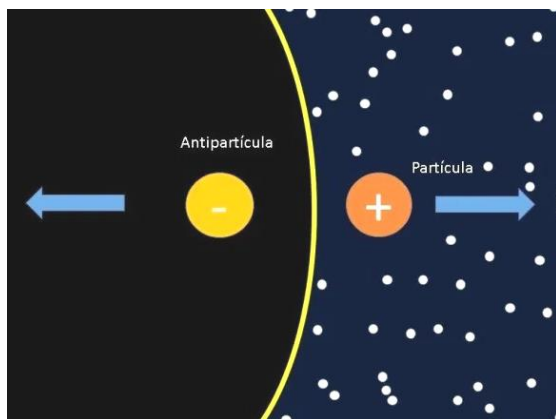
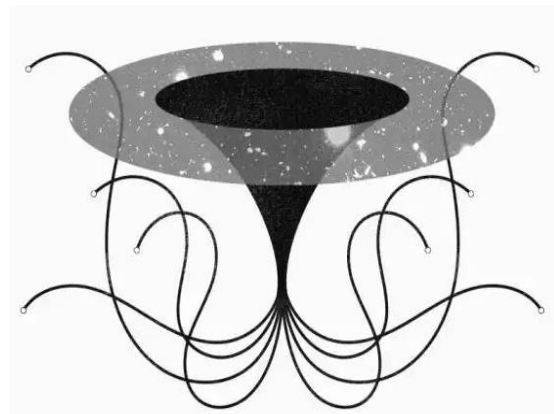
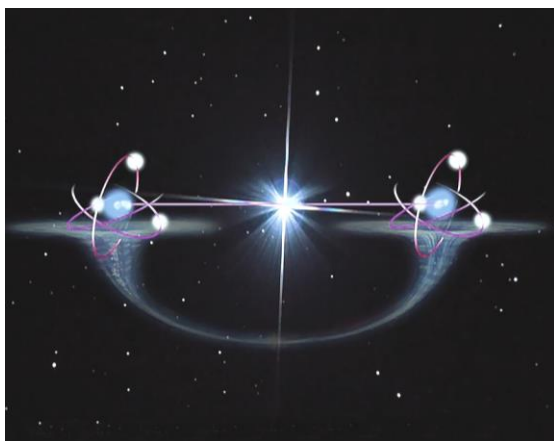
Figura 43 *Agujero negro.***Figura 44** *Principio holográfico.***Figura 45** *Horizonte de sucesos.***Figura 46** *Agujero de gusano "pulpo".***Figura 47** *Entrelazamiento cuántico.***Figura 48** *Materia oscura.*

Figura 49 *Teoría de la relatividad general.*

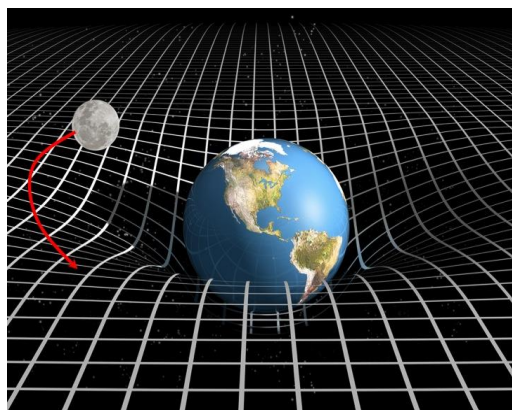


Figura 50 *Big Bang.*

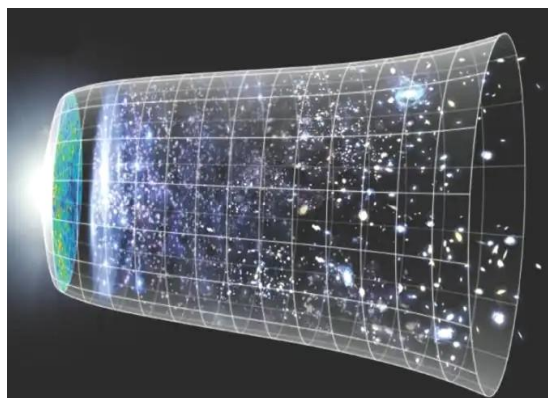


Figura 51 *Multiverso.*

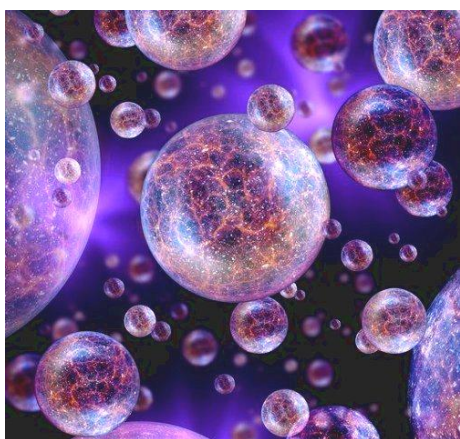


Figura 52 *El gato de Schrödinger.*

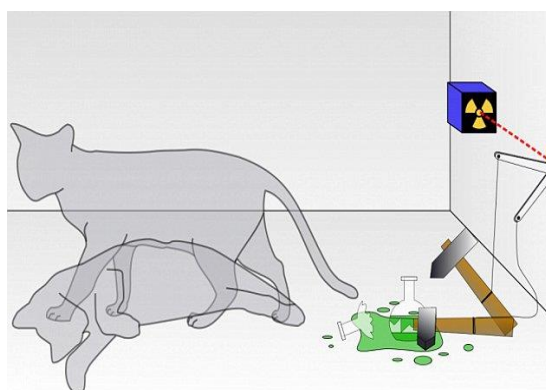


Figura 53 *Metauniverso.*



Figura 54 *Espacio de Calabi-Yau.*

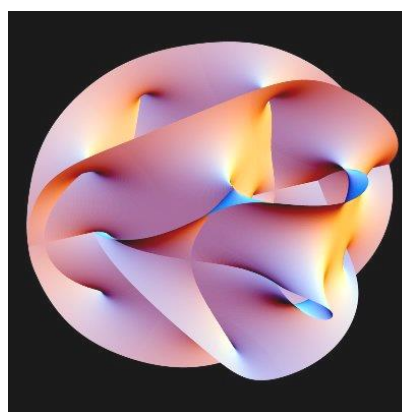


Figura 55 Universos-membrana.

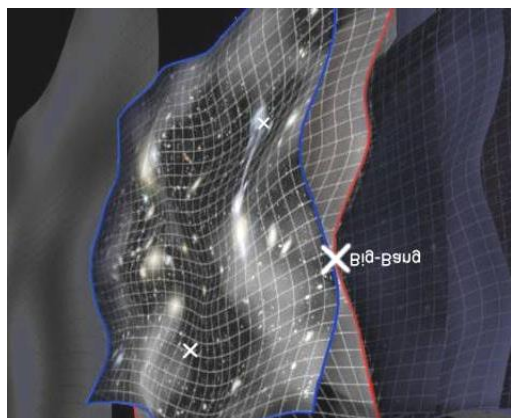


Figura 56 Agujero negro y agujero blanco.



Figura 57 Big Crunch.

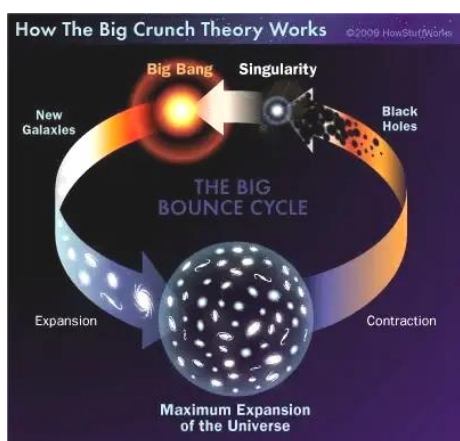


Figura 58 Agujero de gusano.

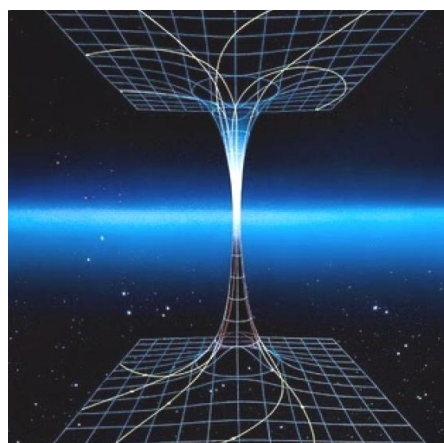


Figura 59 Universo espejo.

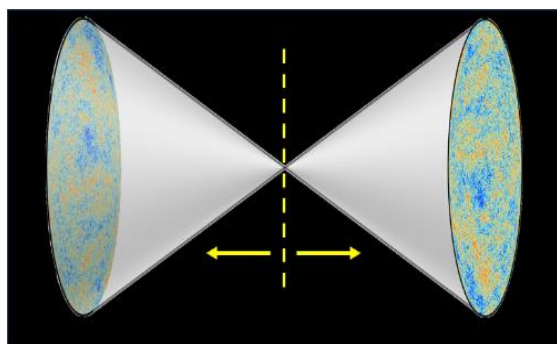


Figura 60 Modelo cíclico.

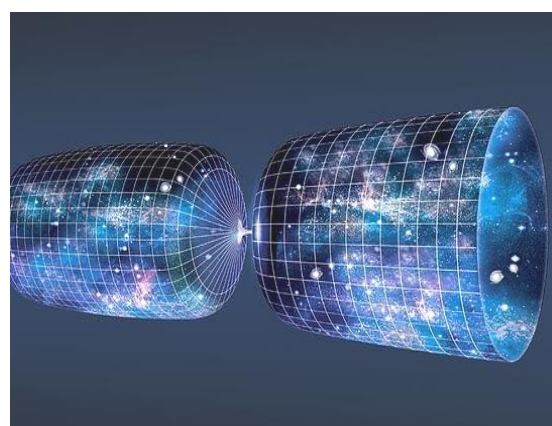


Figura 61 *Flujo toroidal.*

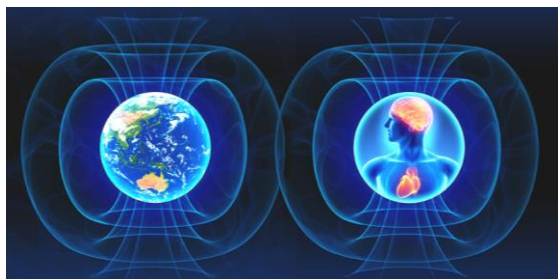


Figura 62 *Energía oscura y materia oscura.*

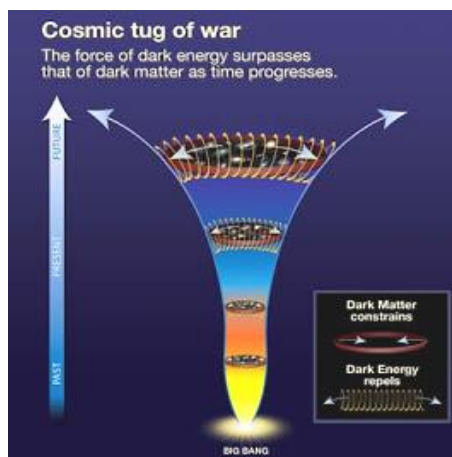


Figura 63 *Radiación de microondas.*

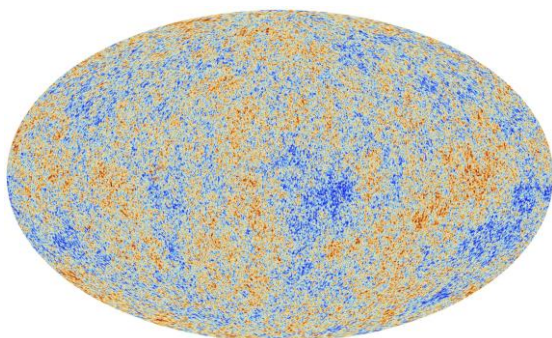


Figura 64 *Red cósmica.*

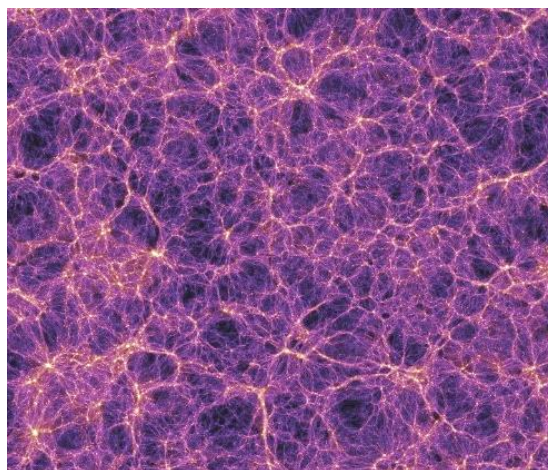


Figura 65 *Medidas de la estructura cósmica.*

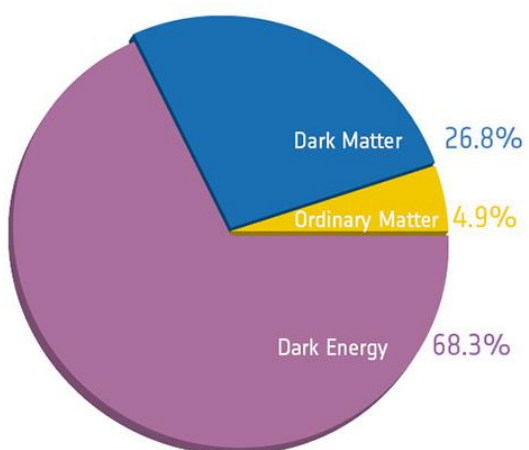


Figura 66 *Ondas gravitacionales.*

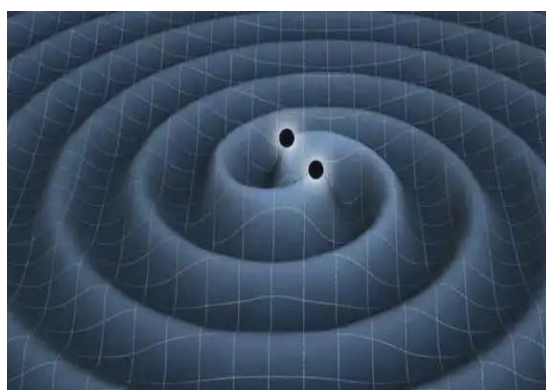


Figura 67 Destino final del universo.

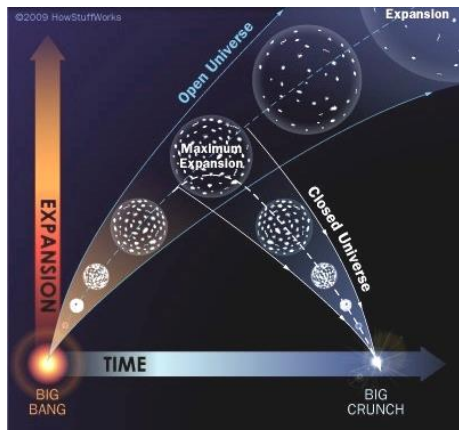


Figura 68 Geometría del universo.

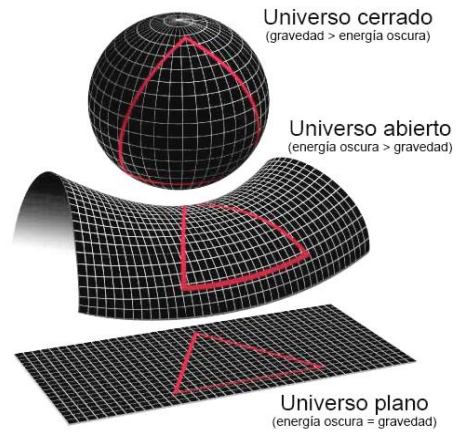


Figura 69 Universo en forma de dodecaedro.

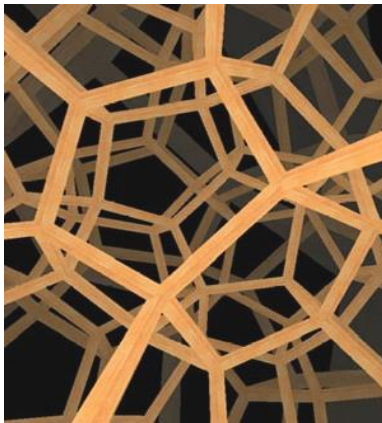


Figura 70 Universo en forma toroidal.

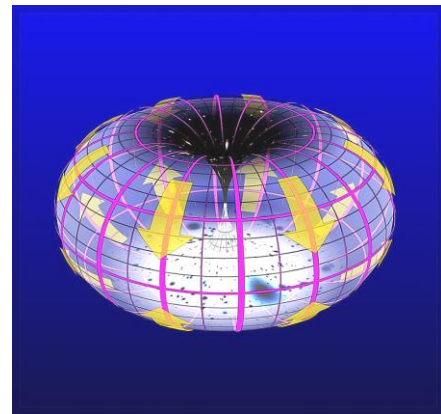


Figura 71 Partículas elementales.

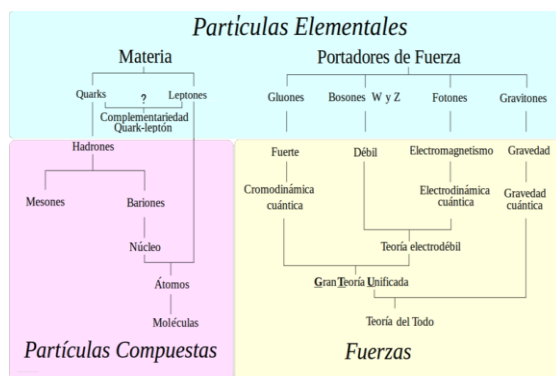


Figura 72 Generaciones de la materia.

Las tres generaciones de la Materia (Fermiones)

| | I | II | III | |
|----------|--|--|--|---|
| masa → | 3 MeV | 1.24 GeV | 172.5 GeV | 0 |
| carga → | $\frac{2}{3}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{2}{3}$ | 0 |
| spin → | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| nombre → | u up | c charm | t top | Y photon |
| | 6 MeV | 95 MeV | 4.2 GeV | 0 |
| | $-\frac{1}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | $-\frac{1}{3}$ | 0 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| Quarks | d down | s strange | b bottom | g gluon |
| | <2 eV | <0.19 MeV | <18.2 MeV | 90.2 GeV |
| | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| | ν_e electron neutrino | ν_μ muon neutrino | ν_τ tau neutrino | Z fuerza débil |
| Leptones | 0.511 MeV | 106 MeV | 1.78 GeV | 80.4 GeV |
| | -1 | -1 | -1 | ± 1 |
| | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 |
| | e electron | μ muon | T tau | W$^\pm$ fuerza débil |
| | | | | Bosons (Fuerzas) |

Figura 73 Quarks.

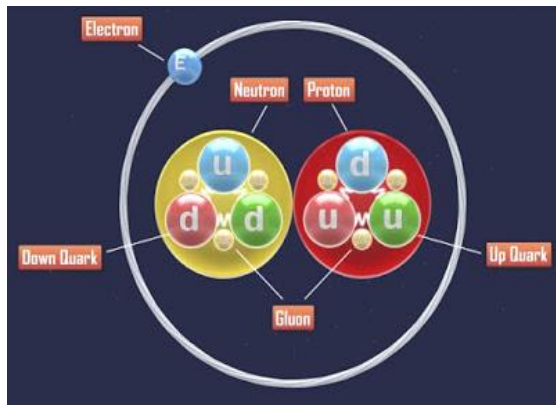


Figura 74 Estructuras filamentosas.

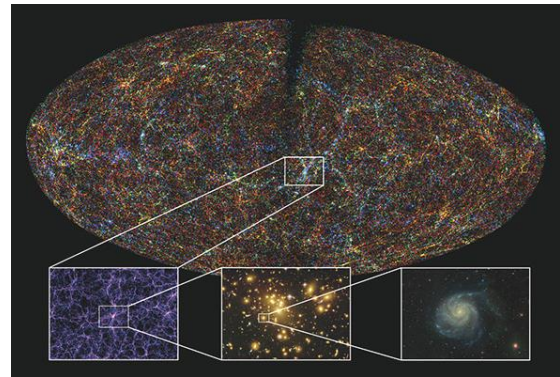


Figura 75 Niveles del multiverso.

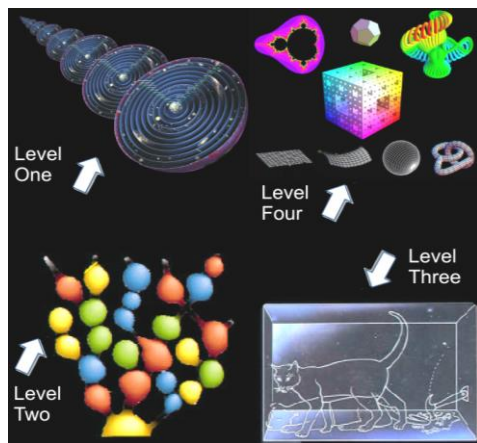


Figura 76 Radio de Bohr del átomo de hidrógeno.

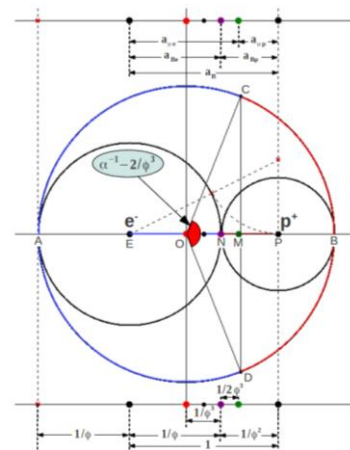


Figura 77 Supernova.

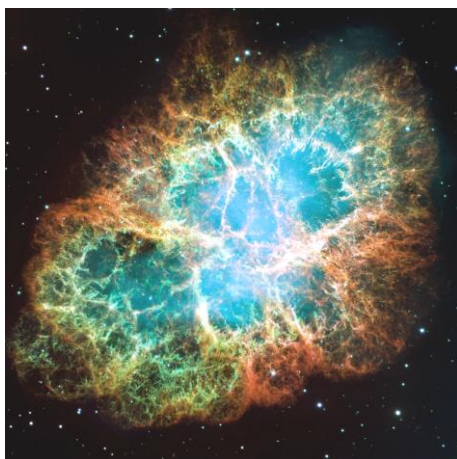


Figura 78 Ciclo de las estrellas.



