

## Notas sobre la complejidad en la Psicología

Miguel Ángel Mateo García\*

*Universidad Complutense de Madrid (España)*

**Resumen:** Este trabajo presenta algunas reflexiones sobre el concepto de complejidad tal como ha venido apareciendo en la ciencia occidental. Se hace especial hincapié en su concepción más reciente, en términos de no linealidad, y se observa el papel central que desempeña una concepción geométrica-topológica de la realidad. Se señalan, después, algunas repercusiones de tales ideas en la Psicología. El desarrollo y el funcionamiento, tanto normal como patológico, del psiquismo del ser humano y su comportamiento -manifestación contextualizada de aquel- aparecen concebidos como sistemas complejos, dinámicos, abiertos y auto-organizados. En esta línea, la teoría de sistemas dinámicos se muestra como el marco idóneo para la construcción de una metodología adecuada para la Psicología. Aún considerando únicamente su aspecto más puramente verbal-conceptual, la teoría de sistemas dinámicos ofrece, como mínimo, unas posibilidades de reformulación de muchas de las nociones más importantes de la Psicología que constituyen una valiosa fuente de ideas e hipótesis prometedoras.

**Palabras clave:** Complejidad; no linealidad; geometría-topología; sistemas dinámicos; autoorganización; desarrollo psíquico; comportamiento normal y patológico.

**Title:** Notes about the complexity in Psychology.

**Abstract:** This paper presents some hints on complexity, such as this concept has ever been treated by western science. A special stress is posed in its newest conception in terms of nonlinearity, and it is noticed the core role played by the geometric-topologic notion of reality. Moreover, it is shown as this state-of-facts has deep consequences for Psychology. Human psychological development and behaviour, normal and pathological, can be thought of as being complex, dynamical, open, and self-organized systems. According to this point of view, dynamical systems theory is proposed as the most appropriate frame for building a right methodology for Psychology. Even at its most verbal-conceptual level, dynamical systems theory offers Psychology, at least (but not last), invaluable possibilities for reformulating important ideas as a source of relevant hypothesis for our science to advance.

**Key words:** Complexity; nonlinearity; geometry-topology; dynamical systems; self-organization; human psychological development and behaviour (normal and pathological).

### Introducción

La idea de complejidad que tradicionalmente ha manejado la ciencia se basa, principalmente, en el grado de detalle requerido para describir por completo el estado de un sistema, es decir, en la plena especificación de las variables y las relaciones necesarias para caracterizarlo (en un determinado momento temporal). Los sistemas complejos constarían de un gran número de elementos que interactúan, engendrando esta interacción un conjunto de fluctuaciones aleatorias que comportan ambigüedad o incertidumbre dinámica, registrada en una cierta cantidad, y se manifiestan en un comportamiento "errático", conocido habitualmente como ruido

(aunque ello no significa que se trate necesariamente de una "propiedad negativa").

La presencia de ruido impide especificar la evolución de un sistema complejo con certeza. Desde el punto de vista tradicional, cuando un fenómeno que es objeto de interés aparece caracterizado por muchos grados de libertad -o se dispone de múltiples medidas del mismo-, la descripción mecanicista detallada de los grados de libertad individuales es abandonada a favor de una perspectiva colectiva, estadística, distribucional. Solo será posible predecir estados futuros del sistema en términos de una distribución de probabilidad, que constituye una descripción natural de la complejidad del sistema, con independencia de los detalles de los mecanismos de la interacción entre sus partes.

Las funciones de densidad o de distribución de probabilidad son los instrumentos idóneos para suavizar las fluctuaciones de los procesos microscópicos. La conexión entre el comportamiento individual de los elementos compo-

\* **Dirección para correspondencia:** Miguel Ángel Mateo García. Departamento de Metodología de las Ciencias del Comportamiento, Facultad de Psicología, Universidad Complutense de Madrid, 28223 Pozuelo de Alarcón (Madrid, España).  
E-mail: mmateo@psi.ucm.es

mentos, microscópico y reversible, y el comportamiento del sistema “físico” observable, macroscópico e irreversible, se expresa habitualmente en términos de momentos de distribuciones (y, sobre la base del teorema central del límite, en muchos casos, de la distribución gaussiana). Existe, pues, una estrategia de teorización que relaciona lo microscópico y lo macroscópico, y que ha sido repetidamente utilizada, con éxito evidente, en particular cuando los sistemas son lineales (rigen en ellos los principios de superposición), por lo menos en el dominio microscópico, y pueden ser descritos mediante la distribución gaussiana.