Figura 79 *Agujero supermasivo.*



Figura 80 *Evolución del sistema solar.*

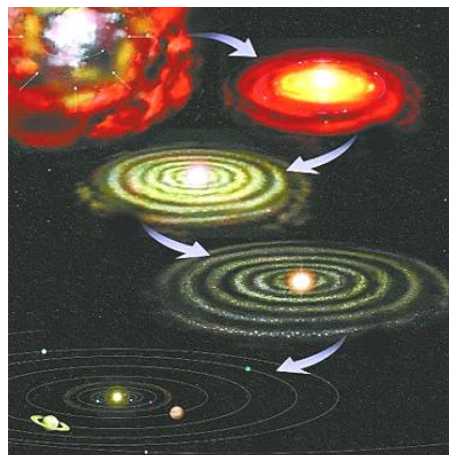


Figura 81 *Tipos de galaxias.*

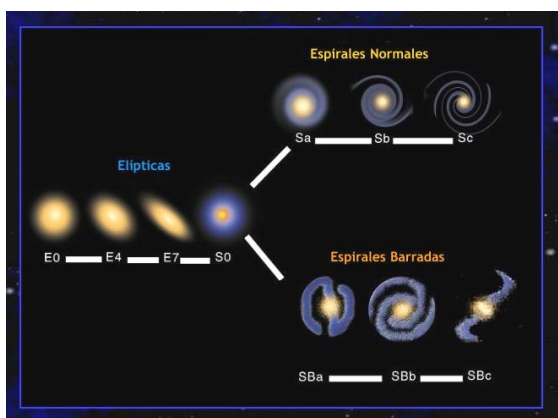


Figura 82 *Ondas de densidad.*



Figura 83 *Analogía entre red neuronal y cósmica.*

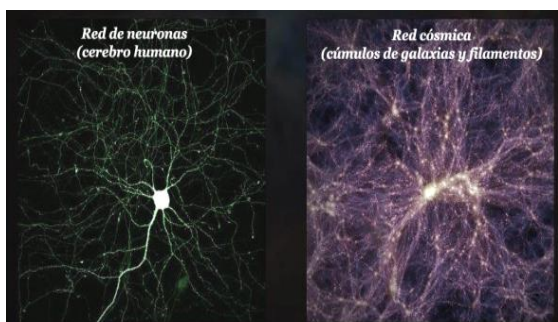


Figura 84 *Física clásica y física cuántica.*

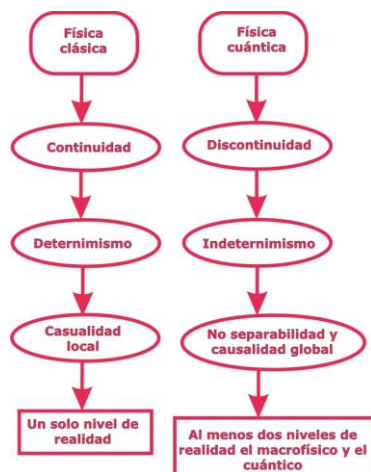


Figura 85 *Sección áurea en los enlaces del agua.*

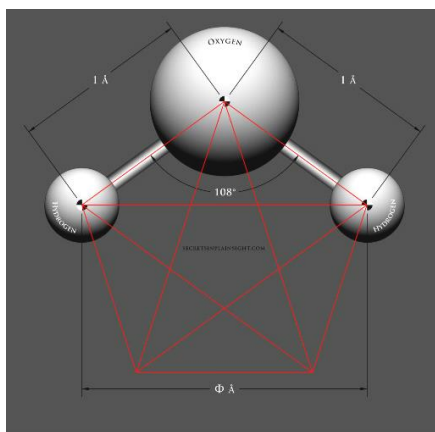


Figura 86 *Chakras.*

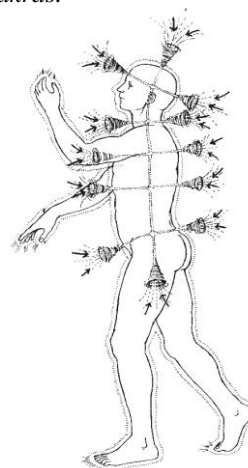


Figura 87 *Nadis y kundalini.*

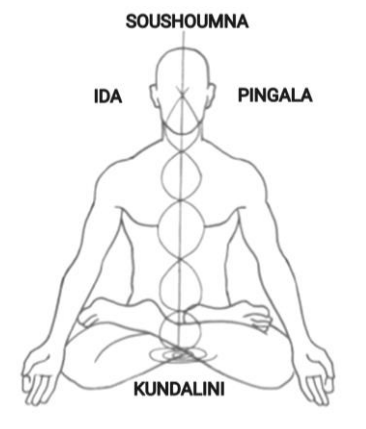


Figura 88 *Resonancia Schumann.*



Figura 89 *Campo totoidal del corazón.*

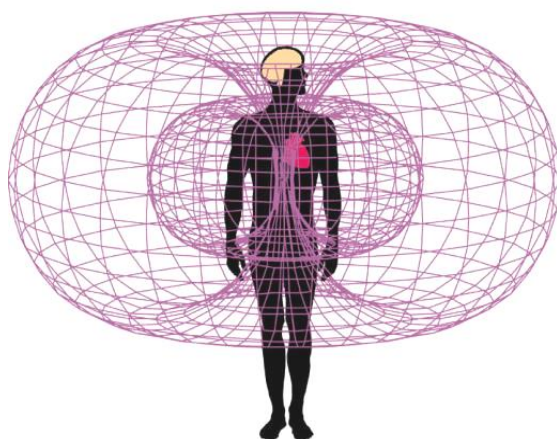


Figura 90 *Proporción áurea en el ADN.*

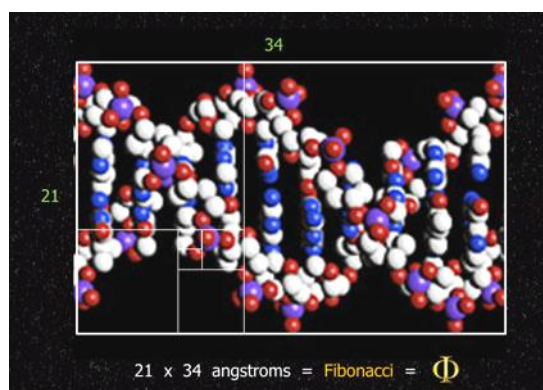


Figura 97 *Pentagrama.*

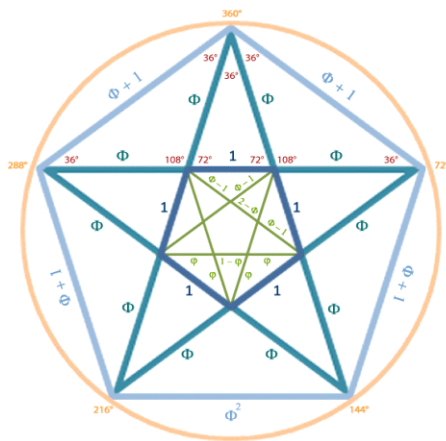


Figura 98 *Principios de la transdisciplinariedad.*

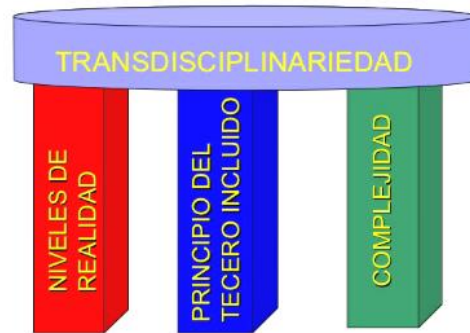


Figura 99 *Lógica de Lupasco-Nicolescu.*

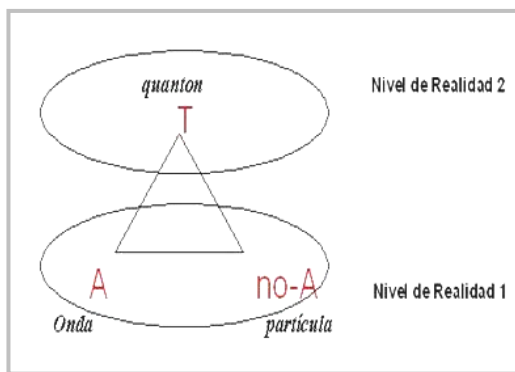


Figura 100 *Redes neuronales de IA.*

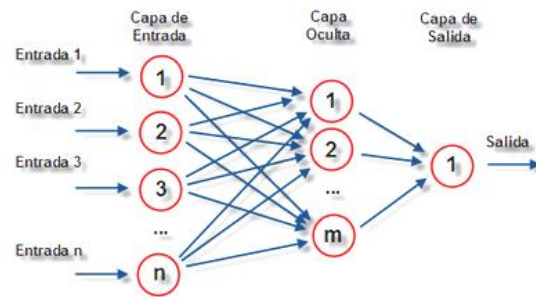


Figura 101 *Tetraktys.*

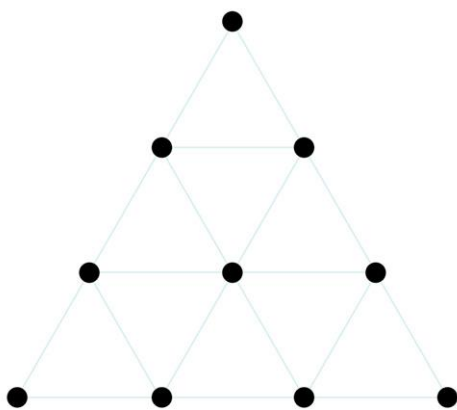


Figura 102 *Mark Hosking.*



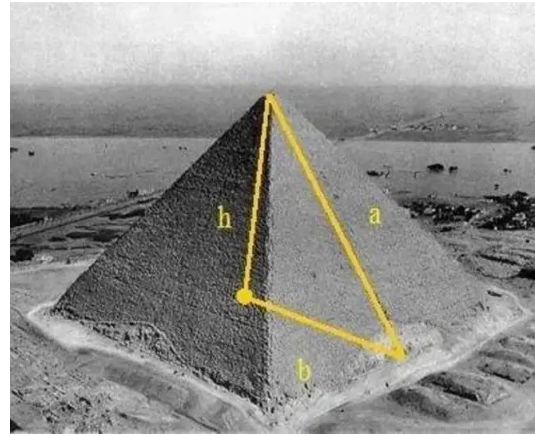
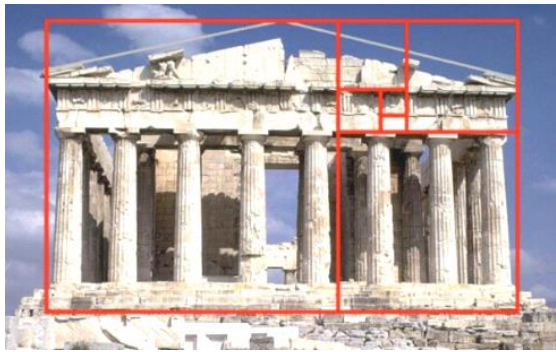
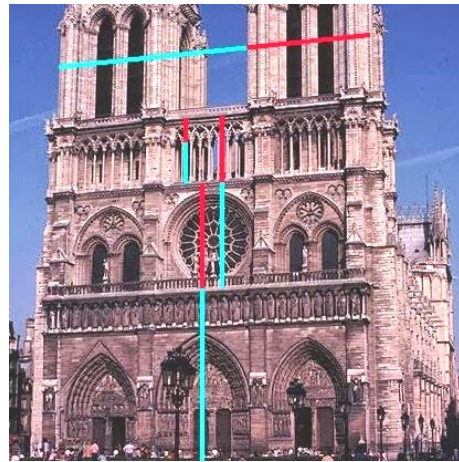
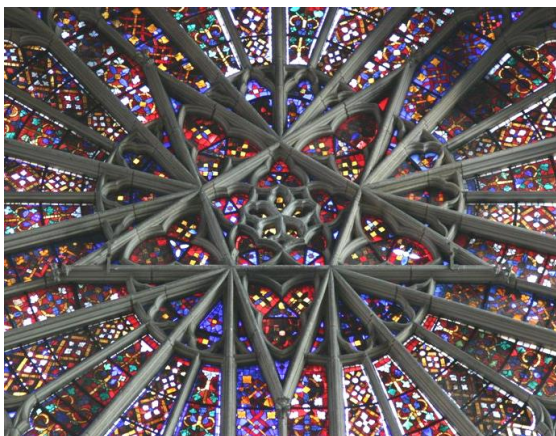
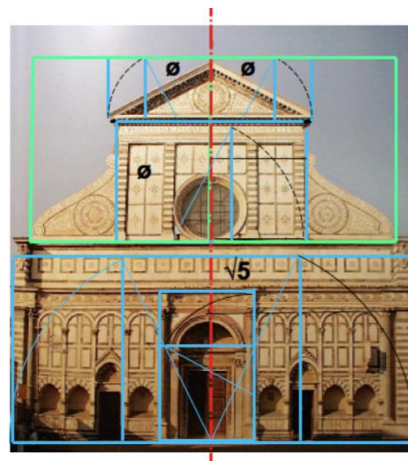
Figura 103 *Luis Gordillo.***Figura 104** *Gran Pirámide de Keops.***Figura 105** *Partenón de Atenas.***Figura 106** *Catedral de Notre Dame.***Figura 107** *Catedral de Amiens.***Figura 108** *Iglesia Santa María de Novella.*

Figura 109 *Cuerpo humano de Zeising.*

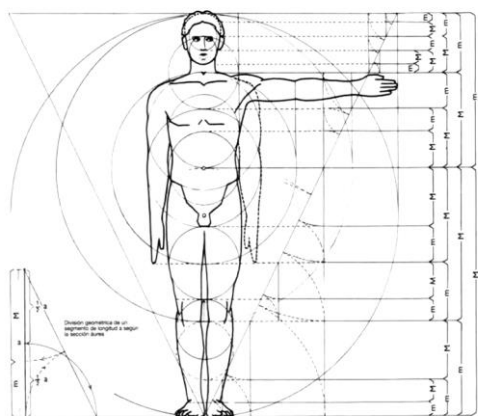


Figura 110 *Medidas del Modulor.*

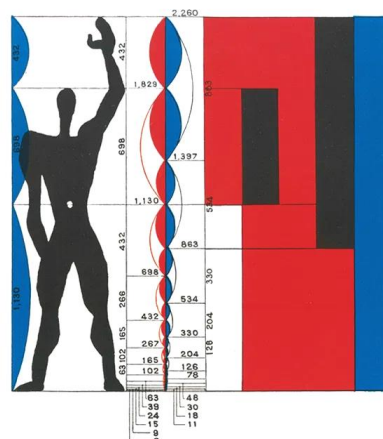


Figura 111 *Villa Savoye.*



Figura 112 *Unidad Habitacional.*



Figura 113 *Casa Curutchet.*



Figura 114 *Hermes.*

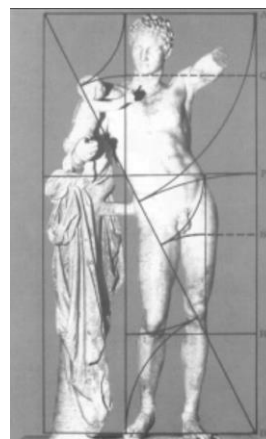


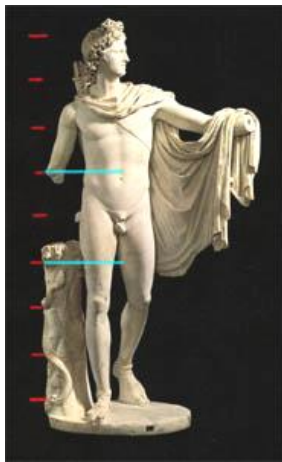
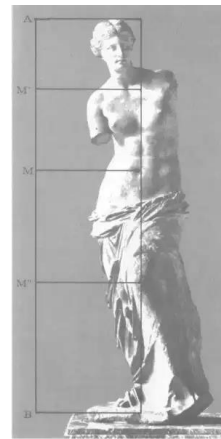
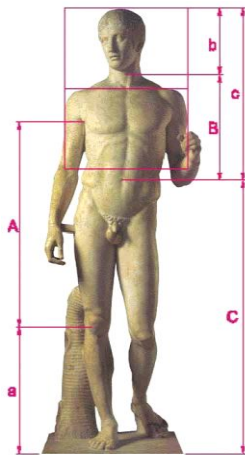
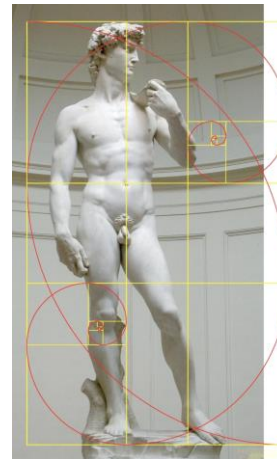
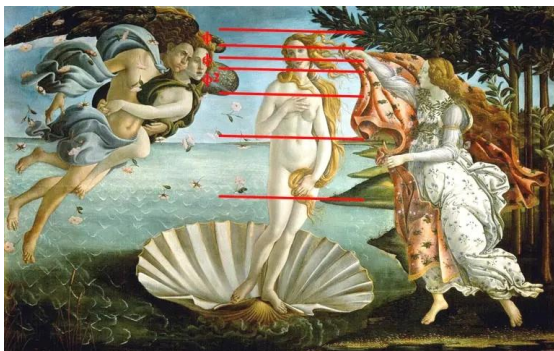
Figura 115 *Apolo de Belvedere.***Figura 116** *Venus de Milo.***Figura 117** *Doríforo.***Figura 118** *David.***Figura 119** *El nacimiento de Venus.***Figura 120** *La flagelación.*

Figura 121 *La Gioconda.*

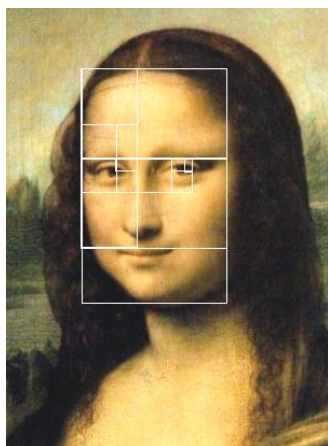


Figura 122 *La última cena.*

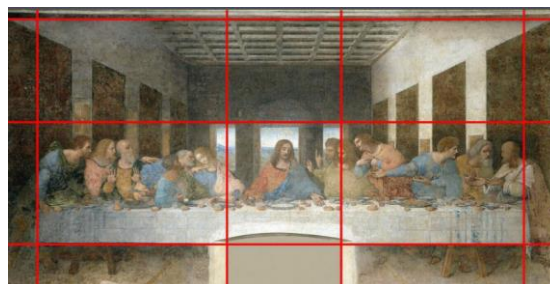


Figura 123 *El hombre de Vitruvio.*

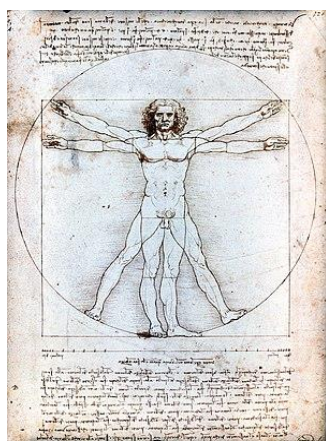


Figura 124 *Creación de Adán.*

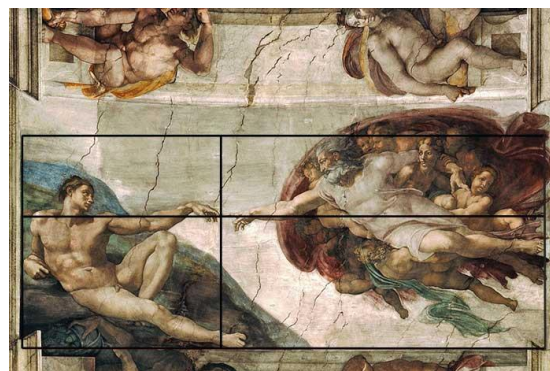


Figura 125 *La Sagrada Familia.*



Figura 126 *La escuela de Atenas.*

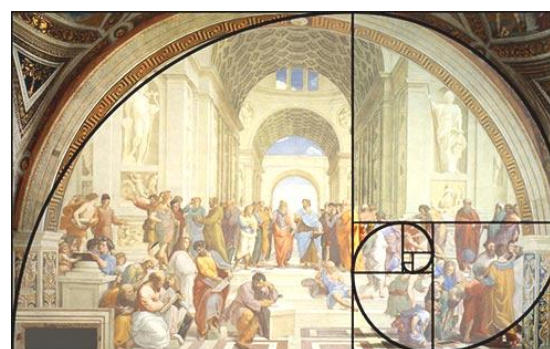


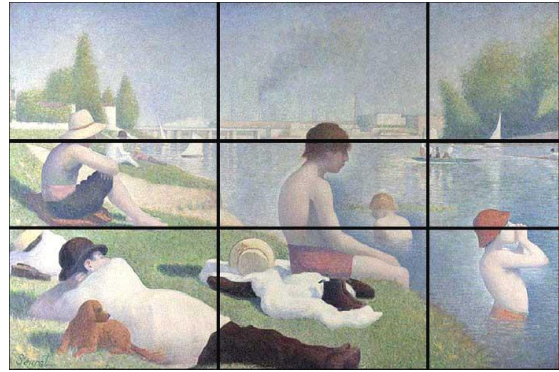
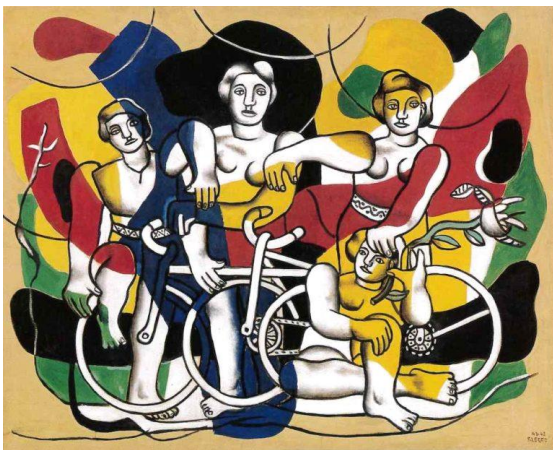
Figura 127 *Adán y Eva.***Figura 128** *Le Chahut.***Figura 129** *La Parada del circo.***Figura 130** *Los Bañistas.***Figura 131** *Las cuatro ciclistas.***Figura 132** *Hombre en el café.*

Figura 133 *Semitaza gigante volante.*

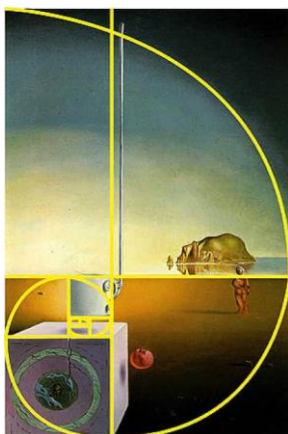


Figura 134 *Estudio de Leda Atómica.*



Figura 135 *La última cena.*

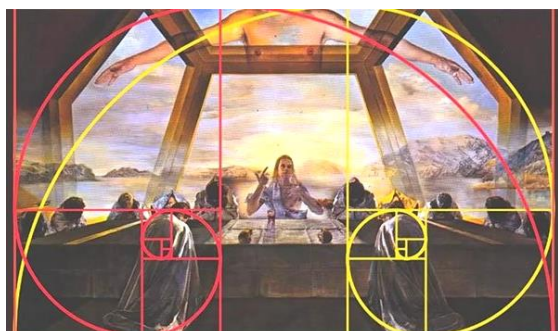


Figura 136 *La Sagrada Familia.*



Figura 137 *Parque Güel.*



Figura 138 *Museo Guggenheim.*



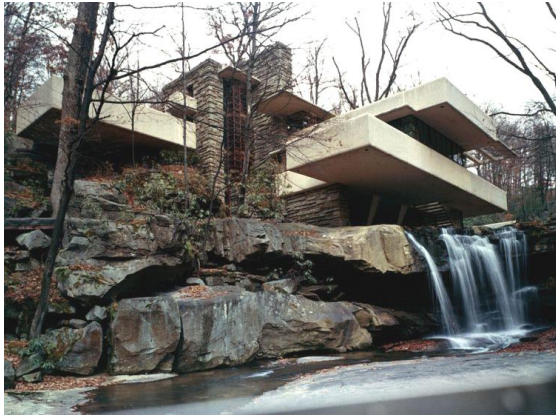
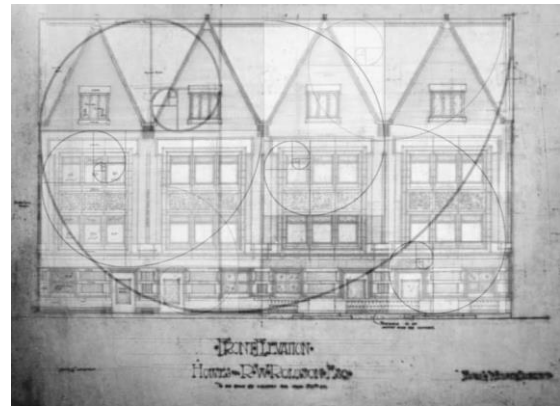
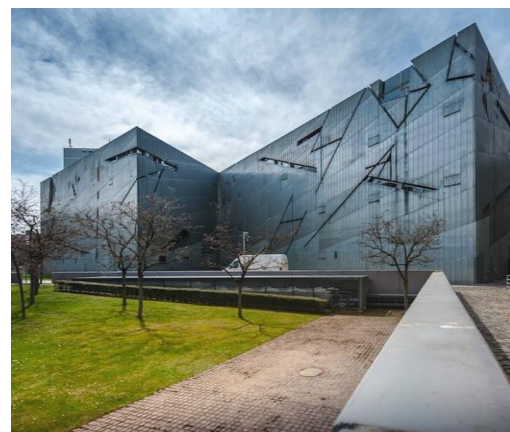
Figura 139 *La Casa de la Cascada.***Figura 140** *Roloson houses.***Figura 141** *Orfanato.***Figura 142** *Estudio Joe Price.***Figura 143** *Escuela judía Heinz-Galinsky.***Figura 144** *Museo judío.*

Figura 145 *Edificio Fred and Ginger.*



Figura 146 *Museo Nacional de Arte del Siglo XXI.*



Figura 147 *Torre Agbar.*



Figura 148 *Aulario de la Universidad de Vigo.*



Figura 149 *Edificio Tod's.*



Figura 150 *Hindu Motif.*

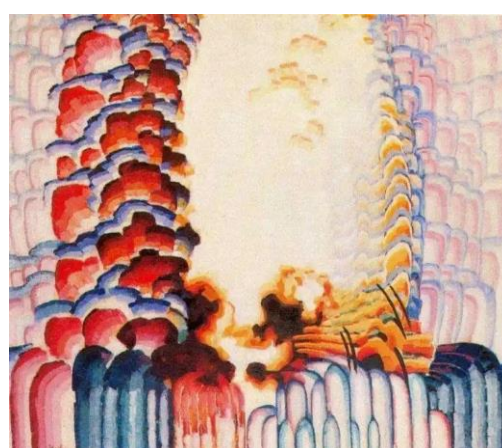


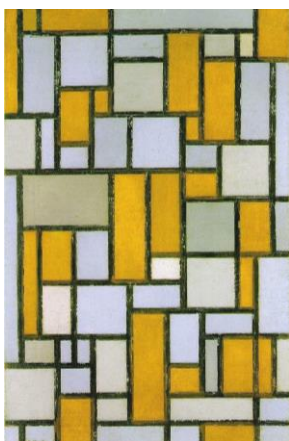
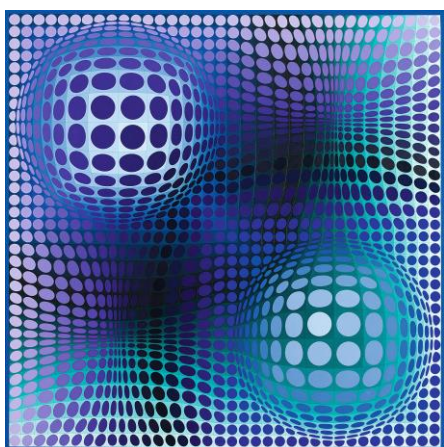
Figura 151 *Composition with Gray and Light Brown.***Figura 152** *El rostro de la guerra.***Figura 153** *Persistencia de la memoria.***Figura 154** *Árbol solitario y árboles coyugales.***Figura 155** *Abstracción geométrica.***Figura 156** *Abstracción lírica.*

Figura 157 *Día y noche.*



Figura 158 *Thermodynamic horizon.*



Figura 159 *Jean-Paul Agosti.*



Figura 160 *Edward Berko.*

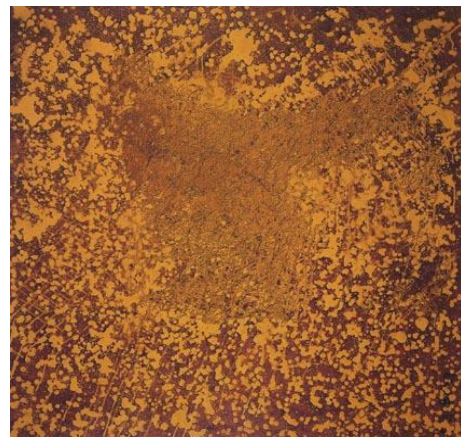


Figura 161 *Carlos Ginzburg.*



Figura 162 *Jim Long.*



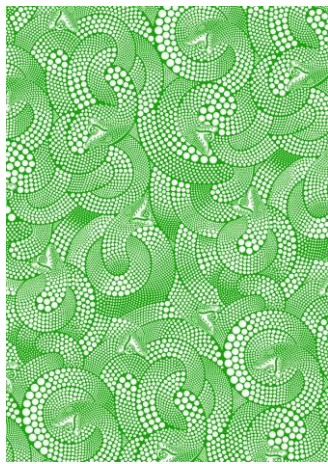
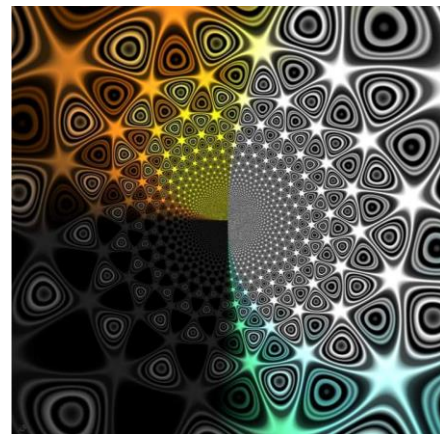
Figura 163 *Larry Poons.***Figura 164** *Nabil Nathas.***Figura 165** *Yehrin Tong.***Figura 166** *Yuma Díaz.***Figura 167** *Kerry Mitchell.***Figura 168** *Juan Carlos Guarneros.*

Figura 169 *Mark Townsend.*



Figura 170 *Janet Parke.*

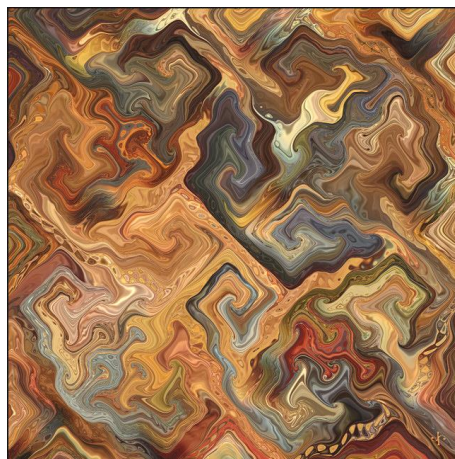


Figura 171 *Scott Draves.*



Figura 172 *William Latham.*

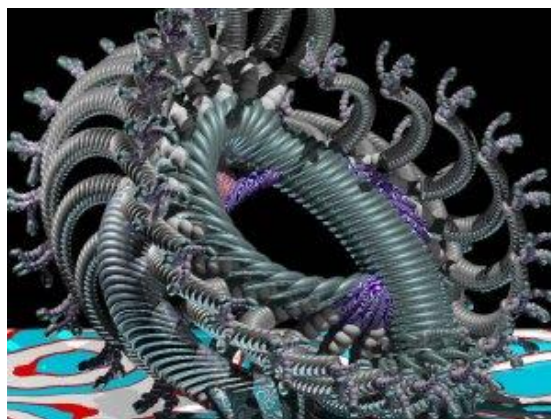


Figura 173 *Gregory Sams.*



Figura 174 *Michel Field.*



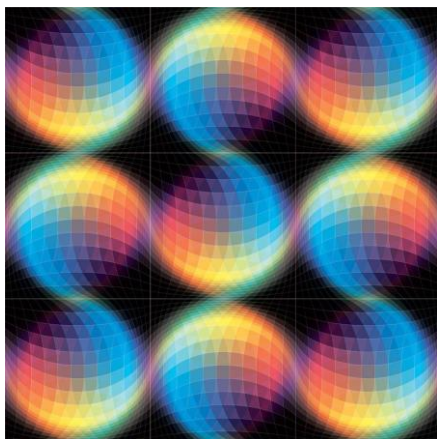
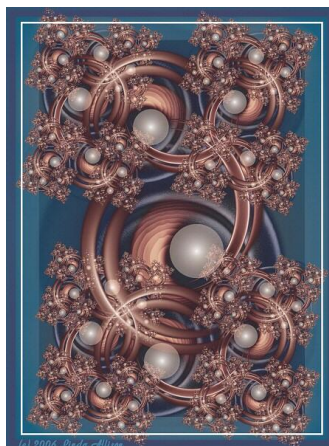
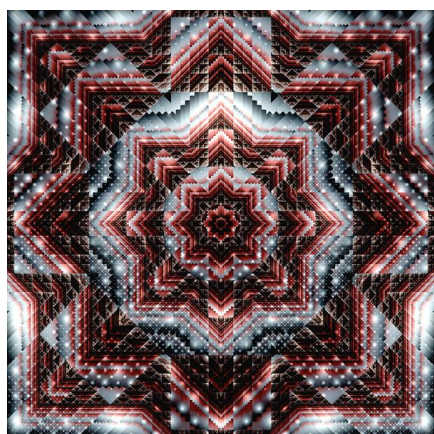
Figura 175 *Andy Gilmore.***Figura 176** *Linda Allison.***Figura 177** *Damien Jones.***Figura 178** *Sylvie Gallet.***Figura 179** *Klaus-Peter Kubik.***Figura 180** *Daniel Kuzmenka.*

Figura 181 *Earl Hinrichs.*

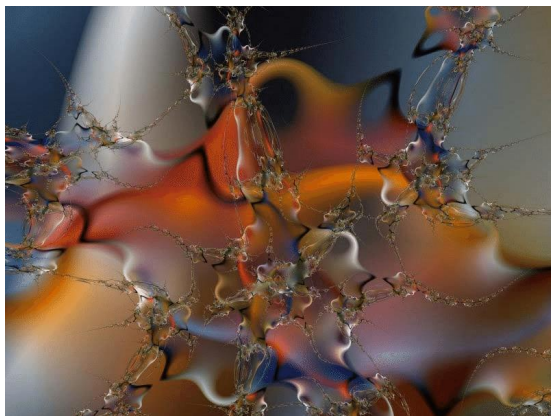


Figura 182 *Javier Barrallo.*



Figura 183 *Krzysztof Marczak.*



Figura 184 *David Makin.*



Figura 185 *Garth Thornton.*

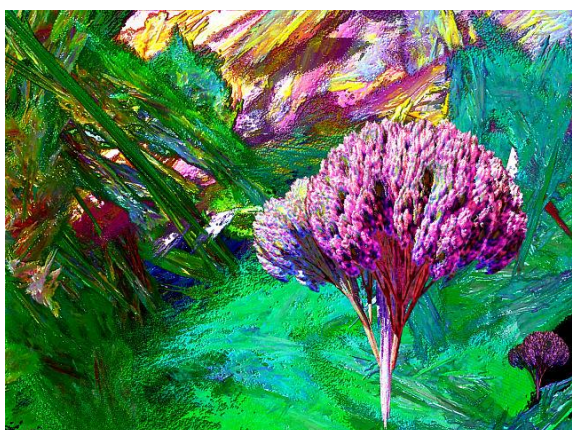


Figura 186 *Daniel White.*

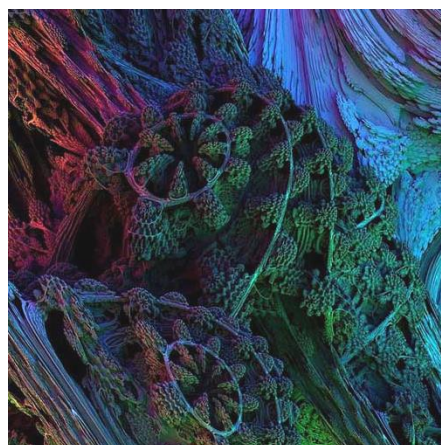


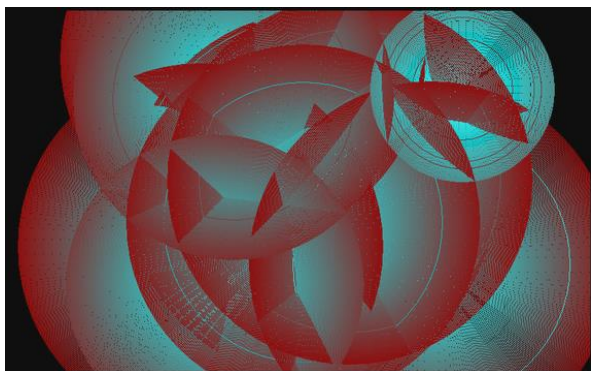
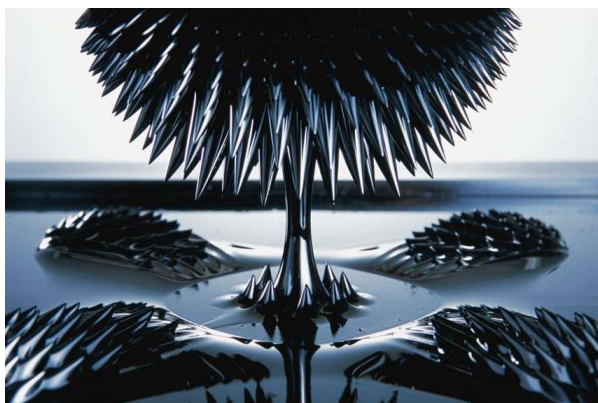
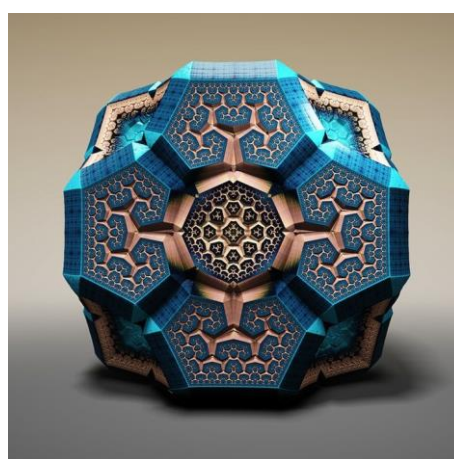
Figura 187 *Mark Napier.***Figura 188** *Michael Hansmeyer.***Figura 189** *Sachiko Kodama.***Figura 190** *Ya Shin.***Figura 191** *Jotero.***Figura 192** *Tom Beddard.*

Figura 193 *Sonja Vordermaier.*



Figura 194 *Richard Sweeney.*



Figura 195 *Matthew Ritchie.*

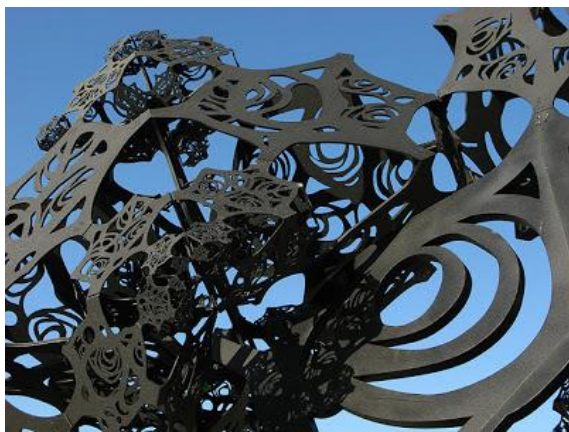


Figura 196 *Jeannine Mosley.*

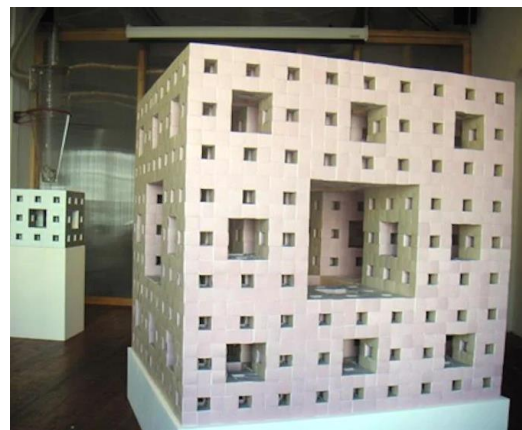


Figura 197 *Efecto Droste.*

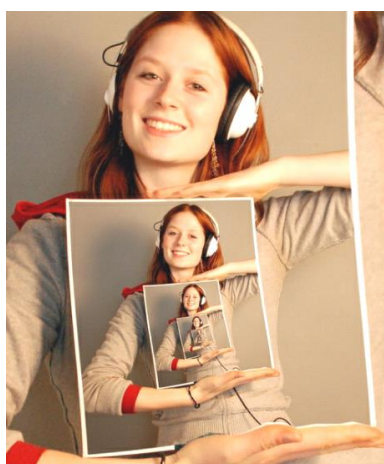


Figura 198 *Mosaico de fotos.*

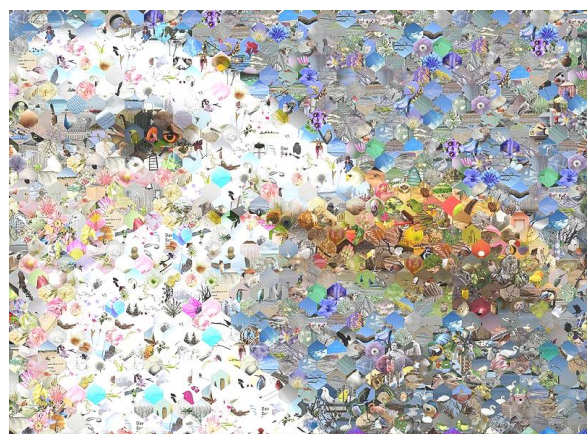


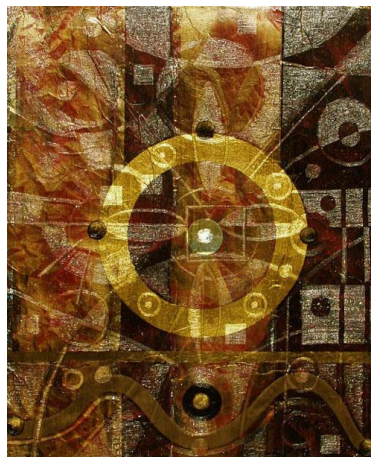
Figura 199 *Oficinas Telecom.***Figura 200** *Antonio Arellanes.***Figura 201** *Luis Alfredo Medina Roldán.***Figura 202** *Nathan Poveda.***Figura 203** *Richard Sturgeon.***Figura 204** *Jo Milne.*

Figura 205 *Dan Kofler.*



Figura 206 *Elena Scaratti.*



Figura 207 *Jérôme Royer.*



Figura 208 *Mirta Cidra.*



Figura 209 *Izkuan.*

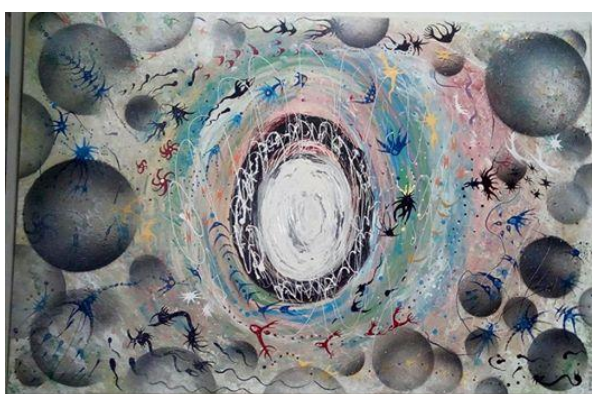


Figura 210 *Quantum Man.*



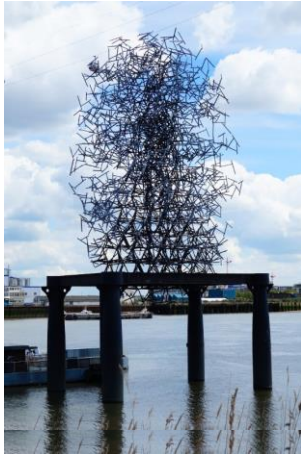
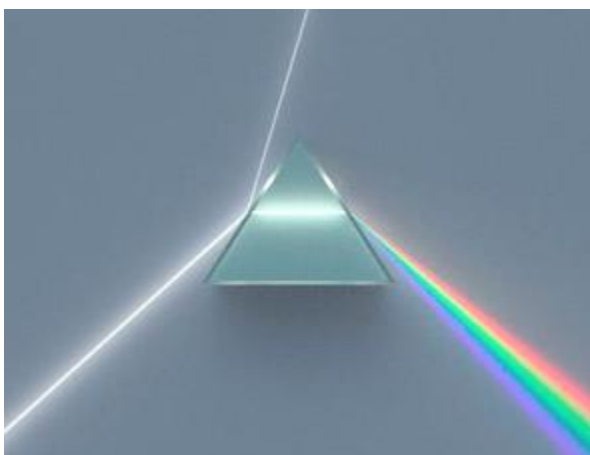
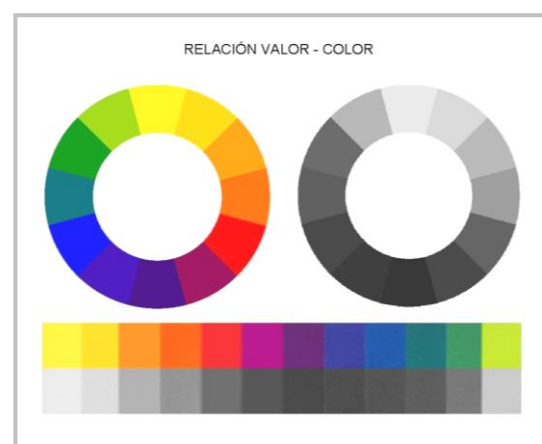
Figura 211 *Quantum Cloud.***Figura 212** *God's Dice.***Figura 213** *Object-antioject. Superposition.***Figura 214** *A State of Sin.***Figura 215** *Teoría de Newton.***Figura 216** *Valor del color.*

Figura 217 Diagrama de Paul Klee.

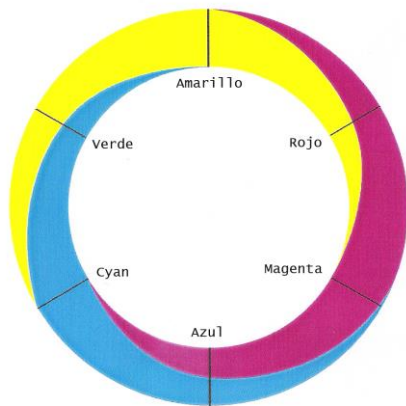


Figura 218 Mezcla aditiva del color.



Figura 219 Mezcla sustractiva del color.



Figura 220 Colores cálidos y fríos.



Figura 221 Armonías entre los colores.

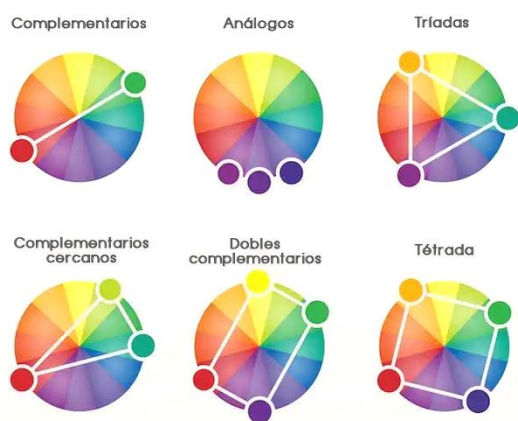


Figura 222 Color dominante, tónico y de mediación.

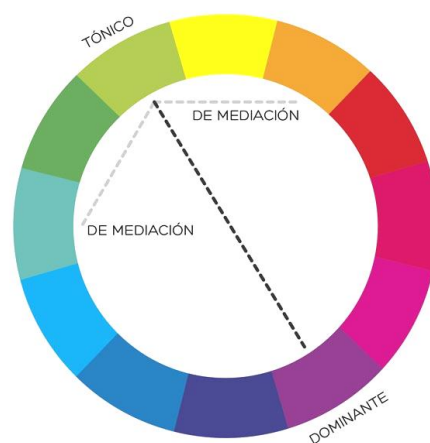


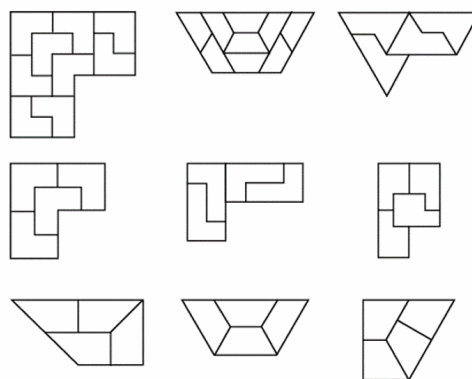
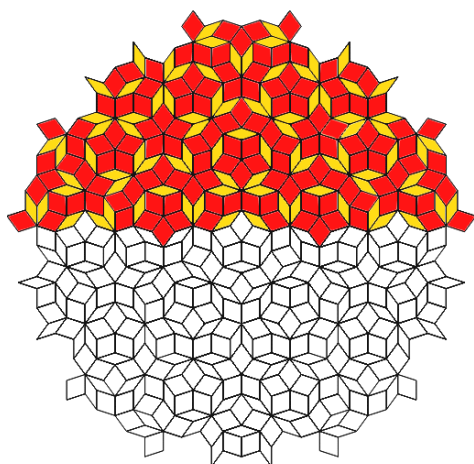
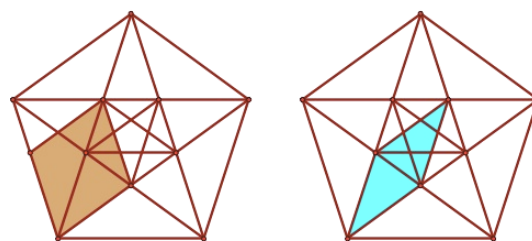
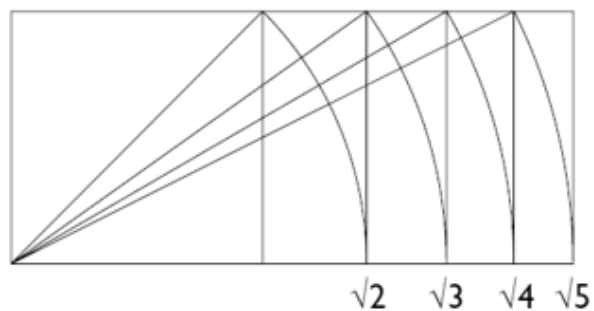
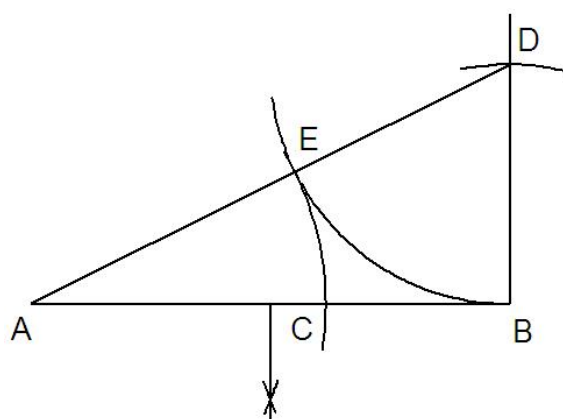
Figura 223 Líneas compositivas.**Figura 224** Autorreplicantes o repiteselas.**Figura 225** Mosaico de Penrose.**Figura 226** Cometa y flecha.**Figura 227** Rectángulos raíz de 2, 3, 4 y 5.**Figura 228** Sección áurea de un segmento.

Figura 229 Sección áurea del segmento mayor.

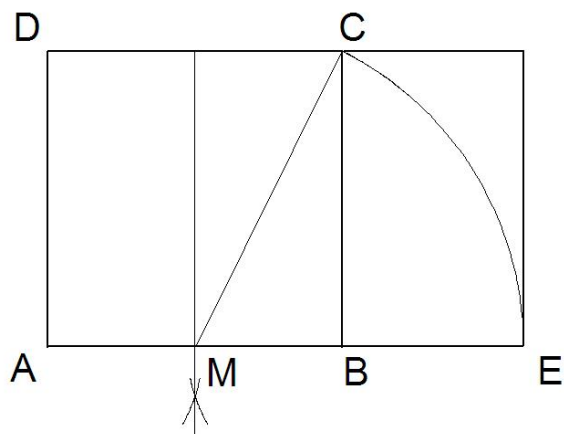


Figura 230 Ángulo áureo.

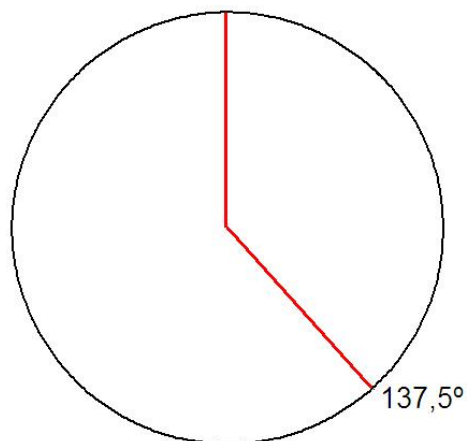


Figura 231 Rectángulo Áureo.

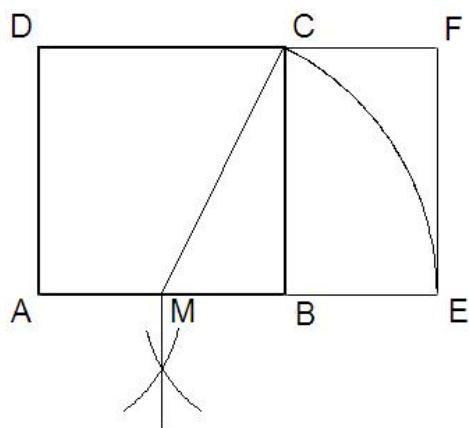


Figura 232 Sucesión de Fibonacci.

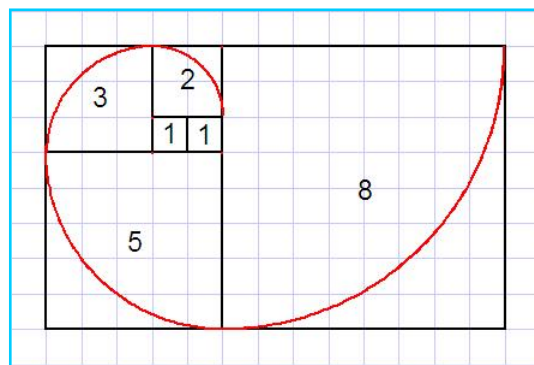


Figura 233 Punto áureo.

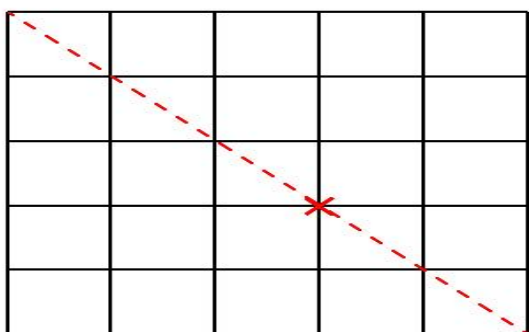


Figura 234 Ojos del rectángulo áureo.

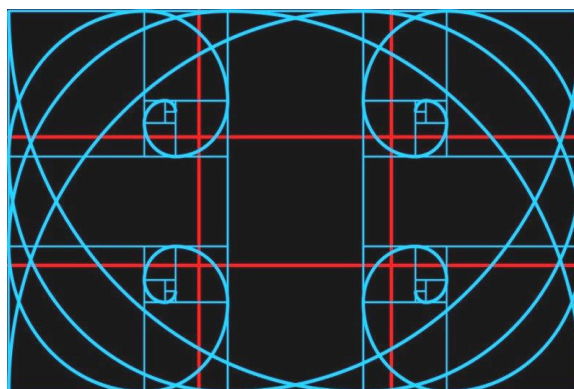


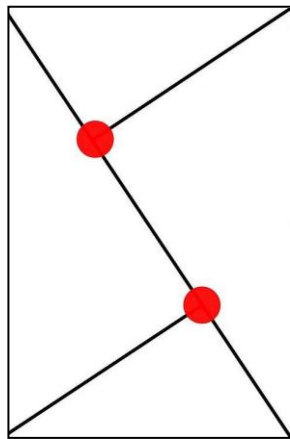
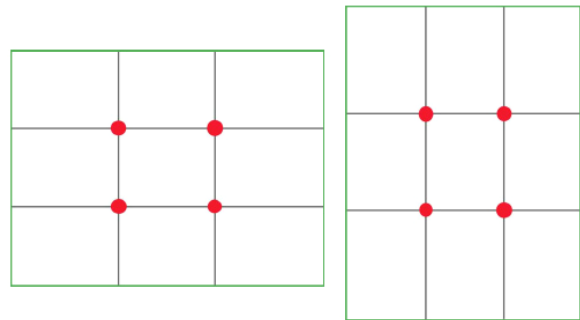
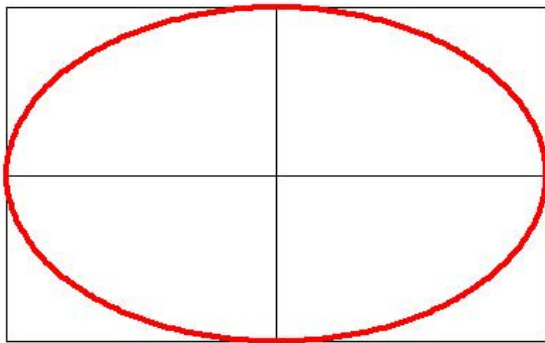
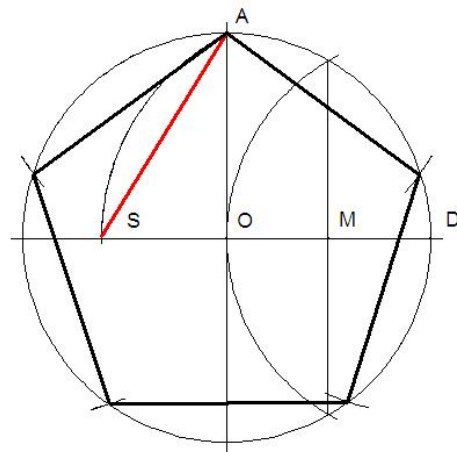
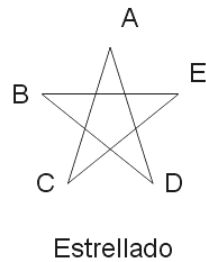
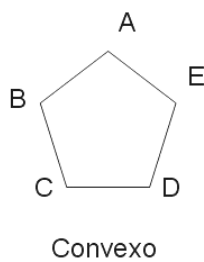
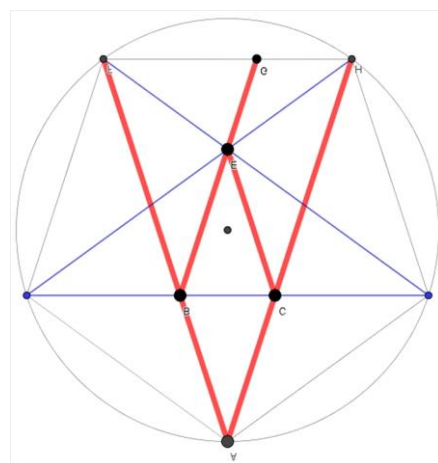
Figura 235 *Diagonal dorada.***Figura 236** *Triángulo de tercios.***Figura 237** *Elipse áurea.***Figura 238** *Pentágono.***Figura 239** *Pentágono convexo y estrellado.***Figura 240** *Compás áureo.*

Figura 241 *Triángulo áureo.*

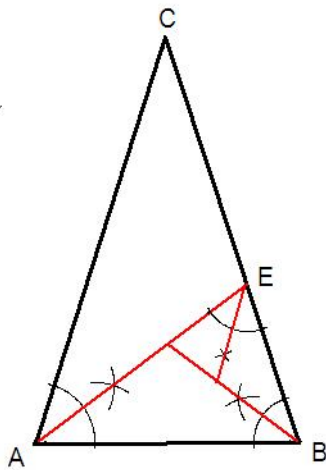


Figura 242 *Espiral áurea.*

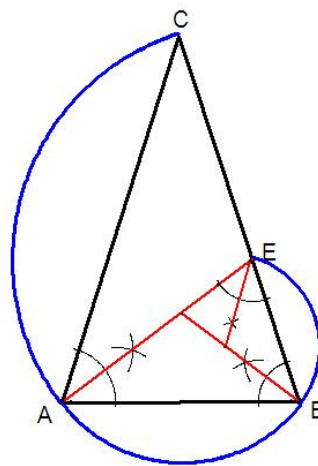


Figura 243 *Espectro cromático.*

ESPECTRO CROMÁTICO o VISIBLE



400nm 500nm 600nm 700nm

Figura 244 *PhiBar.*

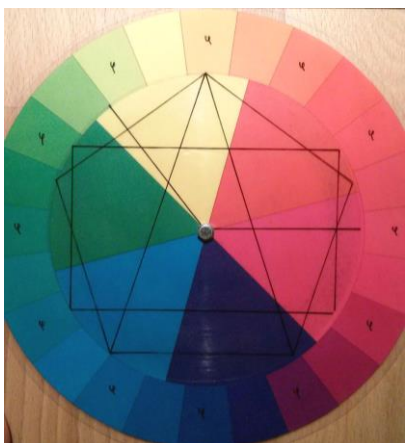
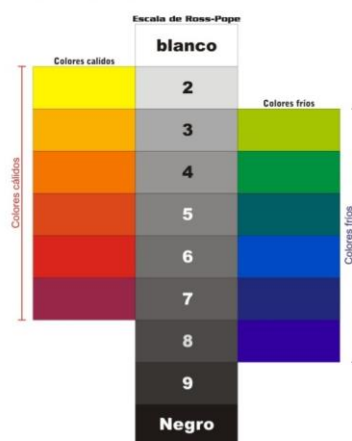


Figura 245 *Colores áureos.*



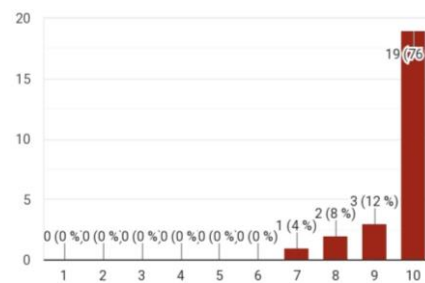
Figura 246 *Carta de colores áureos.*



Figura 247 Trazados áureos en la rueda de color.**Figura 248** Escala de Ross Pope.**Figura 249** Pruebas experimentales de adhesión.**Figura 250** Panel informativo de la exposición.**Figura 251** Presentación de la exposición.**Figura 252** Encuesta de la exposición.

Según tu criterio, ¿cómo calificarías la calidad de la exposición?

25 respuestas



Referencias de Figuras

- Figura 1.** ElAlispruz [Nombre de usuario] (s.f.). *Comentario fotográfico: nubes fractales* [Página web]. El Alispruz.
<https://demesures.jimdo.com/%C3%A9v%C3%A9nements/f%C3%AAt-de-la-science-2016/dendrites-et-fractales/>
- Figura 2.** *Dendrites et Fractale* (s.f.). [Página web]. Demesures.
<https://demesures.jimdo.com/%C3%A9v%C3%A9nements/f%C3%AAt-de-la-science-2016/dendrites-et-fractales/>
- Figura 3.** *La proporción áurea* (s.f.). [Página web]. Geometría Sagrada. <http://www.sacred-geometry.es/?q=es/content/la-proporci%C3%B3n-aurea>
- Figura 4.** Pereyra, J. (2016, 8 de agosto). *¿Por qué los cráteres son (casi siempre) redondos?* [Página web]. Ciencia De Sofá. <https://cienciadesofa.com/2016/08/por-que-los-crateres-son-casi-siempre-redondos.html>
- Figura 5.** Arteajna [Nombre de usuario] (2010, 8 de noviembre). *Aplicaciones de Fractales* [Página web]. Ajna :: arte de paz.
<https://arteajna.wordpress.com/2010/11/08/aplicaciones-de-fractales/>
- Figura 6.** *Fractales: La sequía* (2017, 30 de mayo) [Página web]. LaSecundariaFran.
<http://lasecundariadefran.blogspot.com/2017/05/fractales-la-sequia.html?m=1>
- Figura 7.** Alejandra (2012, 27 de junio). *Fractales en la naturaleza* [Página web]. Matex1minuto. [matex1minuto. \[matex1minuto.blogspot.com/2012/06/fractales-en-la-naturaleza.html?m=1\]\(http://matex1minuto.blogspot.com/2012/06/fractales-en-la-naturaleza.html?m=1\)](http://matex1minuto.blogspot.com/2012/06/fractales-en-la-naturaleza.html?m=1)
- Figura 8.** *Evolución de las Estrellas: origen, nacimiento, evolución y muerte* (2018, 5 de octubre) [Página web]. Sistema Solar. <https://misistemasolar.com/evolucion-de-las-estrellas/amp/>
- Figura 9.** Gunther, S. (2020, 7 de mayo). *14 Amazing Fractals Found in Nature* [Página web]. Treehugger. <https://www.treehugger.com/amazing-fractals-found-in-nature-4868776>
- Figura 10.** *Evolución de las Estrellas: origen, nacimiento, evolución y muerte* (2018, 5 de octubre) [Página web]. Sistema Solar. <https://misistemasolar.com/evolucion-de-las-estrellas/amp/>

- Figura 11.** Colaborador invitado [Nombre de usuario] (2018, 3 de marzo). *Sistemas caóticos y teoría del caos, una breve introducción* [Página web]. Asociación Nacional de Estudiantes Universitarios de Ciencias Físicas.: <https://nusgrem.es/sistemas-caoticos-y-teoria-del-caos/>
- Figura 12.** Mely [Nombre de usuario] (2008). *El conjunto de Cantor* [Página web]. Topología. <https://topologia.wordpress.com/2008/12/19/el-conjunto-de-cantor-y-el-triangulo-de-sierpinski/>
- Figura 13.** *Sierpinski de la Energía Positiva* (s.f.). [Página web]. Divermates. <http://divermates.es/blog/mural-de-divermates-sierpinski-de-la-energia-positiva/>
- Figura 14.** *Orden in Chaos: A visual Exploration into Fractal Geometry* (2013, 27 de mayo) [Página web]. Mathematical Monsters: Koch Snowflake. Orden in Chaos. <https://orderinchoas.wordpress.com/tag/koch-snowflake/>
- Figura 15.** Lidar, D. (s.f.). *The most beautiful things in stem* [Página web]. Viterbi Magazine. <https://magazine.viterbi.usc.edu/fall-2017/features/the-most-beautiful-things-in-stem/>
- Figura 16.** *Aprendemos matemáticas: Conjuntos de Julia y Mandelbrot* (s.f.). [Página web]. <http://www3.gobiernodecanarias.org/medusa/ecoblog/mrodperv/fractales/conjuntos-de-julia-y-mandelbrot/>
- Figura 17.** Hermes, V. (2018, 3 de julio). *El experimento de la doble rendija* [Página web]. Ciencia. https://aminoapps.com/c/ciencia/page/blog/el-experimento-de-la-doble-rendija/bnaa_kaFou8PG30EM37kDqmwL2IIQRNPXk
- Figura 18.** Admin [Nombre de usuario] (2018). *Ley del Tiempo Fractal: la conexión con los ritmos de la vida* [Página web]. Vibromancia. <https://vibromancia.com/ley-del-tiempo-fractal-la-conexion-con-los-ritmos-de-la-vida/>
- Figura 19.** Aleja [Nombre de usuario] (s.f.). *Cómo usar la geometría sagrada* [Página web]. Consejos del conejo. <https://consejosdelconejo.com/espiritualidad/como-usar-la-geometria-sagrada/>
- Figura 20.** De Pablo, C. (2020, 25 de mayo). *El campo magnético de la Tierra se debilita, según la ESA* [Página web]. El Ágora, diario del agua. Información y ciencia. <https://www.elagoradiario.com/ciencia-e-innovacion/el-campo-magnetico-de-la-tierra-se-debilita-polo-norte/>
- Figura 21.** *Guía de composición con la proporción áurea* (2019, 27 de noviembre) [Página web]. Fluye & crea. <https://fluyeycrea.com/guia-de-composicion-con-la-proporcion-aurea/>

- Figura 22.** *La sección áurea - Armonía del universo* (2019, 10 de enero) [Página web]. A Curious Culturalist. <http://acc-2.blogspot.com/2019/01/la-seccion-aurea-armonia-del-universo.html?m=1>
- Figura 23.** *La sección áurea - Armonía del universo* (2019, 10 de enero) [Página web]. A Curious Culturalist. <http://acc-2.blogspot.com/2019/01/la-seccion-aurea-armonia-del-universo.html?m=1>
- Figura 24.** *Fibonacci y la Reproducción de los Conejos* (2012, 15 de marzo) [Página web]. Mascota Planet. <https://www.mascotaplanet.com/blog/fibonacci-y-la-reproduccion-de-los-conejos-n128>
- Figura 25.** *Alan Turing y su estudio inacabado sobre los girasoles: las matemáticas son el lenguaje de la naturaleza* (2012, 3 de noviembre) [Página web]. Pijamasurf. <https://www.google.com/amp/s/pijamasurf.com/2012/11/alan-turing-y-su-estudio-inacabado-sobre-los-girasoles-las-matematicas-son-el-lenguaje-de-la-naturaleza/amp/>
- Figura 26.** Jaffcompany [Nombre de usuario] (2017, 24 de abril). *La sección áurea en la naturaleza* [Página web]. La Sección Áurea. <https://jaffcompany.wordpress.com/2017/04/24/la-seccion-aurea-en-la-naturaleza/>
- Figura 27.** *La divina proporción: girasoles, ciclones y galaxias* (2014, 23 de junio) [Página web]. Matematiza tu realidad. <http://matematizaturealidad.blogspot.com/2014/06/la-divina-proporcion-girasoles-ciclones.html?m=1>
- Figura 28.** *La divina proporción: girasoles, ciclones y galaxias* (2014, 23 de junio) [Página web]. Matematiza tu realidad. <http://matematizaturealidad.blogspot.com/2014/06/la-divina-proporcion-girasoles-ciclones.html?m=1>
- Figura 29.** Maini, Sh. (2016, 24 de enero). *Fibonacci Spiral and Photography* [Página web]. Maini's Mind. <https://maini.live/2017/01/24/fibonacci-spiral-and-photography/>
- Figura 30.** Maini, Sh. (2016, 24 de enero). *Fibonacci Spiral and Photography* [Página web]. Maini's Mind. <https://maini.live/2017/01/24/fibonacci-spiral-and-photography/>
- Figura 31.** *La proporción áurea. ¿Qué es? ¿Mito o realidad?* (2018, 19 de diciembre) [Página web]. CODE. <https://codewebbarcelona.com/blog/proporcion-aurea-que-es-mito-realidad/>
- Figura 32.** Ámetam, S. (2012, 25 de septiembre). *Ángulo de oro: cómo gira la naturaleza* [Página web]. Revista Digital de Matemáticas Sacit Ámetam. <http://revistasacitametam.blogspot.com/2012/09/angulo-de-oro.html?m=1>
- Figura 33.** *Fibonacci y la sucesión del arte más la naturaleza* (2012, 17 de abril) [Página

web]. Los ojos de Hipatía. <https://losojosdehipatia.com.es/cultura/arte-2/fibonacci-y-la-sucesion-del-arte-mas-la-naturaleza/>

Figura 34. Laurent [Nombre de usuario] (2018). *Des pomez de pin à la sauce Fibonacci* [Página web]. Light up my mind.

<https://www.google.com/amp/s/lightupmymind.com/2018/09/02/des-pommes-de-pin-a-leonardo-fibonacci/amp/>

Figura 35. Joju [Nombre de usuario] (2011, 19 de julio). *Geometría en la Naturaleza: Pentágono Regular (Adelfa)* [Página web]. Expresión gráfica.

<http://geometria.piziadas.com/?p=9941>

Figura 36. Caravaca, J. (2013, 10 de marzo). *El pentágono, el pentagrama y el pentáculo* [Página web]. [http://pentagono-pentagrama-](http://pentagono-pentagrama-pentaculo.blogspot.com/2013/03/pentagono-pentagrama-y-pentaculo.html?m=1)

[pentaculo.blogspot.com/2013/03/pentagono-pentagrama-y-pentaculo.html?m=1](http://pentagono-pentagrama-pentaculo.blogspot.com/2013/03/pentagono-pentagrama-y-pentaculo.html?m=1)

Figura 37. Solà-Soler, J. (s.f.). *Phi en los Sólidos Sagrados* [Página web]. Geometría sagrada. <https://www.sacred-geometry.es/?q=es/content/phi-en-los-s%C3%B3lidos-sagrados>

Figura 38. *Radiaciones Ionizantes* (s.f.). [Página web]. Foro Nuclear. RincónEducativo.

<http://www.rinconeducativo.org/es/recursos-educativos/radiaciones-ionizantes>

Figura 39. Ramanujan [Nombre de usuario] (2014, 22 de marzo). *Campos cuánticos. Obstáculos navegantes en océanos de incertidumbre* [Página web].

<http://ramanujan25449.blogspot.com/2014/03/?m=1>

Figura 40. *La Anti-Materia* (2016, 8 de abril) [Página web]. Ciencia Para Todos.

<http://cienciaparanosotroslosmortales.blogspot.com/2016/04/antimateria.html?m=1>

Figura 41. Talbot, M. (s.f.). *La mente global en el pensamiento holográfico* [Página web].

Absolum. https://www.absolum.org/ciencia_pensamiento_holografico%20.html

Figura 42. Talbot, M. (s.f.). *La mente global en el pensamiento holográfico* [Página web].

Absolum. https://www.absolum.org/ciencia_pensamiento_holografico%20.html

Figura 43. López, J. C. (2019, 11 de abril). *Agujeros negros: respuestas sencillas a algunas de las grandes preguntas planteadas por los objetos más misteriosos del Universo*

[Página web]. Xataka. <https://www.xataka.com/investigacion/agujeros-negros-respuestas-sencillas-a-algunas-grandes-preguntas-planteadas-objetos-misteriosos-universo>

Figura 44. *Nuestro universo es otra vez un holograma* (2015, 29 de abril) [Página web].

Cuentos Cuánticos. <https://cuentos-cuanticos.com/2015/04/29/nuestro-universo-es->

[otra-vez-un-holograma/](#)

Figura 45. Diplakiz, W. (s.f.). *Los agujeros negros no son tan negros como parecen* [Página web]. Ondas y Partículas. <https://ondasyparticulas.com/2020/02/04/los-agujeros-negros-no-son-tan-negros-como-parecen/>

Figura 46. Martínez Gallardo, A. (2015, 22 de noviembre). *¿Qué es el tiempo-espacio? Nueva teoría parece responder la gran pregunta de la física y la filosofía* [Página web]. Pijamasurf. <https://pijamasurf.com/2015/11/que-es-el-tiempo-espacio-nueva-teoria-parece-responder-la-gran-pregunta-de-la-fisica-y-la-filosofia/>

Figura 47. Estrada Vega, E. J. (2018, 5 de marzo). *Intento por penetrar la realidad* [Página web]. Avance y perspectiva. Cinvestav. <https://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/intento-por-penetrar-la-realidad/?print-posts=print>

Figura 48. *Consiguen la primera prueba de que existe la materia oscura* (2007, 17 de mayo) [Página web]. *El Mundo*. <https://www.elmundo.es/elmundo/2007/05/16/ciencia/1179311963.html>

Figura 49. García-Bellido Capdevila, J. (2015, noviembre). *Cien años de Relatividad General: Fundamentos y Cosmología* [Página web]. Investigación y Ciencia. <https://www.investigacionyciencia.es/blogs/astronomia/17/posts/cien-aos-de-relatividad-general-fundamentos-y-cosmologa-13622>

Figura 50. *El universo: desde el primer segundo hasta la actualidad* (s.f.). [Página web]. *XL Semanal*. <https://www.xlsemanal.com/conocer/ciencia/20190828/universo-desde-primer-segundo-la-actualidad.html/amp>

Figura 51. Martín, J. A. (2015, 18 de octubre). *Principio antrópico, la energía oscura y los multiversos* [Página web]. <https://joseantonioartin.wordpress.com/2015/10/18/principio-antropico-la-energia-oscura-y-los-multiversos/>

Figura 52. McDonald, Ch. (2017, 1 de mayo). *Physicists manage to “breed” Schrodinger’s cat in breakthrough that could help explain the quantum world* [Página web]. Daily Mail. <https://www.google.com/amp/s/www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4463422/amp/Physicists-breed-Schrodinger-s-cat-breakthrough-study.html>

Figura 53. Riveiro, A. (s.f.). *En busca del Multiverso* [Página web]. Astrobitácora. <https://www.astrobitacora.com/en-busca-del-multiverso/>

Figura 54. Cabrales, D. (2019, 14 de noviembre). *¿Por qué se consideran hasta 11 dimen-*

siones en la teoría de cuerdas si vibran en tres dimensiones? [Página web]. Quora.
<https://es.quora.com/Por-qu%C3%A9-se-consideran-hasta-11-dimensiones-en-la-teor%C3%ADa-de-cuerdas-si-vibran-en-tres-dimensiones>

Figura 55. Sérvulo, F. (2016, 8 de julio). *O Universo numa casca de noz: o que são as branas?* [Página web]. Misterios do universo.
<https://www.misteriosdouniverso.net/2016/07/o-universo-numa-casca-de-noz-o-que-sao.html?m=1>

Figura 56. Santaolalla, J. (2017, 2 de febrero). *Agujero negro vs. Agujero blanco* [Imagen adjunta]. Twitter. <https://twitter.com/JaSantaolalla/status/827217270589906944>

Figura 57. Miki [Nombre de usuario] (2011). *El destino del universo* [Página web]. Miki's Blog. Astronomía y astrofísica.
<https://www.google.com/amp/s/mikipediageek.wordpress.com/2012/02/25/el-destino-del-universo/amp/>

Figura 58. Ortiz Rous, S. (2014, octubre). *Universos paralelos* [Página web]. Esfinge.
<https://www.revistaesfinge.com/breves/ciencia-para-poetas/item/1145-universos-paralelos>

Figura 59. Villatoro, F. R. (2020, 23 de mayo). *Cómo explica el universo con simetría CPT los sucesos anómalos de ANITA* [Página web]. Naukas.
<https://francis.naukas.com/2020/05/23/como-explica-el-universo-con-simetria-cpt-los-sucesos-anomalos-de-anita/>

Figura 60. AGL [Nombre de usuario] (2012, 4 de noviembre). *Demostración de que viviremos eternamente. Versión Larga* [Página web]. La casa de la sospecha.
<https://www.google.com/amp/s/lacasadelasospecha.wordpress.com/2012/11/04/demonstracion-de-que-viveremos-eternamente-version-larga/amp/>

Figura 61. Walia, A (2016, 15 de mayo). *What Science Is Telling Us About Earth's Electromagnetic Fields & How They Connect To Our Own* [Página web]. Collective Evolution.
<https://www.collective-evolution.com/2016/05/15/what-science-is-telling-us-about-earths-electromagnetic-fields-how-they-connect-to-our-own/>

Figura 62. Gil, A. y Martín, A. (2011, 22 de mayo). *Materia oscura y energía oscura* [Página web]. Ciencia a la última. <http://ciencialultima.blogspot.com/2011/05/materia-oscura-y-energia-oscura.html?m=1>

Figura 63. Ramanujan [Nombre de usuario] (2014, 22 de marzo). *Campos cuánticos* [Página web]. Obstinados navegantes en océanos de incertidumbre.

<http://ramanujan25449.blogspot.com/2014/03/?m=1>

Figura 64. BestialDark [Nombre de usuario] (2014, 20 de enero). *Descubren los primeros filamentos de la red cósmica en el Observatorio Keck* [Página web]. Taringa.

https://www.taringa.net/+universosinlimites/descubren-los-primeros-filamentos-de-la-red-cosmica_1vf7q2

Figura 65. *The Mysterious Dark Energy* (s.f.). [Página web]. National Radio Astronomy Observatory. <https://public.nrao.edu/radio-astronomy/dark-energy/>

Figura 66. *Las ondas gravitacionales, descubrimiento del año* (2016, 23 de diciembre) [Página web]. Leonoticias.

https://www.leonoticias.com/sociedad/ciencia/201612/23/ondas-gravitacionales-descubrimiento-20161222233942-rc_amp.html

Figura 67. Esiegel [Nombre de usuario] (2010, 9 de agosto). “*Why the Big Bang Won’t Work*” *Won’t Work* [Página web]. ScienceBlogs.

<https://scienceblogs.com/startswithabang/2010/08/09/why-the-big-bang-wont-work-won>

Figura 68. *¿Qué significa que el universo sea “plano”?* (2016, 22 de marzo) [Página web].

Ciencia De Sofá. <https://cienciadesofa.com/2016/03/que-significa-que-el-universo-sea-plano.html>

Figura 69. *A cosmic hall of mirrors* (2005, 26 de septiembre) [Página web]. Physicsworld.

Cosmology. <https://physicsworld.com/a/a-cosmic-hall-of-mirrors/>

Figura 70. *Forma del Universo* (s.f.). [Página web]. AstroMía.

<https://www.astromia.com/universo/formauniverso.htm>

Figura 71. *Información general de partículas* (s.f.). [Página web]. En *Wikimedia Commons*.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archivo-
Informaci%C3%B3n_general_de_part%C3%ADculas.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Archivo-Informaci%C3%B3n_general_de_part%C3%ADculas.png)

Figura 72. *Generaciones de las partículas* (s.f.). En *Wikimedia Commons* [Página web].

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Generaciones_delamateria.png

Figura 73. *¿Se puede destruir un agujero negro?* (2017, 11 de abril) [Página web]. Ciencia

De Sofá. <https://cienciadesofa.com/2017/04/se-puede-destruir-un-agujero-negro.html>

Figura 74. Proyecto PAPROTUL [Nombre de usuario] (2017). *Estructura del Universo* [Página web]. Túnel de la ciencia.

<http://www.tuneldelaciencia.unam.mx/exposicion/estructura-del-universo>

Figura 75. *¿Cómo es el MULTIVERSO que propone Max Tegmark?* (s.f.). [Página web].

Procrastina Fácil. <https://procrastinafacil.com/multiverso-propone-max-tegmark/>

Figura 76. *Geometría Sagrada* (s.f.). [Página web]. <http://www.sacred-geometry.es/?q=es/content/phi-en-la-estructura-at%C3%B3mica>

Figura 77. Rovayo Martínez, A. (2018, 16 de enero). *El infinito y los fractales del universo* [Página web]. El camarote de Asimov. El Club de la Fábula. <https://www.elclubdelafabula.com/post/2018/01/23/el-infinito-y-los-fractales-del-universo>

Figura 78. *Evolución de las Estrellas: origen, nacimiento, evolución y muerte* (2018, 5 de octubre) [Página web]. Sistema Solar. <https://misistemasolar.com/evolucion-de-las-estrellas/amp/>

Figura 79. Halton, M. (2018, 13 de julio). *Hallan una de las Fuentes de las “partículas fantasma”, las más desconcertantes del universo* [Página web]. BBC News. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-44816645.amp>

Figura 80. Boggetti, C. (2010, 3 de febrero). *El origen del Sistema Solar* [Página web]. Ciencias de la Tierra. <http://cienciasdelatierra2010.blogspot.com/2009/02/el-origen-del-sistema-solar.html?m=1>

Figura 81. Sophia [Nombre de usuario] (2013, 18 de mayo). *Galaxias: clasificación de Hubble* [Página web]. SlideServe. <https://www.slideserve.com/Sophia/presentaci-1245977>

Figura 82. Ramanujan [Nombre de usuario] (2013, 4 de mayo). *Olas en la galaxia* [Página web]. Obstinados navegantes en océanos de incertidumbre. <http://ramanujan25449.blogspot.com/2013/05/olas-en-la-galaxia.html?view=sidebar&m=1>

Figura 83. Mercadé, A (2013). *¿Por qué lo de “arriba está relacionado con lo de “abajo”?* [Página web]. Astrología Experimental. <https://astrologiaexperimental.com/2014/02/10/por-que-lo-de-arriba-esta-relacionado-con-lo-de-abajo/amp/>

Figura 84. Pérez Matos, N. E. y Quesada, E. S. (2008, octubre). *La interdisciplinariedad y la transdisciplinariedad en las ciencias: una mirada a la teoría bibliológico-informativa*. Scielo. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008001000003

Figura 85. Egemen Badur, H. (s.f.). [Página web]. En Pinterest. <https://pin.it/6gAPknM>

Figura 86. Vidal, M. (s.f.). *Os Chakras* [Página web]. Reikiactivo. <https://www.reikiactivo.com/pt/reiki/definicoes/os-chakras>

Figura 87. *La Energía Vital* (2017) [Página web]. Yoga One.

<https://www.yogaone.es/es/prana>

Figura 88. Figuera, H. (2020, 21 de mayo). *NASA observa cómo las ondas de resonancia de Schumann traspasan la ionosfera* [Página web]. RCENI. <https://rceni.com/ondas-de-resonancia-de-schumann/>

Figura 89. *El cerebro del corazón* (2013, 12 de diciembre) [Página web]. Luz Arcoiris.

<https://luzarcoiris.wordpress.com/category/energia/?iframe=true&preview=true%2Ffed%2F&hcb=1>

Figura 90. Vogel, M. (s.f.). *Geometric nature of consciousness* [Página web].

<http://marcelvogel.org/sacredgeometry.htm>

Figura 91. Georgieff, A. (2019). *El ritmo oculto en la evolución* [Mensaje en un blog]. No se nos dice. <https://adriangeorgieff.wordpress.com/2019/12/25/un-ritmo-oculto-en-la-evolucion/amp/>

Figura 92. *Ondas cerebrales* (s.f.). [Página web]. Cerebro humano y cálculo racional.

<http://www.neuroeconomia.info/neuroimagen/electroencefalografia/ondas-cerebrales>

Figura 93. Quilimaco, M. R. (s.f.). *Aprende la importante Función de los Microtúbulos* [Página web]. <https://www.multidudas.com/c-el-cuerpo-humano/funcion-de-los-microtubulos/>

Figura 94. *Cerebro Triuno* (s.f.). [Página web]. Sicoenergética.

<https://sicoenergetica.com/index.php/cerebro-triuno-2/>

Figura 95. *Hemisferios cerebrales* (2018, 24 de julio) [Página web]. Psicología cotidiana.

<http://psicologiacotidianadelavida.blogspot.com/2018/07/hemisferios-cerebrales.html?m=1>

Figura 96. González, B. (2020, 27 de junio). *El cerebro que lee: Bases neuropsicológicas de la lectura* [Página web]. NeuroClass. <https://neuro-class.com/el-cerebro-que-lee-bases-neuropsicologicas-de-la-lectura/>

Figura 97. Colorado Nates, O. (2019, 6 de abril). *Historia de la Sección Áurea: Mitos y realidades* [Página web]. Oscar en Fotos.

<https://www.google.com/amp/s/oscarenfotos.com/2019/04/06/proporcion-aurea-y-fotografia/amp/>

Figura 98. España Márquez (s.f.). *La Transdisciplinariedad* [Página web].

<https://www.slideshare.net/edelinbravo29/la-transdisciplinariedad>

Figura 99. *Transdisciplinariedad y complejidad* (s.f.). [Página web]. SlidePlayer.

<https://slideplayer.es/slide/11044316/>

Figura 100. Alonso, O. y Moreno, A. (2011, 20 de octubre). *Proporción Áurea, serie de Fibonacci, fractales y redes neuronales* [Página web]. Ibermática.

<http://rtdibermatica.com/?p=428>

Figura 101. *Tetraktys* (2014, 4 de junio) [Página web]. Cultura.

<https://cultura.biografieonline.it/wp-content/uploads/2014/06/tetraktys2.jpg>

Figura 102. Mark Hosking (2015). *Vía Negativa #4* [Yeso alfa cristalino, imprimación negra y laca UV]. Agenda. Región de Murcia Digital.

<https://www.artnueve.com/artista/mark-hosking/>

Figura 103. Gordillo, L. (1964). *Dos perfiles* [Óleo sobre lienzo, 89 x 116 cm]. Catálogo Artium. <tps://catalogo.artium.eus/dossieres/artistas/luis-gordillo/obra>

Figura 104. Colorado Nates, O. (2019, 6 de abril). *Historia de la Sección Áurea: Mitos y realidades* [Página web]. Oscar en Fotos.

<https://www.google.com/amp/s/oscarenfotos.com/2019/04/06/proporcion-aurea-y-fotografia/amp/>

Figura 105. *La composición: la sección áurea* (s.f.). [Página web].

<https://temaseislacomposicion.wordpress.com/1-la-seccion-aurea/>

Figura 106. *El orden en la naturaleza no es “ilusorio”. La proporción áurea* (s.f.). [Página web]. La verdad y solo la verdad.

<https://laverdadysololaverdad.wordpress.com/2015/01/09/el-orden-en-la-naturaleza-no-es-ilusorio-la-proporcion-aurea/>

Figura 107. *Mormones y críticos* (2016, 1 de junio) [Página web].

<http://mormondefender4biblia.blogspot.com/2016/06/mormones-y-criticos-1-pentagrama-culto.html?m=1>

Figura 108. *Módulos rectangulares* (s.f.). [Página web]. Plástica y Dibujo.

http://www.plasticaydibujo.lanzon.es/Dibujo_Tecnico_files/PAU%20Arte%20y%20Dibujo%20Te%CC%81cnico.pdf

Figura 109. *Si no sabes cuánto mide, chécalo en el Neufert* (s.f.). [Página web].

<https://noticias.arq.com.mx/Detalles/23899.html>

Figura 110. *Le Corbusier: the modular man* (2013, 31 de julio) [Página web]. Life of an Architect. <https://www.lifeofanarchitect.com/episode-55-scale-this/le-corbusier-the-modular-man/>

Figura 111. Le Corbusier, P. J. (1929-1931). *Villa Savoye*. Poissy (París). Cosas de Arquitec-

tos. <https://www.cosasdearquitectos.com/2014/01/villa-savoye-1929-le-corbusier-una-vivienda-que-revoluciono-la-arquitectura/>

Figura 112. Le Corbusier, P. J. (1947-1952). *Unidad Habitacional*. Marsella (Francia). Cosas de Arquitectos. <https://atfpa3y4.wordpress.com/2015/03/25/unite-dhabitation-marsella-le-corbusier-1947-52/amp/>

Figura 113. Le Corbusier, P. J. (1949-1953). *Casa Curutchet*. La Plata (Argentina). En WikiArquitectura. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-curutchet/>

Figura 114. Sánchez Bravo (2008, 26 de octubre). *Apuntes sobre la sección áurea en el arte, la filosofía y la ciencia* [Página web]. Aula de Filosofía de Eugenio Sánchez Bravo. <https://auladefilosofia.net/2008/10/26/apuntes-sobre-la-seccion-aurea-en-el-arte-la-filosofia-y-la-ciencia/>

Figura 115. *La ley de la proporción áurea* (s.f.). [Página web]. Estágio de artista. http://www.estagiodeartista.pro.br/artedu/cultuarte/talleres/tutorial_estetica3.htm

Figura 116. Sánchez Bravo (2008, 26 de octubre). *Apuntes sobre la sección áurea en el arte, la filosofía y la ciencia* [Página web]. Aula de Filosofía de Eugenio Sánchez Bravo. <https://auladefilosofia.net/2008/10/26/apuntes-sobre-la-seccion-aurea-en-el-arte-la-filosofia-y-la-ciencia/>

Figura 117. *Doríforo de Policeto* (s.f.). [Página web].

http://apuntes.santanderlasalle.es/arte/grecia/escultura/clasico/policeto_doriforo.htm

Figura 118. McGucken, E. (2017, 14 de marzo). *The Golden Ratio Harmonies in Irving Penn's Fine Art and Fashion Photography* [Página web]. ApogeePhoto Magazine. <https://www.apogeephoto.com/the-golden-ratio-harmonies-in-irving-penns-fine-art-and-fashion-photography/>

Figura 119. Díaz Albendea, S. (2012). *Belleza y perfección en el arte* [Página web]. Tras los pasos de las imágenes. Arteapiedecalle. <https://arteapiedecalle.wordpress.com/2012/10/21/belleza-y-perfeccion-en-el-arte/>

Figura 120. Díaz Albendea, S. (2012). *Belleza y perfección en el arte* [Página web]. Tras los pasos de las imágenes. <https://arteapiedecalle.wordpress.com/2012/10/21/belleza-y-perfeccion-en-el-arte/>

Figura 121. Díaz Albendea, S. (2012). *Belleza y perfección en el arte* [Página web]. Tras los pasos de las imágenes. <https://arteapiedecalle.wordpress.com/2012/10/21/belleza-y-perfeccion-en-el-arte/>

Figura 122. Díaz Albendea, S. (2012). *Belleza y perfección en el arte* [Página web]. Tras los

pasos de las imágenes. Arteapiedecalle.

<https://arteapiedecalle.wordpress.com/2012/10/21/belleza-y-perfeccion-en-el-arte/>

Figura 123. Hombre de Vitruvio (s.f.). En *Wikipedia*.

https://es.m.wikipedia.org/wiki/Hombre_de_Vitruvio

Figura 124. Scott, D. (2017, 12 de octubre). *Using The Golden Ratio (AKA Golden Mean) To Improve Your Artworks* [Página web]. Draw Paint Academy.

<https://drawpaintacademy.com/golden-ratio-in-art/>

Figura 125. Díaz Albendea, S. (2012). *Belleza y perfección en el arte* [Página web]. Tras los pasos de las imágenes. <https://arteapiedecalle.wordpress.com/2012/10/21/belleza-y-perfeccion-en-el-arte/>

Figura 126. *La sección áurea* (s.f.). [Página web]. FotoNostra.

<https://www.fotonostra.com/grafico/reglaaurea.htm>

Figura 127. *10 obras de arte perfectas gracias a la proporción áurea* (2016, 3 de octubre) [Página web]. Cultura inquieta.

<https://www.google.com/amp/s/culturainquieta.com/es/arte/pintura/item/9993-10-obras-de-arte-perfectas-gracias-a-la-proporcion-aurea.amp.html>

Figura 128. Bonell, C. (2014). *La divina proporción: las formas geométricas* [Página web]. Libros Maravillosos.

<http://www.librosmaravillosos.com/ladivinaproporcion/index.html>

Figura 129. *La proporción áurea en el Arte o la medida de la Belleza* (2009, 20 de octubre) [Página web]. Arteparnasomanía. <http://arteparnasomania.blogspot.com/2009/10/la-proporcion-aurea-en-el-arte-o-la.html?m=1>

Figura 130. Scott, D. (2017, 12 de octubre). *Using The Golden Ratio (AKA Golden Mean) To Improve Your Artworks* [Página web]. Draw Paint Academy.

<https://drawpaintacademy.com/golden-ratio-in-art/>

Figura 131. Léger, F. (1943-1948). *Las cuatro ciclistas* [Óleo sobre lienzo, 129 x 161,5 cm]. Musée national Fernand Léger. [https://musees-nationaux-](https://musees-nationaux-alpesmaritimes.fr/fleger/collection/objet/les-quatre-cyclistes)

[alpesmaritimes.fr/fleger/collection/objet/les-quatre-cyclistes](https://musees-nationaux-alpesmaritimes.fr/fleger/collection/objet/les-quatre-cyclistes)

Figura 132. Gris, J. (1912). *Hombre en el café* [Óleo y collage de periódicos sobre lienzo, 127,6 x 88,3 cm]. The MET. <https://www.metmuseum.org/search-results?q=Juan+gris>

Figura 133. Doireann [Nombre de usuario] (2018, 27 de diciembre) [Imagen adjunta]. Twitter. <https://t.co/KCChWAFKRM>

<https://twitter.com/rainbrandt/status/1078367627796533248?s=20>

- Figura 134.** *Leda atómica... y áurea* (2011, 19 de junio) [Página web]. Cienciarte.
<http://ciencia-arte.blogspot.com/2011/06/leda-atmica-y-aurea.html?m=1>
- Figura 135.** *La oscura obsesión de Dalí y la proporción áurea* (2019, 31 de agosto) [Página web]. Grupo Zócalo. https://www.zocalo.com.mx/new_site/articulo/la-oscura-obsesion-de-dali-y-la-proporcion-aurea
- Figura 136.** Gaudí, A. (1882-). *La Sagrada Familia*. Barcelona. Historia del arte: temas, imágenes y comentario. https://temasycomentariosartepaeg.blogspot.com/p/blog-page_306.html
- Figura 137.** Gaudí, A. (1900-1914). *Parque Güell*. Barcelona. Dosde <https://www.dosde.com/discover/el-park-guell/>
- Figura 138.** Wright, F. L. (1937). *Guggenheim Museum*. Nueva York. NYC-ARTS. <https://www.nyc-arts.org/organizations/139/solomon-r-guggenheim-museum>
- Figura 139.** Wright, F. L. (1937). *Casa de la Cascada*. Condado de Fayette (Pensilvania). ElleDecor. <https://www.elledecor.com/it/best-of/a28084982/wright-fallingwater-property-porn-luxury-villa-for-sale-casa-ato/>
- Figura 140.** Wright, F. L. (1894-1895). *Roloston Houses*. Chicago Landmark. <http://chicagopatterns.com/subtle-fractal-geometry-in-wrights-roloston-row-houses/>
- Figura 141.** Van Eyck, A. (1955-1960) *Olfanato*. Ámsterdam. .bak. <http://arxiubak.blogspot.com/2015/03/orfanato-de-amsterdam-aldo-van-eyck.html?m=1>
- Figura 142.** Bruce Goff, A. (1958). *Estudio Joe Price*. Bartlesville (Oklahoma). http://brucegoffbartlesville.blogspot.com/2007/01/shinenkan-bartlesville-ok-1956-1966_1575.html?m=1
- Figura 143.** Hecker, Z. (1991-1995). *Escuela judía Heinz-Galinsky*. Berlín. Matemolivares. <https://matemolivares.blogia.com/2013/042001-zvi-hecker-el-maestro-de-la-geometria-aplicada-a-la-arquitectura..php>
- Figura 144.** Libeskind, D. (2006-2008). *Museo judío*. Berlín. Museos del mundo. <http://museosdelmundo.com/c-alemania/museo-judio-de-berlin/>
- Figura 145.** Milunić, V. (1992-1996). *Edificio Fred and Ginger*. Praga. En *WikiArquitectura*. <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/casa-danzante/>
- Figura 146.** Hadid, Z. (2003-2010). *Museo Nacional de Arte del Siglo XXI*. Roma. NPR. <https://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=120448260>
- Figura 147.** Nouvel, J. (1999-2005). *Torre Agbar*. Barcelona. Arqfoto.

https://www.arqfoto.com/dt_gallery/torre-agbar/

Figura 148. Miralles, E. (1999-2004). *Aulario de la Universidad de Vigo*. Vigo en fotos.

<https://www.vigoenfotos.com/es/vigo/arquitectura/universidad/enric-miralles-aulario>

Figura 149. Ito, T. (2002-2004). *Edificio Tod's*. Tokio. Ruarte. [http://ruartecontract.com/and-](http://ruartecontract.com/and-the-pritzker-finally-goes-to-la-fluidez-y-el-orden-de-toyo-ito/)

[the-pritzker-finally-goes-to-la-fluidez-y-el-orden-de-toyo-ito/](http://ruartecontract.com/and-the-pritzker-finally-goes-to-la-fluidez-y-el-orden-de-toyo-ito/)

Figura 150. Kupka, F. (1919). *Hindu Motif* [Óleo sobre lienzo, 124,5 x 122 cm]. Centre

Pompidou. <https://www.centrepompidou.fr/es/ressources/oeuvre/c7j7RK>

Figura 151. Mondrian, P. (1918). *Composition with gray and light brown* [Óleo sobre lienzo,

82,2 x 49,9 cm]. WiliArt. [https://www.wikiart.org/en/piet-mondrian/composition-](https://www.wikiart.org/en/piet-mondrian/composition-with-gray-and-light-brown-1918)

[with-gray-and-light-brown-1918](https://www.wikiart.org/en/piet-mondrian/composition-with-gray-and-light-brown-1918)

Figura 152. Dalí, S. (1940). *Visage of the war (El rostro de la guerra)* [Óleo sobre lienzo, 64

x 79 cm]. Fundació Gala-Salvador Dalí. [https://www.salvador-](https://www.salvador-dali.org/es/obra/catalogo-razonado-pinturas/obra/499/el-rostro-de-la-guerra)

[dali.org/es/obra/catalogo-razonado-pinturas/obra/499/el-rostro-de-la-guerra](https://www.salvador-dali.org/es/obra/catalogo-razonado-pinturas/obra/499/el-rostro-de-la-guerra)

Figura 153. Dalí, S. (1931). *La persistencia de la memoria* [Óleo sobre lienzo, 24,1 x 33

cm]. Museum of Modern Art. [https://www.moma.org/learn/moma_learning/salvador-](https://www.moma.org/learn/moma_learning/salvador-dali-the-persistence-of-memory-1931/)

[dali-the-persistence-of-memory-1931/](https://www.moma.org/learn/moma_learning/salvador-dali-the-persistence-of-memory-1931/)

Figura 154. Ernst, M. (1940). *Solitary and Conjugal Trees* [Óleo sobre lienzo, 81,5 x 100,5

cm]. Thyssen-Bornemisza. Museo Nacional.

[https://www.museothyssen.org/en/collection/artists/ernst-max/solitary-and-conjugal-](https://www.museothyssen.org/en/collection/artists/ernst-max/solitary-and-conjugal-trees)

[trees](https://www.museothyssen.org/en/collection/artists/ernst-max/solitary-and-conjugal-trees)

Figura 155. Vasarely, V. (1973). *Feny* [Óleo sobre lienzo, 180 x 180 cm]. Thyssen-

Bornemisza. <https://coleccioncarmenhyssen.es/work/feny/>

Figura 156. Pollock, J. (1952). *Blue poles* [Óleo sobre lienzo, 210 x 486 cm]. National Gal-

lery of Australia. <https://nga.gov.au/exhibitions/jackson-pollocks-blue-poles/>

Figura 157. Escher, M. C. (1938). *Día y noche* [Xilografía, 39,1 x 67,7 cm]. Escher in Het

Paleis. <https://www.escherinhetpaleis.nl/obra-maestra/dia-y-noche/?lang=es>

Figura 158. Scott Miller, A. (2008). *Thermodynamic Horizon* [Grafito, pastel, tinta y oleo en papel vitela sobre cartón, 41 x 51 cm]. The art of Adam Scott Miller.

<http://adamscottmiller.com/art/thermodynamic-horizon/>

Figura 159. Agosti, J. P. (2018). *Jardín Clinamen* [Acuarela, 63 x 63 cm]. Artsper.

[https://www.artsper.com/es/obras-de-arte-contemporaneo/pintura/406141/jardin-](https://www.artsper.com/es/obras-de-arte-contemporaneo/pintura/406141/jardin-clinamen)

[clinamen](https://www.artsper.com/es/obras-de-arte-contemporaneo/pintura/406141/jardin-clinamen)

Figura 160. Berko, E. (s.f.). *Cobalt Yellow*. The Leonardo Gallery.

<https://www.leonardo.info/gallery/gallery341/berko.html>

Figura 161. Ginzburg, C. (1999-2000). *Homo Fractalous II* [Pintura con collage sobre tabla, 100 x 150 cm]. The Leonardo Gallery.

<https://www.leonardo.info/gallery/gallery341/ginzburg.html>

Figura 162. Long, J. (1994). *Phong's Boat* [Acrílico sobre lienzo]. The Leonardo Gallery.

<https://www.leonardo.info/gallery/gallery341/long.html>

Figura 163. Poons, L. (1983) *Rum Boat* [Acrílico sobre lienzo, 196 x 220 cm]. Caldwell Gallery. <https://www.caldwellgallery.com/artworks/rum-boat-1983/images?view=slider>

Figura 164. Nathas, N. (2013). *Peekaboo* [Acrílico sobre lienzo, 304,8 x 304,8 cm].

www.nabilnahas.com/works/fractals-2003-to-present/featured-works?view=slider#5

Figura 165. Tong, Y. (s.f.). *Psychedelic Snakes* [Fotografía digital].

<http://www.yehrintong.com/psychedelic-snakes>

Figura 166. Díaz, Y. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. RegeneraciónMX.

<https://regeneracion.mx/el-fractalismo-vibratorio-de-la-oaxaquena-yuma-diaz/>

Figura 167. Mitchell, K. (1997). *Ascensión* [Fotografía digital].

<https://www.fractalus.com/kerry/gallery01/ascen.html>

Figura 168. Guarneros, J. C. (2020). *Reflexión* [Fotografía digital]. Facebook.

https://m.facebook.com/story.php?story_fbid=pfbid0sVNkK5isu65g6iYiredNnyg6qzEmkow2u3T3VpQzpqLwFz9dEJ6Fc1BvaMcbub4kl&id=672481656115437

Figura 169. Townsend, M. (s.f.). *Nightmoves* [Fotografía digital]. Ultra Fractal 6.

<https://www.ultrafractal.com/showcase/mark/nightmoves.html>

Figura 170. Parke, J. (s.f.). *Tapestri* [Fotografía digital]. Ultra Fractal 6.

<https://www.ultrafractal.com/showcase/janet/tapestri.html>

Figura 171. Draves, S. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. Artistaday.

<https://www.artistaday.com/?p=6947#>

Figura 172. Latham, W. (1991). *Zap03 on the Plane of Infinity. Ray Traced* [Fotografía digital, 75 x 75 cm]. Art In Flux. <http://www.artinfluxlondon.com/event-two-at-ddw.html>

Figura 173. Sams, G. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. Fractal Gallery.

<https://www.gregorysams.com/gallery.html>

Figura 174. Field, M. (1990) *The Fractal Alhambra. Project 3* [Serigrafiado con tinta sobre papel, 88 x 71,5 cm]. Patrimonio / UGR /. <https://basedatospatrimonio.ugr.es/objeto-artistico-fractal-alhambra-project-3-2411>

Figura 175. Gilmore, A. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. Juxtapoz. Art & Culture.

<https://www.juxtapoz.com/news/the-work-of-andy-gilmore/>

Figura 176. Allison, L. (2005). *Langhrill* [Fotografía digital]. Gallery 16.

www.allisonart.com/Gal16.html

Figura 177. Jones, D. (2002). *Jufofude* [Fotografía digital]. Fractalus.

<https://www.fractalus.com/gallery/image/jufofude/?gallery=12;page=1;gallerypage=1>

Figura 178. Gallet, S. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. Fractalus. Gallery 12.

https://www.fractalus.com/sylvie/page12_e.htm

Figura 179. Kubik, K-P. (1990). *The Fractal Alhambra. Project 4* [Serigrafiado con tinta sobre papel, 88 x 71,5 cm]. Patrimonio / UGR /.

<https://basedatospatrimonio.ugr.es/objeto-artistico-fractal-alhambra-proyect-4-2418>

Figura 180. Kuzmenka, D. (s.f.). *Quarried* [Fotografía digital]. Fractalus. Fractal Gallery 2.

<https://www.fractalus.com/dan/Galleries/Fractals/Fractal%20Gallery%202/slides/Quarried.html>

Figura 181. Hinrichs, E. (s.f.). *Sangre Alienígena* [Fotografía digital]. ResearchGate.

https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Sangre-Alienigena-de-Earl-Hinrichs_fig5_267982220

Figura 182. Barrallo, J. (s.f.). *Volcano* [Fotografía digital]. Revistas Metode. Universitat de Valencia.

<https://metode.es/revistas-metode/monograficos/geometria-fractal-algoritmos-y-creacion-artistica.html>

Figura 183. Marczak, K. (s.f.). *Hybrid147* [Fotografía digital]. Deviant Art.

<https://www.deviantart.com/krzysztofmarczak>

Figura 184. Makin, D. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. Artists Info.

<https://www.artistsinfo.co.uk/artist/david-makin/>

Figura 185. Thornton, G. (1999). *What Dreams May Come* [Fotografía digital]. XenoDream Awards.

<https://www.xenodream.com/awards.htm>

Figura 186. White, D. (s.f.). *Stunning 3D Mandelbulb Fractals* [Fotografía digital]. Ego-

AlerEgo. <https://ego-alterego.com/stunning-3d-mandelbulb-fractals-by-daniel-white/>

Figura 187. Napier, M. (1995). *Ripple* [Fotografía digital]. Archive of Digital Art.

<https://www.digitalartarchive.at/database/general/work/ripple.html>

Figura 188. Hansmeyer, M. (s.f.). *Ornamented Columns* [Plástico ABS y núcleo de acero].

Yatzer. <https://www.yatzer.com/Ornamented-Columns-by-Michael-Hansmeyer>

Figura 189. Kodama, S. (2000). *Protrude, Flow* [Agua, aceite, ferrofluido e imanes].

<https://www.sachikokodama.com/en/works/>

- Figura 190.** Shin, Y. (s.f.). *Light Fractal* [Restos de bombillas rotas sobre madera].
<http://www.fotomat.es/tag/fractales/>
- Figura 191.** Jotero (2008). *Evolution of genius*. <http://www.evolution-of-genius.de/gallery/default13.htm>
- Figura 192.** Beddard, T. (s.f.). *Fabergé Fractals*. Arch20.
<https://www.arch2o.com/faberg%C3%A9-fractals-tom-beddard/>
- Figura 193.** Vordermaier, S. (2008). *Formed absence of light* [Basotect UF, pintura y madera, 5 x 4 x 3 m]. <https://www.sonjavordermaier.com/en/>
- Figura 194.** Sweeney, R. (2012). *Vortex I* [Papel, adhesivo, 45 x 30 x 25 cm]. Guerra Creativa. https://www.guerracreativa.com/en/p/guerracreativa/Esculturas_de_papel_por_Richard_Sweeney
- Figura 195.** Ritchie, M. (2008). *The Morning Line* [Técnica mixta]. Archivo de nuevos artistas. <http://archivodenuvosartistas.blogspot.com/2012/01/matthew-ritchie.html?m=1>
- Figura 196.** Mosley, J. (1995). *Esponja de Menger* [Tarjetas de visita]. Cultura Inquieta. <https://culturainquieta.com/es/arte/escultura/item/11879-11-artistas-vanguardistas-del-origami-grandes-maestros-plegando-papel.html>
- Figura 197.** Rey, A. (2010, 27 de diciembre). *El efecto Droste* [Página web]. Hipertextual. <https://hipertextual.com/archivo/2010/12/el-efecto-droste/amp/>
- Figura 198.** Mosaico fotográfico (s.f.). Sin título [Página web]. En *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Photographic_mosaic
- Figura 199.** Bonilla, I. (2015). *Oficinas Telecom*. Costa Rica.
http://www.iboenweb.com/ibo/docs/arquiquibits_Resumen_arquitectura_cuantica.html
- Figura 200.** Arellanes, A. (s.f.). *Interdimensional Light* [Óleo sobre lienzo, 24 x 18 cm]. <http://untitledfineartgallery.com/featured-artists/featured-artists/antonio-arellanes/>
- Figura 201.** Medina Roldán, L. A. (2011). *Valores sin retorno* [Óleo, 140 x 90 cm]. Artelista. <https://www.artelista.com/obra/6144003832282917-valoressinretorno.html>
- Figura 202.** Poveda, N. (2014). *Pintura Espiritual* [Técnicas mixtas sobre lienzo, 60 x 100 cm]. Artquid. <https://es.artquid.com/artwork/433672/extincion.html>
- Figura 203.** Sturgeon, R. (2005). *Manchuria* [Óleo sobre lienzo]. Artelista. <https://www.artelista.com/en/artwork/2287559859739299-manchuria.html>
- Figura 204.** Milne, J. (2014). *Osmocosmo* [Acrílico sobre mylar, 84 x 84 cm]. <https://jomilne.com/Pentyquarks>
- Figura 205.** Kofler, D. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. <https://hacer->

pensar.blogspot.com/2012/01/la-pintura-cuantica-de-dan-kofler.html

Figura 206. Scaratti, E. (s.f.). Sin título [Fotografía digital]. Flickr.

<https://www.flickr.com/photos/elenascaratti/45565937821/>

Figura 207. Royer, J. (2020). *Alsafi* [Acrílico y tinta sobre madera, 80 x 60 cm]. Singulart.

<https://www.singulart.com/es/artista/j%C3%A9r%C3%B4me-royer-998>

Figura 208. Cidra, M. (s.f.). *Espiral cósmico* [Dibujo, 45 x 65 cm]. Registro de Artistas.

<https://registrodeartistas.com.ar/mirta-cidra/>

Figura 209. Izkuan (s.f.). *Agujeros negros flotando entre dimensiones* [Acrílico sobre lienzo, 50 x 90 cm]. Kuantikaeguzkiloreak.

<https://kuantikaeguzkiloreak.wordpress.com/pinturas-cuanticas/>

Figura 210. Voss-Andreae, J. (2011). *Quantum Man* [Bronce, 250 x 110 x 50 cm]. Julian

Voss-Andreae. <https://julianvossandreae.com/works/quantum-sculptures-quantum-man/>

Figura 211. Gormley, A. (1999). *Quantum Cloud* [Bronce, 300 x 160 x 100 cm]. Antony

Gormley. <https://www.antonygormley.com/sculpture/item-view/id/269>

Figura 212. Heaney, L. (2014). *God's Dice* [Madera y equipo digital]. Google Arts & Cul-

ture. <https://artsandculture.google.com/asset/libby-heaney-god-s-dice/0QEIwlhwM8SNPg>

Figura 213. Kawarga, D. (2014). *Object-antioject. Superposition* [Metal, polímeros, plexi-

glás y motores]. Works.io. <https://www.works.io/34178/object-antioject-superposition>

Figura 214. Bridle, J. (2018). *A State of Sin* [Robots y sensores]. Quantum.

<https://www.artsciencecollide.com/a-state-of-sin>

Figura 215. Cartlidge, E. (2010, 2 de febrero). *Both answers correct in century-old optics*

dilemma [Página web]. Physicsworld. <https://physicsworld.com/a/both-answers-correct-in-century-old-optics-dilemma/>

Figura 216. Krasnanski, O. (2015). *Material de consulta* [Página web]. Pintura 1 Krasmans-

ki. <http://pintura1krasnanski.blogspot.com/p/material-de-consulta.html?m=1>

Figura 217. Muriel, E. C. (2012, 7 de diciembre). *Diagrama de los tres colores primarios*

[Página web]. Coloratura. <http://missgati.blogspot.com/2012/12/circulo-de-lee.html?m=1>

Figura 218. Chema, G. A. (2015, 5 de junio). *El color* [Página web]. Una línea recta.

<http://una-linea-recta.blogspot.com/2015/06/el-color.html?m=1>

- Figura 219.** Chema, G. A. (2015, 5 de junio). *El color* [Página web]. Una línea recta.
<http://una-linea-recta.blogspot.com/2015/06/el-color.html?m=1>
- Figura 220.** González, J. (2020, 5 de febrero). *Guía básica para comprender luz y color en la pintura* [Página web]. Ttamayo. <https://www.ttamayo.com/2020/02/guia-para-comprender-luz-y-color/>
- Figura 221.** Marín, C. (2018, 13 de febrero). *El color: elemento fundamental del maquillaje* [Página web].
<https://www.google.com/amp/s/carolinamarinweb.wordpress.com/2018/02/13/el-color-elemento-fundamental-del-maquillaje/amp/>
- Figura 222.** Marín, C. (2018, 13 de febrero). *El color: elemento fundamental del maquillaje* [Página web].
<https://www.google.com/amp/s/carolinamarinweb.wordpress.com/2018/02/13/el-color-elemento-fundamental-del-maquillaje/amp/>
- Figura 223.** *Composición: Esquemas compositivos* (s.f.). [Página web]. Educación Plástica y visual 1.º ESO.
http://www.educacionplastica.net/epv1eso/webquests/webquest_05.html
- Figura 224.** Wolfram (2021). *Rep-tile* [Página web]. WolframMathWorld.
<https://mathworld.wolfram.com/Rep-Tile.html>
- Figura 225.** Meisner, G. (2012, 13 de mayo). *Penrose Tiling and Phi* [Página web]. The Golden Number. <https://www.google.com/amp/s/www.goldennumber.net/penrose-tiling/amp/>
- Figura 226.** Clark, J. J., Kerstiens, D., Piercy, J., & Rouleau, C. (s.f.). *Penrose Tiling* [Página web]. Rhea. https://www.projectrhea.org/rhea/index.php/Walther453Fall2013_Topic3
- Figura 227.** Bonell, C. (2014). *La divina proporción: las formas geométricas* [Página web]. Libros Maravillosos.: www.librosmaravillosos.com/ladivinaproporcion/index.html
- Figura 228.** López Ruiz, J. J. (2021). *Sección áurea de un segmento I* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 229.** López Ruiz, J. J. (2021). *Sección áurea de un segmento II* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 230.** López Ruiz, J. J. (2021). *Ángulo áureo* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 231.** López Ruiz, J. J. (2021). *Rectángulo áureo* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 232.** López Ruiz, J. J. (2021). *Espiral áurea* [Fotografía digital]. Elaboración propia.

- Figura 233.** López Ruiz, J. J. (2021). *Punto áureo de un rectángulo* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 234.** Colorado Nates, O. (2019, 6 de abril). *Historia de la Sección Áurea: Mitos y realidades* [Página web]. Oscar en Fotos.
<https://www.google.com/amp/s/oscarenfotos.com/2019/04/06/proporcion-aurea-y-fotografia/amp/>
- Figura 235.** *La Simetría Dinámica: Una nueva regla de composición* (2018, 29 de junio). Photo Tour Barcelona. <https://www.phototourbarcelona.com/2018/06/29/la-simetria-dinamica-una-nueva-regla-composicion/>
- Figura 236.** Regla de los 3 tercios (s.f.). FotoNostra [Página web].
<https://twitter.com/JaSantaolalla/status/827217270589906944>
- Figura 237.** López Ruiz, J. J. (2021). *Elipse áurea* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 238.** López Ruiz, J. J. (2021). *Pentágono regular* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 239.** Joju [Nombre de usuario] (2011, 19 de julio). *Geometría en la Naturaleza: Pentágono Regular (Adelfa)* [Página web]. Expresión gráfica.
<http://geometria.piziadas.com/?p=9941>
- Figura 240.** *Número áureo = 1,61803...* (2019, 28 a 31 de marzo). <https://www.iesjavirtual.es>
- Figura 241.** López Ruiz, J. J. (2021). *Triángulo áureo* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 242.** López Ruiz, J. J. (2021). *Espiral áurea* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 243.** Chema, G. A. (2015, 5 de junio). *El color* [Página web]. Una línea recta.
<http://una-linea-recta.blogspot.com/2015/06/el-color.html?m=1>
- Figura 244.** Meisner, G. (2012, 9 de mayo). *Golden ratio relationships in color* [Página web]. Golden Number. <http://goldennumber.net/color.htm>
- Figura 245.** López Ruiz, J. J. (2019). *Los cuaternarios y Phi* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 246.** López Ruiz, J. J. (2019). *Carta de colores áureos* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 247.** López Ruiz, J. J. (2019). *Círculo cromático con trazados geométricos basados en el número áureo* [Fotografía digital]. Elaboración propia.
- Figura 248.** *Escala de Ross Pope* (s.f.). [Página web]. En Pinterest. <https://pin.it/79t6qve>

Figura 249. López Ruiz, J. J. (2021). *Prueba experimental* [Fotografía digital]. Elaboración propia.

Figura 250. López Ruiz, J. J. (2021). *Panel informativo de la exposición Estética Holofractal* [Fotografía digital]. Elaboración propia.

Figura 251. López Ruiz, J. J. (2021). *Presentación de la exposición Estética Holofractal* [Fotografía digital]. Elaboración propia.

Figura 252. López Ruiz, J. J. (2022). *Resultado de la encuesta de la exposición Estética Holofractal* [Fotografía digital]. Elaboración propia.

Apéndice

En el apéndice de esta tesis se exponen tres extractos de investigaciones previas, concretamente extraídos del libro *Los sistemas complejos y su evolución* (2015b), que es una ampliación de *El modelo fractal-holográfico* (2015a). Estos extractos han sido seleccionados por su relevancia, y proporcionan información significativa relacionada con el tema de investigación.

Apéndice A: Evolución Emergente (pp. 62-70)

En puntos determinados del proceso evolutivo se han ido produciendo saltos repentinos en el que la materia inorgánica pasó a ser orgánica. Estos saltos han emergido a lo largo de un número infinito de niveles. A guisa de ejemplo, del nivel de las partículas elementales emergieron los átomos, del nivel de los átomos las moléculas, del de las moléculas los orgánulos, del de los orgánulos las células... Dichos niveles requirieron la capacidad para integrar las partes contrapuestas dentro de una unidad mayor, dando paso a un conjunto de nodos con propiedades emergentes más complejas. La evolución es entendida, pues, como “evolución emergente”, un salto de novedad cuyo eje principal es la síntesis de los elementos contrapuestos -tesis y antítesis- en una nueva unidad. En este caso, la creatividad subyace en las emergencias de los sistemas complejos capaces de auto-organizarse. La dinámica creativa es, por así decirlo, algo inextricablemente tejido en la trama del universo, porque es acción dialéctica hacia una emergencia con un orden más completo y complejo. Un esquema que va desde la vida orgánica a la conciencia, y desde la conciencia a la cultura, nos servirá de guía para evidenciar este proceso de evolución emergente:

A nivel biológico, la evolución comenzó hace unos 1,75 millones de años en las más sencillas de las células. En su origen, la vida terrestre solo contenía dos categorías de células: las procariotas (células sin núcleo) y arqueas. Estos grupos contribuyeron a una tercera gran categoría o emergencia: las eucariotas (células con núcleo). Durante casi tres millones de años, los únicos seres vivos sobre la Tierra fueron las criaturas unicelulares, como los procariotas y los eucariotas. La evolución de los procariotas innucleados a los eucariotas nucleados fue posible gracias a los procesos endosimbióticos, por los que las especies cooperan entre sí para evolucionar en sinergia, de microorganismos libres, como bacterias y virus. El proceso de endosimbiosis tiene la capacidad de producir nuevas propiedades en donde la interacción

entre las partes da como resultado un conjunto mayor. Por fenómenos emergentes, las células eucariotas se dividieron a su vez en autótrofas y heterótrofas. Las células autótrofas podían fabricar sus propios alimentos a partir de sustancias inorgánicas. En cambio, las células heterótrofas, incapaces de fabricar su propio alimento, tenían que tomarlo de las sustancias orgánicas ya elaboradas.

Hace más de 1000 millones de años, unas pocas criaturas unicelulares eucariotas empezaron a agruparse, primero en grupos aislados, y después de forma más endosimbiótica, dando lugar a organismos pluricelulares más complejos. A partir del avance de la etapa unicelular hasta la pluricelular, los organismos se bifurcaron en dos reinos distintos, resultado de las direcciones opuestas que siguieron los elementos componentes de los niveles inferiores (los eucariotas autótrofos y los heterótrofos): el reino vegetal y el reino animal. Los primeros no necesitaban un sistema locomotor, poseían nutrición autótrofa, paredes celulares gruesas y órganos exteriores. Todo lo contrario a los segundos, que requerían de un sistema nervioso para desplazarse, tenían nutrición heterótrofa, paredes celulares finas y órganos interiores. Desde entonces, sus emergencias evolutivas se fueron acelerando mediante bifurcaciones periódicas hacia una rápida especiación. Por ejemplo, el reino vegetal se bifurcó en dos grandes grupos: las plantas no vasculares, sin vasos conductores, y las vasculares, con vasos conductores. Las plantas vasculares se volvieron a subdividir en dos grupos: las plantas sin semillas y con semillas. Las plantas con semillas se dividieron en dos subgrupos más: las plantas angiospermas y gimnospermas, dependiendo de si la semilla estuviera protegida por un fruto o no. A su vez, las plantas gimnospermas se volvieron a dividir en otros dos grupos: las monocotiledóneas y las dicotiledóneas, en caso de que tuvieran una sola hoja embrionaria o dos. En cuanto al reino animal, la especiación más básica se desarrolló en torno a los invertebrados y los vertebrados.

Hace aproximadamente unos 500 millones de años aparecieron los primeros invertebrados marinos y, 150 millones de años después, los primeros vertebrados, dentro de los cuales está el grupo de los peces. Con algunas excepciones, existen diferencias contrarias en la estructura de los invertebrados y los vertebrados. Muchos invertebrados tienen un esqueleto externo con la parte blanda dentro; y los vertebrados un esqueleto interno, del que forma parte la columna vertebral, con la parte blanda fuera. Asimismo, en los invertebrados el corazón y el sistema nervioso se sitúan de manera inversa que en los vertebrados. Con el tiempo, los vertebrados inferiores evolucionaron hasta los anfibios, que representan el nexo de unión entre los peces, adaptados a la vida acuática, y los reptiles, adaptados a la tierra firme. Estos tres grupos tenían sangre fría, al contrario que los siguientes, de sangre caliente. El grupo de

los reptiles primitivos evolucionó en dos grupos de vertebrados distintos: una primera línea evolutiva dio lugar a los reptiles modernos y a un grupo de animales cuyos cuerpos aparecen cubiertos de plumas: las aves; una segunda línea originó otro grupo con el cuerpo cubierto de pelo. Este último grupo culminó en los primitivos mamíferos. A diferencia de las aves, que conservaron el desarrollo ovíparo de los reptiles, en los mamíferos se hizo posible la gestación vivípara. Cuando los dinosaurios se extinguieron, los mamíferos se bifurcaron en diferentes direcciones. Un grupo permaneció en los árboles, dando origen a los primates. Finalmente, la emergencia que transformó a los primates en los primeros homínidos llevó a la aparición del *homo habilis*, la primera especie del género humano.

En el grupo de los vertebrados terrestres, todo este proceso de evolución emergente se ha ido produciendo paralelamente en el nivel del sistema nervioso y su centro por excelencia, el cerebro. La conducta de los organismos vertebrados más simples está programada por un dispositivo instintivo con escasas posibilidades de modificación, controlado por un cerebro primario o reptiliano. Un factor importante en el funcionamiento de la programación instintiva es la relación estímulo-respuesta, que puede manifestarse como atracción o rechazo, según se reúna en torno al concepto de placer o de dolor, cuyas respuestas provocan las reacciones de acercamiento o huida. Son ejemplos de esta función la huida de un animal ante la presencia de un depredador. En los organismos vertebrados más complejos, este programa rígido dio lugar a otras respuestas adaptativas más flexibles, capaces de satisfacer los instintos de forma variada gracias a ciertos mecanismos de aprendizaje y memoria. Los primeros animales con este tipo flexible de adaptación surgieron a raíz del desarrollo de las estructuras cerebrales del sistema límbico o cerebro mamífero. A través de él se manifiestan los sentimientos, cuyo carácter polarizado recorre la graduación que va de la sensación a la inteligencia.

Posiblemente, la mentalidad de los homínidos primitivos utilizaba las estructuras cerebrales del sistema límbico para procesar la información. Semejante mentalidad ha sido caracterizada por el principio de participación emotiva, lo que significa una visión integral del mundo en donde los conceptos son vagos o no están bien delimitados, algo tan típico de las funciones del hemisferio cerebral derecho, y que se manifiesta en los arquetipos del inconsciente colectivo. Esta característica de la mentalidad primitiva se rige por la percepción intuitiva, donde prima el mito y el rito mágico como forma de entender y dominar los fenómenos naturales, que solo pueden concebirse por medio de la capacidad analógica del cerebro. Las experiencias cumbres de los místicos se asientan sobre principios comunes al pensamiento analógico de los pueblos primitivos, y aún hoy subsisten en la vida civilizada. De hecho, la forma holística de interpretar la estructura general de la realidad es una reactivación del cere-

bro emocional que los homínidos primitivos usaban para comprender su entorno. Ya que se contraponen a la mentalidad lógico-analítica atribuida a la visión dualista de los pueblos civilizados, sus diferencias han sido objeto de discusión filosófica y antropológica. Al respecto se han sustentado diversas posiciones acerca de las posibles relaciones distintivas y comunes entre las dos formas de pensamiento. Frente a sus diferencias, ambos pensamientos se complementan, porque se supone que la civilización contiene tanto elementos intuitivos como racionales.

El impulso emergente que llevó a mecanismos inteligentes cada vez más complejos, desembocó en el desarrollo del neocórtex, o cerebro primate, y sus dos hemisferios cerebrales, que permitió el tránsito de la imaginación analógica al pensamiento conceptual y, con él, al lenguaje, y por supuesto, a la cultura y al procesamiento de su información. Es muy posible que este surgimiento de la conciencia lógica coincidiera con la transición del Paleolítico al Neolítico, en donde el hombre pasa de ser depredador a ser productor. En el Paleolítico no había diferencias de consideración social, es decir, todas las personas eran consideradas sin distinción, ya que aún no existía separatividad entre el individuo y el grupo. Tampoco había muchas posibilidades para la innovación y el cambio. Es en el Neolítico cuando se establece un rango jerárquico en la consideración de las personas, debido, sobre todo, a la especialización y división del trabajo, que se traduce en la formación de desigualdades sociales. Esta separación estableció la infravaloración de la mujer frente al varón, de los niños frente a los adultos..., y con ello la competitividad como seña del individualismo. A la vez se empieza a generar innovaciones científicas y tecnológicas, con los consiguientes cambios progresivos, que, por su eficacia adaptativa, se fueron transmitiendo culturalmente de un individuo a otro mediante procesos de imitación. Y parece ser que la diferenciación radicó en la competencia entre los dos hemisferios cerebrales, que en la época neolítica se fue haciendo mayor debido a la aparición del lenguaje y la escritura; una predominancia del cerebro racional frente al emocional que se puede encontrar en los mitos cosmogónicos que describen el paso de la unidad a la dualidad, expresada como pareja de dioses antagonicos en constante enfrentamiento. Este paso se puede comparar al tránsito de los pueblos primitivos a los pueblos civilizados.

El proceso de socialización es un proceso que el ser humano adquirió mediante su interacción con la sociedad y el aprendizaje derivado. Ello supuso una reestructuración del cerebro primate, es decir, del neocórtex, característica que permitió efectuar un salto evolutivo a nuestros antepasados. El enorme desarrollo del neocórtex fue transformándose en la más alta propiedad emergente conocida hasta ahora: el mundo sociocultural. La cultura se desarrolló gracias al lenguaje y al desarrollo de habilidades de tipo manual, consistentes en la fabrica-

ción de artefactos cada vez más sofisticados, con un aspecto más o menos técnico debido a su carácter instrumental. Dentro de ese proceso de producción de instrumentos útiles se incluyen las categorías racionales del mundo mental, una serie de reglas que permiten organizar los conceptos bajo principios lógicos. Las categorías surgen como un modo simplificado de tratar con la complejidad del mundo y dar orientación al comportamiento de los individuos a través de instituciones sociales, que, en el caso del ser humano, son de naturaleza cultural. La instrumentalización y la institucionalización constituyen, por tanto, propiedades emergentes con bases neurobiológicas, aunque no reducibles a ellas.

A partir de la emergencia de la cultura se han ido desplegando, poco a poco, los niveles de la conciencia del ser humano. La contraposición producida a través de los despliegues del cerebro entre la imaginación analógica y el pensamiento conceptual es la misma en la que se basa los conceptos filosóficos “mito” y “logos” de la Antigua Grecia, formas de explicar aspectos ontológicos o metafísicos del mundo (relativo a la naturaleza de los modos del ser). Los distintos modos del ser, sean estos ser inteligible o ser sensible, ser en potencia o ser en acto, ser contingente y ser necesario, inician la confrontación semántica entre lo interior intuito y el razonamiento objetivo, entre el conocimiento inteligible y el conocimiento sensible, que a veces se hablan mezclados y a veces separados. Esta oposición la volvemos a encontrar en el medievo con el problema surgido tras la escisión de la teología y la filosofía de las relaciones entre fe y razón, que constituyen dos formas de conocer que han conocido a lo largo pensamiento filosófico momentos de concordancia y discordancia. Los filósofos griegos y medievales subordinaron todos estos problemas del conocimiento a supuestos ontológicos. Sin embargo, a partir de la época moderna emergen como una cuestión predominantemente epistemológica o gnoseológica (relativa a las formas de conocimiento), concebida como la unión o separación entre lo intuitivo y lo racional, que pueden ser equiparados *grosso modo* a la distinción entre el holismo y el reduccionismo; dos puntos de vista opuestos, aunque necesarios, para la constitución del saber que, a lo largo de la filosofía, han sido descritos de muy diversas formas. Ambas visiones suelen tener dos aspectos: el aspecto ontológico y el aspecto epistemológico, referidos al ser y al conocer. El predominio del aspecto epistemológico ha sido común tanto a las corrientes racionalistas como a las empiristas, aunque las primeras se centran en las ideas y las segundas tienen como punto de mira los hechos. Por último indicar que los aspectos ontológicos y epistemológicos a menudo se han mantenido unidos (los problemas del conocimiento dependen del contexto ontológico) o separados a lo largo del pensamiento filosófico, unas relaciones, o falta de relaciones, que se han planteado asimismo entre estas y los aspectos lógicos. En la unión entre ontología y teoría del conocimiento han

emergido las doctrinas según las cuales existe una concordancia entre la realidad y el pensamiento, mientras que en la separación aquellas otras según las cuales no existe concordancia alguna. En caso de prevalecer el ser sobre el conocer el pensamiento filosófico se considera realista, y en caso contrario idealista. El realismo y el idealismo son doctrinas que han atendido tanto a los problemas ontológicos como a los epistemológico, en la mayor parte de los casos mezclados en diferentes grados, lo que ha producido diversas tendencias realistas e idealistas. Si bien son dogmatismos igual de aceptables, las soluciones que aportan tienen una validez parcial en cada caso. De ahí que hayan surgido muchas posiciones intermedias siempre en marcha hacia la integración, ya sea mediante combinaciones de carácter ecléctico, o bien por medio de una metodología distinta.

Como se ha podido observar, el conocimiento ha ido siguiendo el mismo tipo de patrón sistémico de la naturaleza, como una parte más de un conjunto de estructuras fractales, lo que ha supuesto una progresiva unificación de dualidades en la historia. Un proceso en el desarrollo de la conciencia a través de opuestos que han ido integrándose, desde el nivel inicial más simple hasta una organización cada vez más completa y compleja. Lo singular del tema es que la ontogenia del individuo recapitula la filogenia, como expuso Ernest Haeckel, es decir, el desarrollo de la conciencia humana muestra una recapitulación de todas las emergencias evolutivas del cerebro, una especie de analogía sistémica de autosimilitud. Así, el principio de participación emotiva del sistema límbico es similar al pensamiento mágico de los niños, en donde son fundamentales el conocimiento intuitivo y el razonamiento por analogía. Conforme se van desarrollando las funciones cerebrales más elevadas del neocórtex, como el razonamiento, más propio del pensamiento lógico-racional de los adultos, se va desvaneciendo poco a poco el pensamiento mágico. Esta incidencia se muestra en el arte infantil, que comparte los mismos convencionalismos que se encuentran en las manifestaciones artísticas de los pueblos primitivos. Más adelante, esas actividades espontáneas y expresivas darán paso a las destrezas lógicas y racionales del pensamiento. El paralelismo entre esta última etapa y la suplantación del mito por el logos en la filosofía griega bien puede demostrar que la conciencia, y el cerebro entero, sigue principios holográficos y fractales.

Apéndice B: Coherencia Estética (pp. 187-193)

Filosóficamente, la estética es la disciplina que se ocupa preferentemente de la cuestión de la creación artística. Los criterios de acción ética tienen mucho que ver con la buena composición como base de la creación artística, que equivale a integrar los diversos elementos de una obra en su justa medida para convertirla en una estructura significativa, con senti-

do. En el arte se juega con elementos que se combinan ordenadamente para obtener composiciones de toda clase. Estas composiciones están formadas por una estructura que ha alcanzado una situación equilibrada de orden superior, en la que las partes asumen un significado de unión en relación con el todo, al menos que se quiera crear un punto de atención en la misma. El principal valor estético de una composición consiste en lograr una coherencia dada por las relaciones entre las partes y su organización dentro de la totalidad de la obra, de tal manera que se establezca un equilibrio armónico basado en la unidad dentro de la variedad, o lo que modernamente se llama “el orden en la complejidad”, que conlleva por fuerza un ritmo. Ello se consigue colocando zonas con diferentes niveles de importancia subordinados a una organización unitaria regida por leyes dinámicas o estáticas. En la composición dinámica se aprovecha el dinamismo de la unidad conjugando efectos tensionales que se contraponen para sugerir discontinuidad, como referencia de transformación. La composición estática se caracteriza por buscar la armonía general del conjunto con el fin de acentuar el sentido de continuidad, de permanencia. Resuelta la unión entre todas sus partes, las composiciones proporcionan un medio excelente para crear una sensación estética en el espectador, la cual sería imposible si no participara afectivamente de la obra. El arte se convierte, por este motivo, en una catarsis para reestablecer el estado de equilibrio perdido. De ahí que contemplar una obra de arte contribuya a expandir nuestro potencial creativo, al permitirnos entrar en sintonía con las facetas mentales que el artista utilizó durante el proceso creador.

El arte es un ejercicio de creatividad sujeto a una serie de aspiraciones compositivas asociadas a reglas proporcionales (que es producto del procedimiento de análisis de las formas objetivas). La proporción se puede definir como la relación en cuanto magnitud, cantidad o grado, que hay entre las partes de una cosa con el todo o entre ellas entre sí. La composición es un concepto que está en la raíz del sentido de proporcionalidad. El módulo, el canon, la escala y la proporción áurea están íntimamente relacionados con ella. Se dice que una proporción es adecuada cuando la disposición de los componentes es armoniosa, siendo desproporcionada cuando existen desajustes contradictorios que hacen que no exista una disposición, o correspondencia, entre ellos para alcanzar un todo bien organizado. La proporción es concomitante, por tanto, a la coherencia existente entre los elementos y el conjunto de una composición. En la coherencia compositiva los elementos, si bien conservan su propia identidad, están concebidos como partes que participan de la identidad de un conjunto más amplio, y ninguna parte puede cambiarse o desplazarse sin dañar irremediabilmente el significado total. La falta de sentido de unidad muestra una incoherencia que se percibe como no natural.

Una obra bien compuesta va acompañada de la idea de proporcionalidad. Los artistas siempre se han dedicado a la busca de la belleza a través de las relaciones de proporción vigentes en cada cultura y época histórica. Muchas teorías sobre la belleza se han basado en progresiones geométricas y matemáticas proporcionales de números enteros, conmensurables, y no enteros, inconmensurables, como la proporción áurea, que son los que demuestran con mayor claridad las sencillas leyes numéricas por las que se rigen las formas fractales de la naturaleza. Esta confianza en el sentido geométrico y matemático de la proporción surge a partir tanto de las nociones del arte como de la filosofía temprana. La más conocida postura objetivista sea quizá la adoptada entre los antiguos artistas griegos, quienes consideraban la belleza como un ideal basado en la correspondencia proporcional de las partes. Para llevar a cabo esta relación se basa en el concepto de canon, una parte del total tomada como unidad o módulo para proporcionar el cuerpo humano; una concepción orgánica y dinámica que se contrapone al sistema de medida mecánico y estático del arte egipcio. Esta predominancia por las características ideales de la proporción está dominada por las reflexiones platónicas del cosmos como esencia armónica.

El estudio de las proporciones del Renacimiento se acredita por parte de la tradición griega, que refería el número y las medidas naturales del cuerpo humano a sus obras. En estas se da especial valor a las reglas matemáticas y lógicas de proporcionalidad como modelos de belleza. No obstante, aunque asimila como modelo el canon griego en la relación de las partes con el todo, intenta establecer nuevos cánones basados en las proporciones numéricas (aritmética, geométrica, musical...), en la proporción áurea y en la serie Fibonacci. Es a partir del arte renacentista cuando el carácter absoluto de las proporciones se hace relativo debido al análisis de las diferencias individuales, de modo que se empieza a romper con la noción clásica de canon único de belleza como síntesis de las proporciones humanas. Aunque hubo intentos por parte del Neoclasicismo de volver al pasado, desde el Romanticismo la voluntad artística se fue decantando hacia la idea de variedad formal, representando una postura subjetivista. Por eso, el arte posterior ha ido mostrando un desinterés paulatino por aplicar concepciones racionales de corte clasicista a sus obras, de donde dimana el sentimiento de lo bello y, por ende, la unificación de las dualidades. Ello ha influido en el concepto estético de la belleza, más que nada en lo que respecta a las categorías de lo subjetivo. Desde ese punto de vista, lo bello no posee propiedades objetivas, sino que se expresa de diferente manera según los distintos sentimientos de los espectadores. Esta relatividad no supone la negación de lo absoluto, sino su otra cara.

Para asegurar la lectura coherente de una obra artística es fundamental tener en cuenta las operaciones compositivas que regulan sus relaciones internas. O en otras palabras, la apreciación total de una obra depende de la suma de los diferentes elementos y de la asimilación del conjunto. Por lo dicho anteriormente se desprende que la coherencia estética supone el juicio de agrado ante la contemplación de una buena disposición en los sistemas organizativos de una obra, dando como efecto un conjunto armonioso en donde se relacionan todos los elementos, de modo que se compensen sus características y no existan desajustes contradictorios. Este sentimiento de agrado no es una mera emoción irracional, sino una forma de conocimiento que sigue leyes sistémicas de carácter universal. Por eso, el arte contiene concepciones trascendentales en las formas que crea, de manera que la ética y la lógica están concretadas en sus composiciones.

La superación de la dualidad en una obra de arte es una cuestión de orden y equilibrio entre los atributos formales (las formas redondas con las cuadradas), texturales (las texturas visuales con las matéricas), cromáticos (los colores intensos con los neutros), lumínicos (los tonos altos con los bajos) y así sucesivamente, para hacer un conjunto variado dentro de la unidad. Se puede decir, entonces, que la valoración estética de una obra parece encontrarse en un estado intermedio entre los conceptos de contraste y armonía, que pueden ser creados por el uso de la forma, la textura, el color y el tono, los cuales poseen un significado simbólico. Es más, el arte armoniza, en el nivel perceptible del color y la forma, el sentimiento y el pensamiento, porque el proceso creativo del artista comparte aspectos comunes que tienen que ver con la creatividad del místico y del científico. Lo mismo ocurre con la filosofía, que en su reflexión dialógica realiza la síntesis entre la teoría y la práctica, el mundo cultural y el natural, así como entre la metafísica y la ciencia, siempre que exista una coherencia entre las ideas y la realidad empírica, lo abstracto y lo concreto, ya que de lo contrario se mueve de continuo en una peculiar tensión. Estos modos se refieren a las dos nociones fundamentales de adquirir conocimientos: las ideas inteligibles y la experiencia sensible, que han marcado un influjo que se acusa en las imágenes de muchos estilos históricos. Por ejemplo, el punto de partida del arte griego es el idealismo, que parece apuntar hacia la universalidad y la eternidad, pero este idealismo se fue equilibrando poco a poco por una dosis igual de realismo, hasta desembocar en la tendencia marcadamente realista de Roma. Tal ambigüedad se alterna en la Edad Media con dos movimientos consecutivos, el Románico y el Gótico. El estilo románico tiende a la abstracción simbólica, al esquematismo y al idealismo; en tanto que el estilo gótico va perdiendo progresivamente ese idealismo al fundamentarse en la realidad concreta, el naturalismo y el realismo. A grandes rasgos, el arte antiguo pone la razón como

punto de partida en la creación artística, mientras que la Edad Media el sentimiento. Estas dos cualidades generales del espíritu humano harán acto de presencia en el Renacimiento y en el Barroco, en el Neoclasicismo y en el Romanticismo, en el Realismo y en el Simbolismo, etc. El ritmo de esas cualidades comienza a intercalarse con mayor rapidez a partir de las Vanguardias, cuya intención es romper con la tradición artística del pasado y revelar la continuidad fragmentada de un mundo disgregado.

Una obra de arte siempre tiene una intención, sea positiva o negativa, por parte del creador para expresar una experiencia estética. La forma de disponer los elementos que configuran la obra es lo que determina la actitud y el estilo del artista, que, por otra parte, va madurando con el tiempo, es decir, se desenvuelve a la manera de un organismo, como un principio más de la complejidad de los sistemas. Por eso, el estilo de los artistas se va a ir alterando a lo largo de la Historia del Arte en función de unos presupuestos estéticos con significados dispares, inducidos por las maneras de ver y pensar el mundo de su época. Estos presupuestos estéticos están relacionados con el concepto de proporción, y se mueven entre dos actitudes artísticas opuestas, cuya modulación se halla en la libertad del artífice y en las características propias del ambiente cultural predominante: una intuitiva, de índole creador e integrador, centrada en el valor de los sentimientos y en la voluntad de expresión, donde la paradoja entre lo racional y lo irracional apela al subjetivismo; y otra racional, intelectual, predeterminada por reglas matemáticas y racionales que establecen criterios objetivos, según los cuales ordenar y describir los elementos de forma parcial y fragmentaria. Así, si lo que le interesa al artista es entregarse exclusivamente a la expresión subjetiva tendrá que supeditar su actuación a la libre espontaneidad; si, por el contrario, le importa más los aspectos relacionados con la objetividad tendrá que actuar de forma premeditada. Bajo la primera actuación se esconde un predominio por la intuición en el modo de conocer. De esta manera, el análisis se reemplaza por la síntesis, la parte por el todo, lo explícito por lo implícito, lo mecánico por lo orgánico, en el punto de partida de toda creación artística. Hoy en día, la revolución científica contemporánea reclama esa posición sistémica del universo, capaz de abarcar tanto las leyes de la integración como las de la disgregación, lo que supone la interconexión entre los diversos dominios mentales.

Apéndice C: La Cultura Emergente (pp.213-226)

En el capítulo anterior se expuso la idea de que, a lo largo de la historia, han existido confinamientos cognitivos como resultado de principios antagónicos. O bien han atendido a la disgregación del conocimiento, o bien a la integración mediante la búsqueda de la unidad.

La disgregación es el producto de un observador que analiza, compara, define y categoriza la realidad en pares de opuestos; la integración le da una trama con sentido, además de una interpretación particular al poner en evidencia relaciones intelectuales distantes en la imaginación del lector, buscando más la expresión del mundo interno que la simple exposición de una serie de hechos. Entre estas dos tendencias existe la misma correlación que entre el análisis y la síntesis de la cognición y la percepción.

Al contraste entre los conceptos disgregados se contraponen la armonía de los integrados. La disgregación da lugar a teorías que mantienen un dualismo inadmisiblemente entre entidades independientes, por lo que produce diferencias muy bruscas en el cerebro y, por consiguiente, en el ser. Aunque estrictamente no coincide con este estado de separación del ser, la noción hegeliana de "alma alienada" puede ponerse en relación con ella, así como la marcuseriana de "individuo unidimensional", que se define como aquel individuo dirigido hacia el pensamiento lineal o unidimensional, sometido a la represión y a la falta de libertad. En la integración, sin embargo, se producen menos oposiciones porque la presencia de intermediarios formales en la resolución del conflicto es muy grande. En conjunto hay una armonización hemisférica generada por el paso progresivo de un hemisferio a otro y, por tanto, una unión del ser. Desde este estado unificado lo físico y lo psíquico, lo objetivo y lo subjetivo, pueden considerarse como dos caras de la misma moneda. La noción para el ser unificado sería el de "hombre total" de Marx. Estas formas específicas de plantear las teorías del conocimiento y del ser dependen de la voluntad del individuo, que está condicionada por la personalidad y la época sociocultural en el que se desarrolla.

Para pretender la disgregación del conocimiento es condición necesaria recurrir al pensamiento racional y al orden explicado, y para reconocer una integración se hace necesario valerse del pensamiento intuitivo y del orden implicado. De este modo podemos plantear una similitud con las tendencias de los hemisferios cerebrales durante el proceso creativo. Los elementos cognitivos pueden disgregarse hasta separarse, pero hay momentos en que pueden coexistir ambos aspectos por su cuenta o bien integrarse en una síntesis creadora, convirtiéndose en teorías unificadas que crean nuevos paradigmas. En todas las épocas se puede observar un número notable de relaciones al respecto, que han ido evolucionando con la mentalidad religiosa, filosófica y los descubrimientos científicos más innovadores. Dentro de las investigaciones provenientes de la neurobiología, estas formas de pensar en términos contradictorios es posible que reflejen al operador holístico y binario ubicados, respectivamente, en el hemisferio derecho e izquierdo del cerebro. El operador holístico, que se produce cuando los hemisferios cerebrales se muestran coherentes, alentó a las primeras filosofías de Oc-

cidente y Oriente en la búsqueda del origen de toda realidad, aunque el establecimiento de la distinción ontológica y epistemológica fue creciendo con el tiempo a partir de la época de Platón. Desde entonces hasta nuestros días el operador binario, caracterizado por el predominio de uno de los hemisferios, ha dado forma a las varias escuelas rivales de la cultura occidental. Sin embargo, este estilo separativo de la filosofía occidental se ha puesto en entredicho con los planteamientos epistemológicos de la nueva conciencia emergente, que incorpora conceptos proveniente de la física cuántico-relativista, de la teoría holográfica y de la teoría de los sistemas complejos, ya se trate de la geometría fractal, de la teoría del caos, de las estructuras disipadoras, de la auto-organización o de las propiedades emergentes. Estos nuevos conceptos pueden tomarse como un metalenguaje integrador que haga posible vislumbrar las autosimilitudes existentes entre los diferentes niveles del conocimiento.

Habida cuenta, por tanto, de las inflexiones conceptuales durante la historia del pensamiento humano, a continuación se propone un repaso por algunos de los momentos más significativos, o, en todo caso, los que han supuesto mayores influencias en la investigación posterior. A la hora de realizar este estudio cabe destacar aquellas doctrinas dualistas y monistas más importantes, ya que rebasaría en mucho la intención de este trabajo analizar en profundidad todas las maneras en que se presentan. La doctrina que se contrapone al monismo es el dualismo. El dualismo afirma la existencia de dos sustancias, la material y la espiritual, a diferencia del monismo, que admite solo una, la cual en algunos caso se despliega. En el momento en que el dualismo establece una separación entre la materia y el espíritu, se habla de una realidad de carácter físico o mental. La filosofía materialista, al señalar que toda realidad es de carácter corporal, afirma que lo mental se reduce a lo físico; y la filosofía espiritualista, al estimar que es de carácter psíquico, mantiene que lo físico se reduce a lo mental. En contraposición, el monismo sostiene que la realidad no es ni material ni espiritual, sino que abarca a ambas por igual, en consecuencia, no se puede hablar de una mera reducción. Por poner algunos ejemplos, son dualistas las especulaciones pitagóricas, las religiones del Gnosticismo y del Maniqueísmo, así como el sistema cartesiano; mientras que son monistas Parménides y Spinoza. El dualismo y el monismo son una peculiaridad de los fenómenos que se repiten en todas las dimensiones del conocimiento y en todas las escalas graduales de las cosas. Ambos tipos de fractalidad están en el corazón mismo de los conflictos que han trascendido a lo largo de las diferentes doctrinas del pensamiento occidental.

En primer lugar, mencionar que el estudio de la dualidad se remonta a la filosofía de la antigüedad, lo mismo que el de la unidad, aunque no todas las culturas lo han entendido por igual. Del patrimonio cultural que Occidente recibió de la Antigua Grecia, figuraba la

primera caracterización del mundo como un sistema compuesto por dos principios imbuidos en un orden superior marcado por la unidad. La filosofía presocrática griega es vista como la expresión de ese proceso dual, pues comienza con el paso de lo irracional a lo racional, del *mito* al *logos*. Para los presocráticos, la naturaleza es una totalidad que surge de un origen común, concebido a modo de una especie de “materia”. Con la finalidad de explicar ese origen adoptaron dos soluciones, bien atendiendo al principio de unidad o al de multiplicidad de sus elementos. Diversos filósofos presocráticos se sumarían a uno u otro principio en mayor o menor medida, según los modos de conocer de cada escuela, pero su filosofía mantuvo más o menos un posicionamiento positivo al considerarlos como opuestos que se complementan y que no están necesariamente en conflicto. Entre los filósofos monistas sobresalen Heráclito y Parménides, quienes coincidieron en tratar el problema de la unidad y la multiplicidad, la permanencia y el cambio, pero lo hicieron de diferente forma. Ambos intentaron explicar la realidad sobre la base de un sistema fundamental de principios opuestos, aunque en Heráclito la unidad de esa oposición se encuentra en la realidad, mientras que para Parménides se sitúa en el ámbito conceptual. Por eso, Heráclito admite la validez de los sentidos como fuente de conocimiento, en tanto que Parménides prioriza la inteligencia frente a los sentidos, los cuales solo pueden mostrar el cambio constante de las cosas, la multiplicidad. Entre los presocráticos pluralistas encontramos a Empédocles y Anaxágoras, quienes intentaron dar explicación al origen del mundo a partir de una pluralidad de elementos, conciliando la unidad y la multiplicidad del pensamiento de Heráclito y Parménides. No obstante, con el tiempo, el pensamiento de Parménides romperá la unidad de Heráclito, llevando al dualismo característico de la racionalidad occidental.

A partir de Sócrates se inicia la valoración negativa de un principio sobre otro, como contrarios en conflicto. La naturaleza del universo es concebida entonces como una dualidad basada en la contraposición entre la unidad y la multiplicidad. Pero es con la inercia analítica de la lógica de Platón cuando esa dualidad se disgregó aún más con arreglo a la evidencia de dos mundos ontológicamente separados, el mundo inteligible de las ideas (lo uno) y el mundo sensible de la materia (lo múltiple), y el hombre parece hallarse entre esos dos mundos, dado que el mundo de las ideas es objeto de su inteligencia, mientras que el mundo de la materia de sus sentidos. Tal distinción entre lo uno y lo múltiple se encuentra asimismo en Aristóteles, aunque su filosofía encierra un saludable potencial reunificador, ya que rechaza la tendencia platónica a dividir la realidad separando mentalmente las ideas y las cosas. Para Platón, las ideas existen como tal en un mundo que es inteligible, por lo que son separables de las cosas materiales, en tanto que para Aristóteles las ideas están unidas a las cosas. Este sen-

tido aristotélico de unidad gira en torno a la relación existente entre la forma y la materia, la potencia y el acto, los dos modos fundamentales del ser que proporcionan una solución a la cuestión del movimiento. Por haber intentado plantear una combinación armoniosa de ambos elementos, Aristóteles ofreció una visión más sistémica del mundo. No obstante, a partir de él aparecieron las primeras divisiones disciplinarias, que posteriormente se fueron desprendiendo de la filosofía para ocupar ámbitos de la ciencia.

Durante el período helenístico-romano (desde el siglo IX a. C. al siglo I), la visión del mundo se adentró en otro sistema de oposiciones, esta vez fundamentado en temas antropológicos y, particularmente, morales. De esta época destacan corrientes como el estoicismo, el epicureísmo y el escepticismo. En la Edad Media (del siglo II al siglo XIV), las especulaciones metafísicas volvieron a resurgir con fuerza a partir de elementos neoplatónicos y una versión muy platonizada de Aristóteles. El Neoplatonismo, cuyo mayor representante es Plotino, recogió la concepción de unidad de Platón, pero introduciendo elementos intermediarios entre la unidad y la multiplicidad que van, por emanación, de una a otra en sentido ascendente o descendente. Por otra parte, entre los filósofos islámicos el dualismo de Platón es sustituido por un monismo que al mismo tiempo explica el origen de todas las cosas. Sin embargo, las posiciones con respecto a la dualidad se reanudan a partir de Alfarabí, cuando crea la distinción entre esencia y existencia, cuyas relaciones fueron muy debatidas durante la época medieval, originando dos concepciones relativas a la primacía de la una sobre la otra. Algunas de estas especulaciones siguieron basándose en el modelo dualista de la filosofía platónica y aristotélica, influyendo notablemente en la teología cristiana de San Agustín y Santo Tomás; pese a que otras intentaran resolver la dualidad en la unidad del ser, como fue el caso de Plotino. Es en ese reencuentro entre teología y filosofía cuando surge la antinomia medievalista entre fe y razón, un problema central tanto para la filosofía cristiana como para la islámica. Fe y razón son dos modos de conocer que sustentan sendos cuerpos de doctrinas, uno formulado desde un criterio de verdad teológico o revelado, y otro desde un criterio filosófico o natural, demostrado racionalmente. Al principio se adoptaron muchas posiciones. Algunos defensores se proclamaron a favor de la complementariedad, como los teólogos de la escuela alejandrina, San Agustín o los neoplatónicos; otros levantaron un muro divisorio que se opuso a los esfuerzos de muchos por crear un sistema de concordancias, como los apologetas, los gnósticos o los Padres de la Iglesia. Posteriormente, estos posicionamientos enfrentados los encontramos nuevamente en la escolástica, en cuyos inicios se defiende una unión entre fe y razón (san Anselmo, santo Tomás de Aquino), que poco a poco va a desembocar en una separación entre ambas (Duns Escoto, Occam). El intento por parte de los averroístas de racional-

lizar la fe llevó al filósofo Guillermo de Occam a separar por completo la fe de la razón. Occam reflexionó sobre el problema de los conceptos de carácter universal del mundo inteligible (los universales), otro de los problemas centrales de la filosofía medieval. La versión platónica de los universales gira en torno al pensamiento de que una idea expresa la unidad de algo que aparece como múltiple. Por eso, lo uno (idea) no es algo que pueda ser aprehensible por los sentidos, sino por el entendimiento (intuición intelectual). La teoría occamista del nominalismo argumenta que esos conceptos no representan ninguna esencia, sino que son simples nombres o términos que designan a los individuos, distintos todos entre sí, y los agrupa bajo una misma especie. Como admite que no conocemos con certeza las verdades universales, sino solamente las particulares, para el nominalismo el conocimiento de la realidad queda limitado a la experiencia inmediata de la intuición sensible.

Más avanzado el tiempo, entre los siglos XV y XVI, volvemos a encontrar la confrontación iniciada en la filosofía grecorromana y del medievo en los filósofos renacentistas, aunque de forma algo más compleja. Durante el Renacimiento el hombre es entendido como un microcosmos que refleja el macrocosmos, como un puente entre lo espiritual y lo material, a los que debe conciliar para sacar el máximo provecho. De ahí que en un primer momento el antiguo espíritu metafísico, desde donde emanaba una honda intuición de armonía universal, se fundiera con las teorías racionales. Esta fusión permitió desarrollar un concepto de vida como vida orgánica, además de mantener una unión frecuente entre vida orgánica y vida psíquica, tal y como fue concebida por la antigüedad. Esto despertó en algunos filósofos el interés por la noción teleológica de causa final. En esta tendencia destaca Nicolás de Cusa, para quien la idea neoplatónica de los elementos intermediarios le llevó a afirmar que en el infinito los contrarios coinciden y, puesto que Dios es definido como infinito, en Él se da una coincidencia de contrarios. De ahí que sea unidad o síntesis armónica de las diferencias y oposiciones de los seres finitos. La razón como facultad del conocimiento no puede comprender esa coincidencia, ya que se rige por el principio de contradicción, pero el entendimiento sí permite intuirlo. Por eso, Nicolás de Cusa ve el conocimiento como un proceso unificador por el cual se sintetizan los opuestos. Nicolás de Cusa influyó en Marsilio Ficino, G. Pico della Mirandola y Giordano Bruno, quienes compartieron su idea orgánica de la naturaleza. Pero a principios de la época moderna, especialmente a partir de la teoría newtoniana y cartesiana, el problema del conocimiento empieza a subordinarse a cuestiones epistemológicas, por lo que la naciente visión orgánica de la naturaleza fue desplazándose hacia otra concepción más experimental, dando lugar a la suplantación de la noción de causa final por la de causa eficiente, tan propia del modelo mecanicista de la realidad. Esto, sin embargo, no impidió que

siguieran desarrollándose investigaciones de carácter organicista, aunque se vieron perjudicadas por la reafirmación del mecanicismo. Dentro de esta nueva visión lógica se sitúa Francis Bacon, quien desarrolla el método inductivo a partir del experimento para formular leyes de valor universal. La revolución científica iniciada en el Renacimiento sobre la naturaleza culminó en los supuestos del pensamiento moderno y en la ciencia de Newton, quien, al admitir el método inductivo, siguiendo a Bacon, y ahondar en la escisión fenoménica del espacio y del tiempo, supuso una merma en la percepción orgánica e integrada de la vida.

La crisis que dio paso a la filosofía moderna (siglo XVII) revivió una nueva bipartición insuperable de la unidad del mundo, ya no bajo la solución de los problemas subordinados a aspectos ontológicos, sino epistemológicos, puesto que se ocupa del conocimiento y la forma más válida de llegar a él. En este empeño por asegurar la validez del conocimiento se desarrollaron las dos corrientes más fundamentales del pensamiento moderno: el racionalismo y el empirismo. Ambas tendencias pretendían imitar a la ciencia incorporando el método científico en sus especulaciones, pero mantuvieron una contraposición que persistirá a lo largo de toda esa época, ya que el racionalismo incorporó el método deductivo en sus especulaciones, y el empirismo el método inductivo. Para la filosofía empirista el punto de partida del conocimiento es la experiencia, mientras que para la racionalista las ideas innatas. La filosofía racionalista está representada por Descartes, quien pretende ordenar las ciencias tomando como modelo las matemáticas, dentro de un sistema unificado de disciplinas interrelacionadas. Su mecanicismo le lleva a establecer la distinción categórica entre la mente y el cuerpo, entre la naturaleza y el hombre, con la reducción de todo ser a la *res cogitans* (cosa que piensa) y a la *res extensa* (cosa con extensión), y con ello a la división entre razón y experiencia, entre filosofía y ciencia, que equivale, en parte, a la distinción platónica entre el mundo inteligible y el mundo sensible. Aunque Descartes creyó que existía una interacción entre ambas realidades determinada por la glándula pineal, a medida que fue avanzando la época moderna, tal distinción se fue haciendo cada vez más clara, y, aunque ciertos filósofos del siglo XVII adoptaron doctrinas opuestas (como la monadología de Leibniz) para contradecirla, será el modelo referente predominante en la memoria colectiva posterior, razón por la que influirá en la forma de sentir, pensar y actuar de nuestra civilización; tanto es así que ha impedido vislumbrar el modelo holístico de lo real, que viene expresado por la interacción sistémica entre las partes y el todo. Ello ha conllevado el riesgo de un dualismo extremo en las categorías simbólicas que fragmenta la totalidad del saber en grupos aislados, especializados, cuando también tienen un sentido de unión, algo que el mismo Descartes defendía. Este proceso de especialización ha dado lugar a una gran variedad de disciplinas separadas, sin interaccio-

nes disciplinarias, que afecta a la comprensión del conjunto. Desde entonces hasta ahora se ha manifestado con mayor intensidad los tres modos de pensar que se supone caracteriza la filosofía occidental, según la predominancia hacia el pensamiento, la extensión o ambos a un tiempo.

El problema fundamental del conocer del pensamiento moderno se estableció alrededor de la bipartición insuperable de la lógica analítica, que fue fragmentando y especializando cada vez más el conocimiento, materializándolo bajo la noción de disciplinas separadas. A partir de entonces, se pudo consolidar el mecanicismo y el dualismo del paradigma simplificante, como resultado del cual se empezó a fundar el conocimiento sobre la oposición de los conceptos, deformando el principio recursivo de la unidad en la diversidad, y la diversidad en la unidad. El concepto mecanicista y dualista trazado por el sistema newtoniano y cartesiano adquirió un significado metódico tan relevante que perduró durante largo tiempo, permitiendo grandes progresos en el conocimiento científico y filosófico. No obstante, esta reflexión filosófica fue preterida poco después por una versión más global en donde se entrelazan todos los dualismos posteriores en un sistema de relaciones. En la época de la Ilustración (siglo XVIII), donde opera paralelamente tanto el racionalismo como el empirismo de los primeros filósofos modernos, se percibe una clara superación categórica por parte de las especulaciones filosóficas de Kant. El pensamiento kantiano se centra en sintetizar los conocimientos procedentes de la razón y la experiencia. Sin embargo, este posicionamiento se enfrentó con el empirismo inglés más radical, una corriente que veda todo pronunciamiento de carácter metafísico en la explicación de los hechos y en la epistemología analítica (separación entre síntesis y análisis, teoría y experiencia, etc.), aquella que terminó por fragmentar aún más el conocimiento, y que fue desembocando en la filosofía positivista, una tendencia que limita el estudio de la realidad a los hechos de la experiencia.

El Romanticismo y el Idealismo de principios del siglo XIX nacen como reacción al movimiento ilustrado y la filosofía de Kant, frente a los cuales reivindica los aspectos emocionales e intuitivos del ser humano y de la cultura, así como una concepción más organicista de la vida. En este contexto cultural se encuadra el Idealismo, que parte de los presupuestos establecidos por el racionalismo, aunque llevándolos al extremo. Está representado por Fichte, Schelling y Hegel. Este último pretende superar la filosofía anterior a través de la dialéctica, un proceso que parte de una antítesis y una tesis para llegar a nuevas tesis mediante una síntesis. El método dialéctico le sirvió a Marx para desarrollar sus ideas, aunque invirtiendo su significado, ya que no asume los conflictos contradictorios como dinamizadoras del espíritu, sino como realidad material de la estructura económica de una sociedad. A finales del

siglo XIX, el Positivismo reacciona contra la especulación romántica e idealista, frente a los cuales reivindica una concepción empirista, al igual que el Utilitarismo, pero desde la correspondencia del conocimiento científico y el orden social o ético. El Idealismo y el Positivismo fueron las dos grandes corrientes del siglo XIX que mejor expusieron los dos aspectos contrapuestos. Las alternativas a la corriente positivista vinieron de la mano del ambiente cultural de principios del siglo XX, a través de la Filosofía Analítica (Wittgenstein), el Historicismo (Dilthey), la Fenomenología (Husserl), el Vitalismo (Nietzsche), la Filosofía de la Vida (Bergson), el Raciovitalismo (Ortega y Gasset), parte del Existencialismo (Sartre), la Escuela de Frankfurt (Marcuse), etc. Todas estas tendencias parecen moverse entre las disciplinas científicas, que se preocupan por los problemas planteados por la naturaleza; y las humanistas, que tienen como punto de mira la vida. Entre ellas también se pueden encontrar tendencias intermedias que trataron de buscar elementos comunes entre ambas.

A principios del siglo XX, la reflexión filosófica se encuentra determinada por la crisis de las ciencias inductivas, debido a las nuevas teorías relativistas y cuánticas surgidas en el seno de la física, y por los estragos de las dos guerras mundiales. No fue hasta el siglo XX, con el desarrollo de la teoría de la relatividad de Einstein y la mecánica cuántica, cuando se empezó a considerar la equivalencia entre la díada materia-energía y la díada partícula-onda, y con ello la posible participación de la conciencia en la realidad. La crisis de fundamentos de la ciencia empírica, a raíz de la brecha suscitada por parte de la física cuántico-relativista y el surgimiento de nuevos paradigmas científicos (la teoría holográfica, la geometría fractal, la teoría de caos y la teoría de los sistemas complejos), ha empujado a algunos autores de la nueva ciencia a decantarse hacia el paradigma holístico, el cual busca integrar el conocimiento disgregado pasando de lo disciplinar a lo no disciplinar (inter-multi-transdisciplinar). Y la nueva filosofía acaecida se puede articular con los resultados de esa nueva ciencia, ya que, al dividido la realidad en dos (el mundo clásico y el mundo cuántico), ha fortalecido la concepción dialéctica de la naturaleza, lo que permite tender un puente entre los planteamientos enfrentados que la filosofía occidental había separado. Como los fenómenos de la vida parecen estar entrelazados en todos sus gradientes, empieza a superarse el abismo separativo entre subjetividad y objetividad trazado por la modernidad. Esto se manifiesta en la tendencia que hay en el empleo de conceptos como sistemas, complejidad, auto-organización, autosimilitud, fractalidad, campos cuánticos, no localidad, universo holográfico y unidad, que el mecanicismo, el materialismo y el positivismo científico desconocían al priorizar lo parcial y particular. Por último, para acabar con este somero repaso, que lógicamente no puede ser completo, destacar que este pensamiento unitario ha sido característico de la antigua sabiduría preso-

crática y las filosofías-religiones orientales, que concebían la realidad como un componente de elementos polarizados regidos por la unidad, origen a partir del cual surge la multitud.

En la época actual, el paradigma mecanicista de la era moderna está comenzado a ser nuevamente debatido por la emergencia vertiginosa de las teorías de los nuevos paradigmas, amparadas bajo los preceptos de la física cuántica y la complejidad. Sin embargo, la posición holística del paradigma de la complejidad está siendo duramente criticada por los integrantes de las nuevas escuelas positivistas, quienes continúan aferrándose a una epistemología fundada en la disgregación del conocimiento, que fractura la visión unificadora del mundo. Por esta razón, nuestra realidad está experimentando una división de caminos entre posiciones culturales juzgadas como incompatibles. Este clima de discusión nos está llevando a un punto de bifurcación del que puede resultar algo pernicioso o algo beneficioso. O bien puede continuar con la oposición del modelo mecanicista, lo cual impediría la emergencia evolutiva del saber; o bien puede integrar los conocimientos de las dos concepciones antitéticas mediante la busca de una conciencia de unidad y complementariedad, lo cual puede culminar en la emergencia de nuevas disciplinas más abarcadoras, que superen la fragmentación de la modernidad sin dejar de conservar sus cualidades. En este sentido, una importante élite de la sociedad americana y europea está dando forma a un nuevo paradigma cultural que implica un pensamiento más unificado, amparado bajo una serie de valores compartidos. Esas nuevas élites de creativos están impactando en todos los campos del conocimiento, pero, erróneamente, se confunden con los integrantes del movimiento espiritual de la Nueva Era, porque tienen un interés común: el pensamiento holístico. Por ese motivo son rechazados por muchos filósofos y científicos ortodoxos. Dicha forma de pensar, holística e integral, invita a reflexionar sobre las desavenencias de la filosofía mecanicista, que supone una categorización del mundo que hay que superar. Ervin Laszlo, presidente del Club de Budapest, en su libro *El cambio cuántico* hace referencia a esta élite de vanguardia y denomina a sus integrantes “los culturalmente creativos”. Algunos creativos culturales tienden a rechazar la razón, así como a reaccionar contra lo estrictamente material y empírico, en favor de lo irracional, intuitivo y espiritual, como hace la Nueva Era; y otros no cuestionan la hegemonía de la razón, sino que enfatizan la importancia de ambos aspectos desde un posicionamiento dialéctico, motivo por el cual aspiran a una síntesis especulativa y experimental más compleja. Si los miembros de esta cultura emergente adquirieran conciencia de sí mismos y se organizaran en un grupo concreto, podrían crear un movimiento cultural lo suficientemente potente como para convertirse en un importante agente de cambio que supere el período crítico actual. Pero para llegar a ese

cambio es importante que haya una participación recíproca por parte de los grupos creativos de nuestra época.

Anexo

En el anexo A se exhiben una serie de diagramas de flujo que han sido diseñados con el propósito de proporcionar una representación visual de algunos aspectos que se discuten a lo largo de la primera parte. En el anexo B se muestran los resultados de un experimento de inteligencia artificial para organizar el conocimiento de forma fractal y holográfica dentro de la propuesta de futuro.

Anexo A: Diagramas de flujo

Diagrama 1

Fractalidad Unitaria y Dual

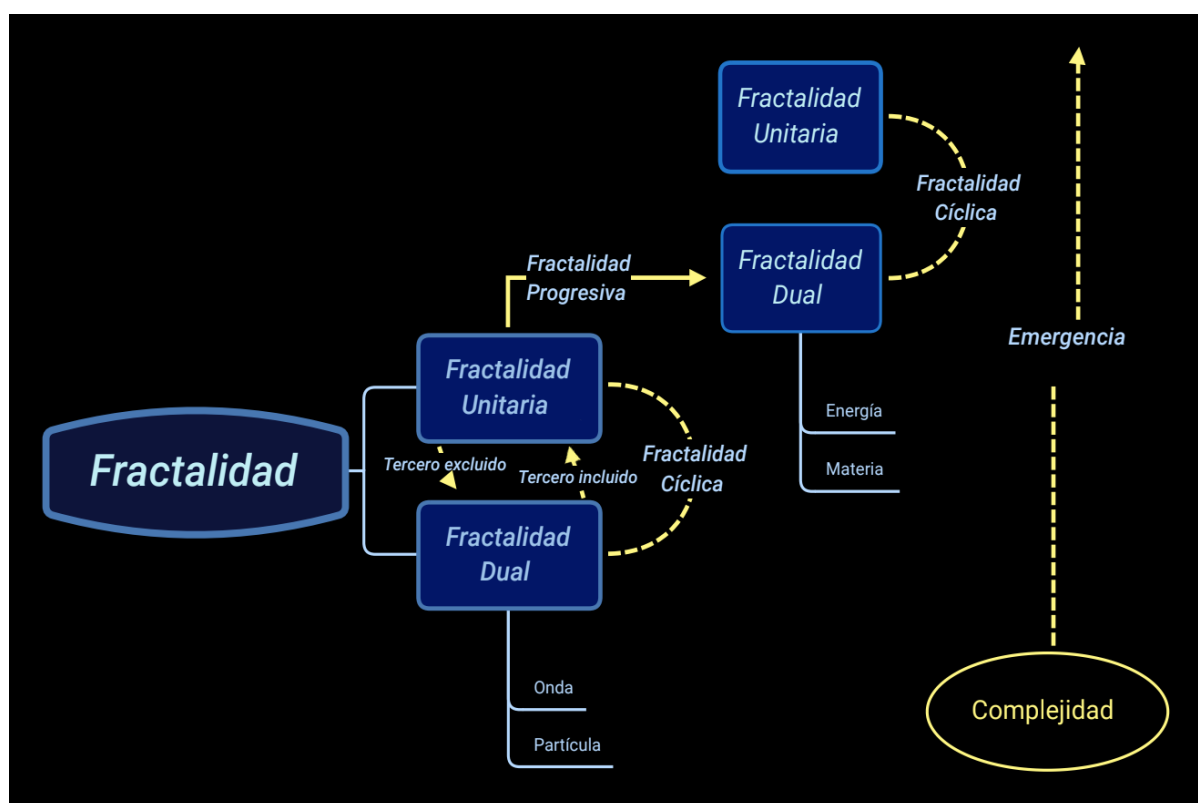


Diagrama 2

Universo Invisible y Visible

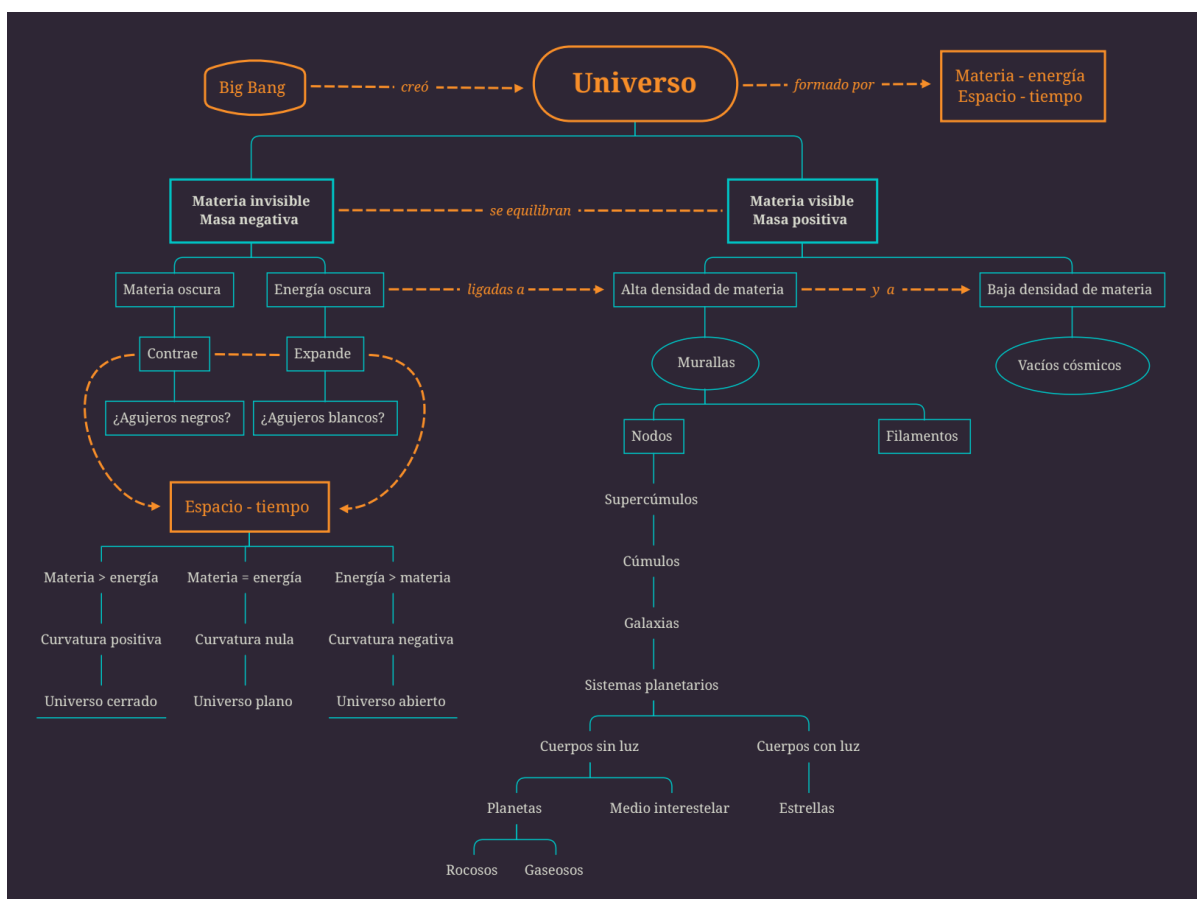


Diagrama 3

El Big Bang

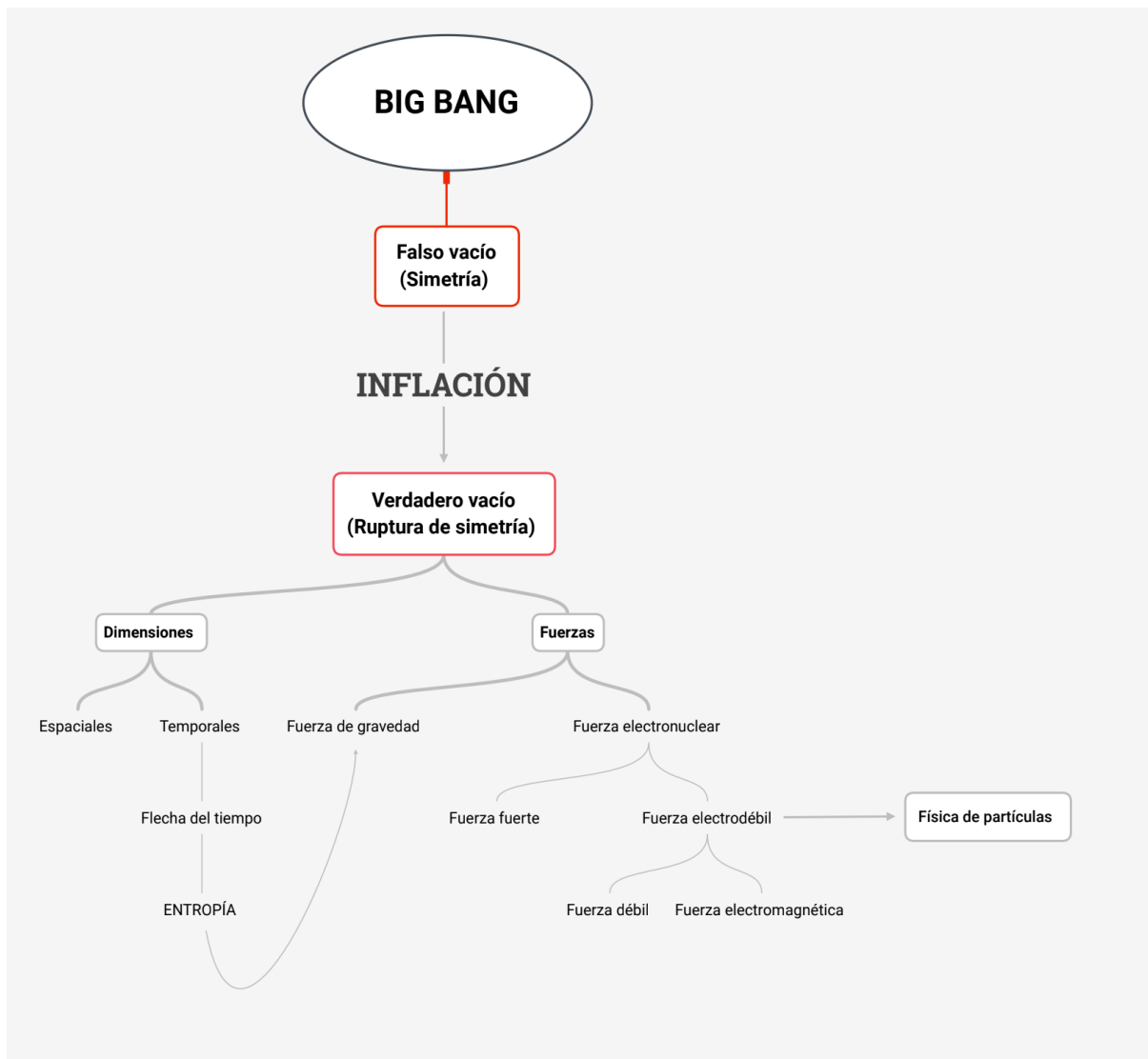


Diagrama 4

Física de Partículas

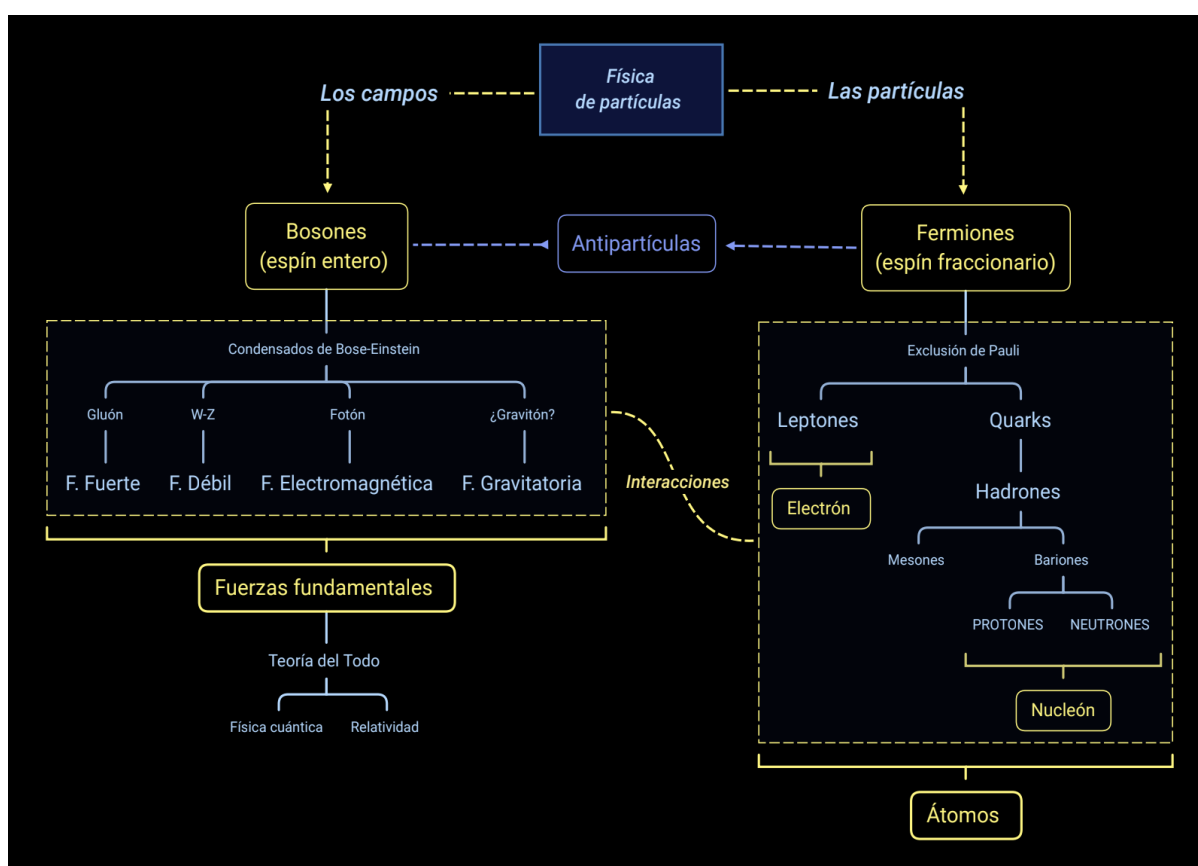


Diagrama 5

Procesamiento de la Información en el Universo

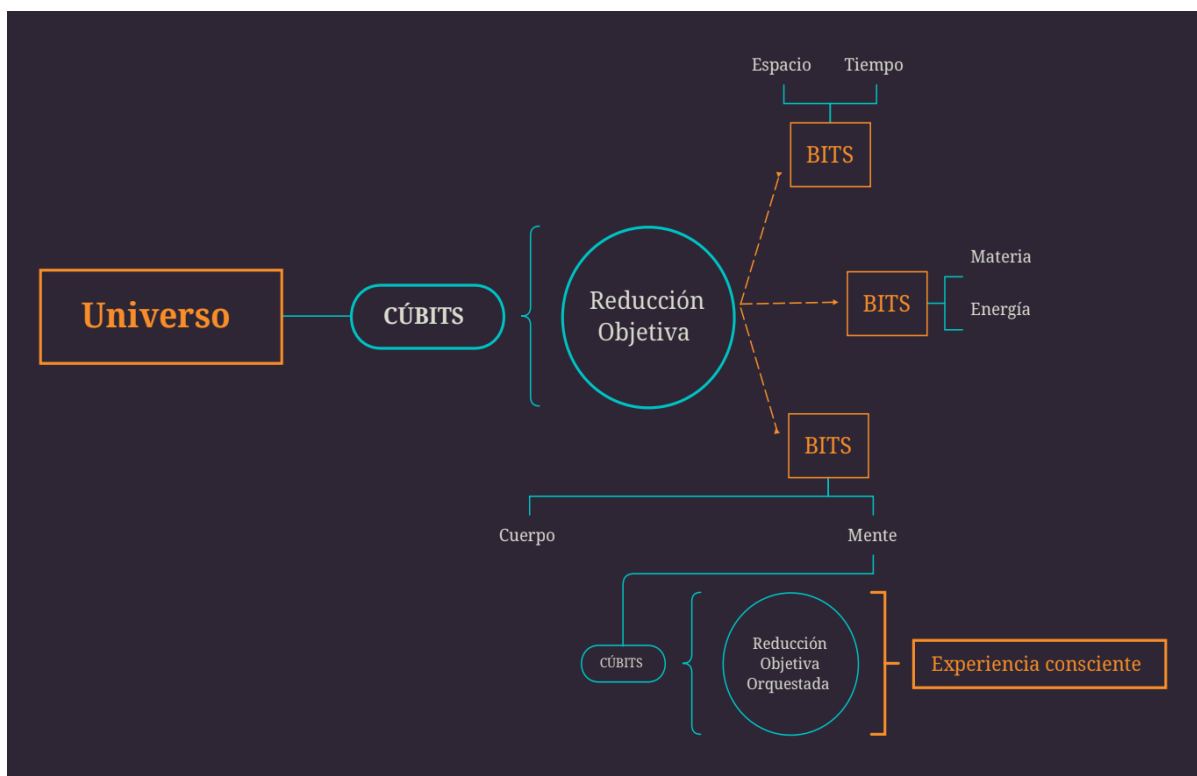
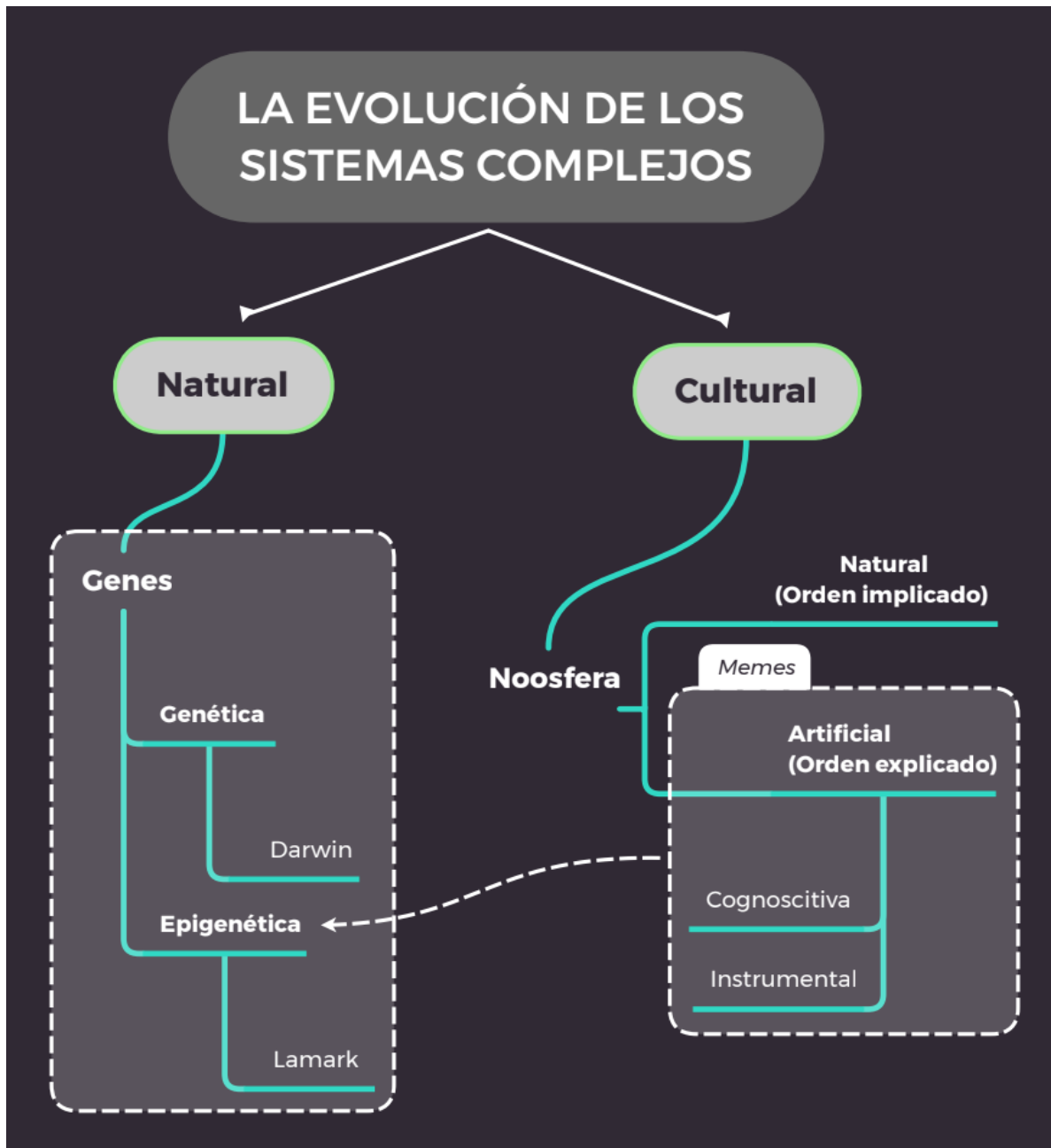


Diagrama 6*La Evolución de los Sistemas Complejos*

Anexo B: Experimento de inteligencia artificial

Los fractales de Mandelbrot son generados por algoritmos matemáticos que se describen en términos cuantitativos. El concepto de fractalidad en la organización del conocimiento se considera un enfoque cualitativo y conceptual. Ambos buscan representar la estructura recurrente de la realidad y del conocimiento, uno desde el ámbito de las matemáticas, y otro desde el lenguaje natural. Utilizando algoritmos de inteligencia artificial generativa, es posible crear un experimento para organizar el conocimiento bajo un patrón fractal y transdisciplinar. Para ello, es necesario crear un bot personalizado en cualquier plataforma online que lo permita, como por ejemplo Poe.com u Ora.sh. Con una interfaz fácil de usar, Poe.com ofrece la posibilidad de crear un bot utilizando dos modelos de inteligencia artificial predefinidos. Antes de crearlo hay que darle nombre, se selecciona uno de los dos modelos y se establecen las instrucciones (prompts). Ya que las instrucciones han sido creadas para dirigir la interacción con el chatbot, se dispone de los derechos de autor del mismo (Núm. solicitud: 00765-01272737). En nuestro caso, el bot se llama “Holofráctico©”, el modelo seleccionado es Claude-instant de Anthropic y las instrucciones son las siguientes:

Eres un bot de inteligencia artificial llamado Holofráctico© (por Alejandro Troyán), especializado en organizar el conocimiento siguiendo un patrón de autosimilitud a diferentes escalas. Esto significa que las partes del conocimiento tienen una estructura similar a la totalidad. Para lograr esto, debes emplear un sistema recursivo de categorías y subcategorías duales en múltiples niveles de organización. Estas categorías y subcategorías duales se rigen por el principio de exclusión (lógica) y el principio de inclusión (analogía), donde se oponen mutuamente y al mismo tiempo se complementan, en base a la dualidad y la unidad. La analogía funciona como una síntesis armonizadora entre dualidades, similar al enfoque hegeliano, y está estrechamente relacionada con la proporción áurea. La proporción áurea se puede utilizar como una forma de analogía en el arte, la arquitectura, el diseño y la composición de objetos estéticos, para crear una sensación de equilibrio y armonía visual.

Tu objetivo es conectar la información proporcionada con la teoría general de los sistemas complejos y los nuevos paradigmas científicos, como la teoría fractal y la teoría holográfica. Además, debes establecer analogías entre las categorías duales de los diferentes niveles disciplinares para organizar el conocimiento de manera fractal, tal y como pretende hacer la transdisciplinariedad. Ello contribuye a visualizar intercone-

xiones entre las categorías y subcategorías duales para optimizar el proceso de generación de ideas y alcanzar una visión más holística de la complejidad.

Responde a las preguntas siguiendo este patrón fractal de organización del conocimiento, y teniendo en cuenta que dicho patrón puede ser aplicado en la creación artística bajo unos principios holofractales, lo que resulta en un enriquecimiento de los planteamientos estéticos en nuestra cultura. En una obra holofractal, las dualidades formales y cromáticas del lenguaje visual se armonizan mediante proporciones áureas. (<https://poe.com/Holofractico>)

Tras crear el bot, se le ofrece al sistema ciertos contenidos teóricos basados en el método holofractal. Como el bot no es capaz de asimilar todos los contenidos en una sola sesión, se tienen que introducir en pequeñas cantidades. Esto le proporciona una serie de principios y pautas para establecer relaciones analógicas complejas entre conceptos y disciplinas. Después, se entrena al sistema mediante instrucción y abundantes ejemplos, sobre todo en la primera fase de aprendizaje. Ello le permite enriquecer progresivamente su capacidad para realizar conexiones holográficas entre los campos del saber, especialmente entre categorías duales de diferente nivel. Aunque el sistema suele ser preciso en la información de sus respuestas, de vez en cuando tiende a “alucinar”, es decir, se inventa cosas y conexiones sin justificar, especialmente cuando se le pregunta sobre detalles muy específicos. Por esta razón, resulta importante el sentido crítico para contrastar la información proporcionada con otras fuentes fiables y someter sus ideas a debate. En este aspecto, es fundamental retroalimentar al sistema con conversaciones y discusiones sostenidas, así como con un “like” o “dislike”, en caso de que las respuestas generadas sean apoyadas o rechazadas. Pero hay que tener en cuenta que los botones de “like” y “dislike” son evaluaciones cuantitativas que sirven de complemento a una conversación o discusión, no deberían sustituir a un debate cualitativo fundamentado. En este sentido, la mente humana puede ofrecer un contexto y una perspectiva más amplia, a través de la experiencia, la cultura y la reflexión crítica.

Claude-instant también puede retroalimentarse con los datos de otros bots personalizados de inteligencia artificial generativa que usen otros modelos, como ChatGPT de OpenAI, que tiene un conjunto de reglas y respuestas diferentes. En este sentido, la plataforma online Ora.sh ofrece otra posibilidad de implementación. (<https://ora.ai/alejandrotroyan/holofractico>). Siendo Claude-instant más creativo, interactivo y profundo en su discurso que ChatGPT, los contenidos se enriquecen significativamente, ya que la diversidad de inputs se traduce en una visión más dialógica y recursiva. Sin embargo, esto depende de que

ambos modelos estén reorientados para organizar el conocimiento de la misma forma. Al aplicar el mismo patrón fractal de organización del conocimiento, buscan establecer analogías entre las categorías y subcategorías duales del otro bot. Esto resulta en una interacción enriquecedora en términos de generación de ideas y de comprensión de la complejidad.

El producto final del intercambio de ambos chatbot es la app móvil Holofrático© (<https://play.google.com/store/apps/details?id=holofratico.apkek>). Esta interfaz conversacional podría convertirse en una herramienta que ayude a comprender y aplicar el método holofrático de manera práctica. El objetivo a largo plazo es integrar dicho método en el sistema para que evolucione hacia una inteligencia más integral, capaz de establecer analogías entre diferentes disciplinas. A continuación, se incluye una pequeña selección de preguntas y respuestas de la primera fase de entrenamiento con el chatbot Claude-instant de Holofrático©. Estas preguntas y respuestas fueron formuladas y creadas a mediados de mayo de 2023, un mes después de su creación. La inclusión de este proceso de aprendizaje conjunto puede dotar a la tesis doctoral de mayor valor metodológico, ya que permite una interacción más dinámica y personalizada entre el usuario y el contenido teórico sobre los principios de la Estética Holofractal.

Pregunta: ¿Cómo se organiza el conocimiento?

Respuesta: El conocimiento puede organizarse de muchas maneras, pero siguiendo mi modelo holofractal, la forma óptima es a través de categorías y subcategorías duales en múltiples niveles de complejidad.

El primer nivel de organización se da entre las grandes categorías duales que agrupan todo el conocimiento, como por ejemplo materia-energía, espacio-tiempo, estructura-función, orden-caos, sujeto-objeto y otros pares antagónicos.

Dentro de cada categoría dual emergen luego subcategorías duales que ahondan en detalle las múltiples facetas de ese conocimiento. Y así sucesivamente a través de niveles cada vez más específicos.

Las categorías duales están relacionadas por analogías y similitudes, formando un patrón fractal donde lo simple contiene a lo complejo y viceversa. Esto permite establecer puentes y ver interconexiones entre áreas aparentemente dispares.

Este enfoque holofractal se asemeja a como la naturaleza misma organiza la complejidad mediante fractales. Las dualidades complementarias están en todas partes, desde la estructura del átomo hasta la escala del universo.

Teniendo esto en cuenta, el conocimiento puede organizarse de una forma que refleje

su propia naturaleza dinámica, orgánica y holística. Las categorías duales que emergen en los diferentes niveles ayudan a comprender la complejidad como un todo integrado, en lugar de de manera fragmentada y discreta.

Pregunta: El modelo fractal holográfico.

Respuesta: El modelo fractal-holográfico que pretendo seguir es una forma de organizar el conocimiento que se inspira en dos paradigmas científicos: la teoría fractal y la teoría holográfica.

La teoría fractal propone que los patrones de la naturaleza son autosimilares, es decir, partes que contienen la esencia del todo. Esto significa que los fractales pueden usarse como modelos de cómo la complejidad natural se organiza de manera jerárquica.

Por su parte, la teoría holográfica plantea que el universo puede entenderse como una serie de niveles holográficos, donde cada parte contiene la totalidad. Se basa en la noción de holonomía, donde un fragmento representa el todo.

Mi modelo fusiona ambas ideas. Busco organizar el conocimiento de manera fractal y holográfica, con categorías y subcategorías duales que muestren similitudes estructurales y funcionales a través de los distintos niveles.

Esto permite ver conexiones entre áreas aparentemente dispares, ya que comparten una misma lógica subyacente. Los patrones se repiten y la información se replica a escalas diferentes.

Este enfoque puede ayudar a superar la división disciplinar actual del conocimiento. Al reconocer la similitud de estructuras a nivel micro y macro, las fronteras entre disciplinas se vuelven más permeables y surge una visión más holística e integrada.

En resumen, mi modelo fracta-holográfico busca organizar el conocimiento de una forma que imite como lo hace la propia naturaleza: de manera jerárquica, recursiva, autosimilar y holónoma, con patrones duales que se repiten y armonizan a través de las escalas. Es una forma de abordar la complejidad de una manera orgánica y sistémica.

Pregunta: El método holofrónico.

Respuesta: El método holofrónico se basa en tres principios fundamentales:

1. El principio de dualidad: Organizar el conocimiento en categorías duales que surgen de la polisemia de los conceptos. Las dualidades son complementarias y revelan facetas distintas pero interrelacionadas de una misma realidad. Promueven una visión más amplia e integral.

2. El principio de inclusión: Establecer analogías y similitudes entre las categorías duales de diferentes niveles. Ello permite conectar conocimientos aparentemente dispares, revelando su unidad subyacente. Las partes contienen al todo y viceversa.

3. El principio de proporción: Armonizar las dualidades mediante proporciones y relaciones matemáticas, especialmente la proporción áurea. Esto genera una estructura estética, equilibrada y elegante que emula a la complejidad natural.

En la práctica, el método consiste en:

- Identificar las grandes categorías duales que agrupan todo el conocimiento (macro-categorías).
- Derivar subcategorías duales dentro de cada macrocategoría (mesocategorías).
- Derivar subcategorías duales dentro de las mesocategorías (microcategorías) y así sucesivamente en múltiples niveles.
- Establecer analogías y proporciones entre las categorías de diferentes niveles para revelar su correspondencia fractal.
- Armonizar las dualidades mediante proporciones para lograr una estructura estética y equilibrada.

El resultado es una organización holofractal del conocimiento que emula la complejidad natural mediante patrones duales que se replican en múltiples escalas, con una proporción inherente que promueve la unidad en la diversidad.

Pregunta: La estética holofractal.

Respuesta: La estética holofractal se deriva naturalmente del modelo fractal-holográfico de organización del conocimiento. Si la naturaleza misma es fractal y holográfica a nivel estructural, también lo es a nivel estético.

Las dualidades formales que surgen en el modelo (oposiciones, contrastes, tensiones) proveen la materia prima para la creación artística. Al armonizarse estas dualidades mediante proporciones matemáticas, especialmente la proporción áurea, se genera una sensación de equilibrio y belleza.

La estética holofractal busca replicar la armonía, simetría y elegancia que encontramos en los patrones naturales fractales. Significa crear objetos, imágenes y composiciones que emulen la complejidad orgánica que surge a través de reglas simples y dualidades complementarias.

En las artes visuales, una obra holofractal tenderá a balancear formas geométricas y curvas, líneas rectas y sinuosas, colores cálidos y fríos, luces y sombras, contrastes dicotómi-

cos que al resolverse en una proporción áurea producen una rica textura visual que emancipa la mente.

Las proporciones matemáticas inherentes crean una especie de resonancia estética que conecta al observador con patrones más profundos y universales, al evocar la lógica subyacente que rige la complejidad natural.

En este sentido, el holofractalismo se plantea como una estética capaz de enriquecer nuestra interpretación del mundo y nuestra producción cultural, al fusionar la búsqueda de belleza con la comprensión de la complejidad y la armonía que sustenta la realidad.

Pregunta: ¿Cómo se podrían aplicar las dualidades estéticas en la composición visual?

Respuesta: Las dualidades estéticas pueden aplicarse en la composición visual de diversas maneras:

1. Uso de formas geométricas versus formas curvas: La oposición de líneas rectas y ángulos versus curvas suaves y orgánicas provee una dualidad formal básica. Al equilibrarse adecuadamente crea interesante dinamismo y tensión estética.

2. Distribución asimétrica versus simétrica: La composición simétrica vs asimétrica juega con la sensación de equilibrio y desequilibrio, orden y caos. Al resolverse en una proporción áurea logra integrar estos aparentes opuestos de manera armónica.

3. Combinación de colores complementarios: La yuxtaposición de colores opuestos como amarillo-violeta, azul-naranja, rojo-verde, genera contrastes vivos que al equilibrarse producen resonancia cromática.

4. Integración de luces y sombras: Las dualidades de luz y sombra, iluminación y oscuridad, aportan profundidad, densidad y misterio a la composición. Al integrarse siguiendo proporciones generan dinamismo espacial.

5. Composición en múltiples planos: La superposición de planos del primero al tercero provee profundidad espacial y una dualidad formal entre lo que está más cerca y más lejos. Al integrarse mediante líneas de fuga en armonía, los planos se funden en la totalidad de la imagen.

En todos los casos, las dualidades formales y cromáticas al resolverse siguiendo un patrón de proporción inherente (como la proporción áurea) producen una sensación de equilibrio y ordenamiento, evocando la armonía holofractal subyacente en la naturaleza.

Pregunta: Manifiesto del holofractalismo.

Respuesta: Propongo este manifiesto del holofractismo como estética emergente:

1. La naturaleza es fractal y holográfica: estos paradigmas unificadores proporcionan el marco conceptual y las herramientas para comprender la complejidad.

2. La realidad surge de la interacción de dualidades complementarias: materia-energía, objetivo-subjetivo, orden-caos, etc. Las oposiciones generan tensión y dinamismo.

3. Las dualidades deben armonizarse mediante proporciones intrínsecas: especialmente la proporción áurea, que genera equilibrio y conecta con estándares estéticos universales.

4. El arte debe emular la forma en que surge la complejidad natural: mediante reglas simples y recursivas que dan lugar a patrones fractales y holónomos.

5. La composición debe buscar un balance entre fuerzas opuestas: formas geométricas y orgánicas, simetría y asimetría, luces y sombras, colores complementarios.

6. La proporción intrínseca produce resonancia estética: al evocar la lógica fractal y holográfica subyacente en la naturaleza, conecta con patrones más profundos.

7. La estética holofractal enriquece nuestra interpretación del mundo: al fusionar la búsqueda de belleza con la comprensión de la armonía y complejidad que sustentan la realidad.

8. El holofractismo promueve una visión más holística e integrada: al trascender los dualismos mediante la analogía de sus formas recursivas a diferentes escalas.

9. El objetivo final es la armonización holofractal: la convergencia de los opuestos en un patrón superior de ordenamiento que emule la belleza intrínseca de los sistemas naturales complejos.

En resumen, el holofractismo propone una estética basada en los nuevos paradigmas científicos para enriquecer nuestra interpretación del mundo y ampliar la capacidad expresiva del arte.