### La concepción clásica, lineal, de la complejidad

La noción de linealidad se alza sobre la existencia de un conjunto de elementos independientes para los que se verifica, de cierta forma determinada, el principio de superposición (aditividad). La luz blanca se puede descomponer, mediante un prisma, en luz de diferentes colores (azul, verde, rojo...), que corresponden a ondas electromagnéticas de distintas frecuencias. De forma similar, un sonido complejo puede descomponerse en sonidos puros de diferentes frecuencias. Y también es posible proceder a la inversa, obteniendo luz blanca, o un sonido complejo, mediante la combinación de componentes puros. En general, casi cualquier oscilación compleja puede considerarse equivalente a una superposición de oscilaciones periódicas puras. En la descripción clásica de la evolución (la dinámica) de un proceso complejo, las diversas escalas temporales, o frecuencias, en que se desarrolla el mismo constituyen lo que se conoce por un espectro característico, que muestra cómo se encuentra distribuida la energía del proceso. Considérese, por ejemplo, un oscilador armónico simple, que tiene un espectro que consiste en una única frecuencia con un contenido de energía no nulo. La serie temporal correspondiente a este proceso es una función trigonométrica, tal como un seno o un coseno, que se repite a lo largo de su periodo de oscilación de forma tan regular como un re-

loj. En el reloj de péndulo del abuelo, precisamente, el espectro señala la frecuencia con que se balancea el péndulo, y le asocia una amplitud (baja) que es igual al cuadrado del desplazamiento angular máximo de aquél; esta cantidad, que es, de hecho, proporcional a la energía total del oscilador, define la magnitud del espectro a ese valor de la frecuencia.

Se puede partir de la idea de un oscilador para construir una descripción de la dinámica de sistemas más bien complicados. Se trata de representar un sistema complejo por medio de un conjunto de osciladores simples que permitan producir exactamente las mismas cantidades observables (la misma serie temporal). En los sistemas lineales, modelizados, sobre la base del principio de superposición, mediante osciladores lineales acoplados, no ejerce prioridad el comportamiento de un determinado oscilador sobre otro, es decir, la energía puede desplazarse hacia arriba y hacia abajo del espectro, sin parar nunca. Pero existe una representación posible de un sistema lineal en que los modos lineales no se encuentran acoplados: se trata de los modos normales (fundamentales), en los que la energía está fijada inicialmente y permanece constante todo el tiempo.

### La perspectiva no lineal

Existen muchos fenómenos naturales en los que las propiedades de regularidad y estabilidad características del sistema como un todo difieren profundamente de la variabilidad observada en los elementos componentes. Se trata de procesos caracterizados por la existencia de múltiples elementos interactuantes, y en los que no rige el principio de superposición, es decir, en los que la relación fundamental entre los elementos es multiplicativa -y, por tanto, no lineal<sup>1</sup>- (procesos multiplicativos) en lugar de

<sup>1</sup> Lineal significa que la salida es directamente proporcional a la entrada (y hay una sola forma de ser directamente proporcional); no lineal se define “por omisión”: significa que la salida no es directamente proporcional (pero hay muchas formas de no ser proporcional, lo que justificaría, al menos en parte, porque los fenómenos no lineales son imposibles de tratar como clase).

aditiva (lineal). Para Abarbanel (1996), muchos de los fenómenos físicos más interesantes, tanto de los reproducibles en el laboratorio como de los de campo, “no saben que se supone que son lineales, y habitualmente no se comportan como tales” (p. 13). En esta línea, hoy en día empieza a estar bastante difundida la idea de la omnipresencia de lo no lineal, no sólo en la Física, sino, en general, en multitud de ámbitos de la naturaleza. En un trabajo de recapitulación y prospectiva publicado a finales del siglo XX, Lauteborn, Kurz & Parlitz (1999) señalan entre los ejemplos de la abundancia de modelos teóricos no lineales que pueden encontrarse en el ámbito de la Física, la Teoría de la Gravitación (Einstein), y otras teorías actuales de campo (p. 193). Pero, según los mismos autores, los fenómenos no lineales se encuentran presentes en prácticamente todos los órdenes de la existencia humana: en la distribución de las galaxias observada a lo largo y ancho del universo, en la distribución de la materia en la Vía Láctea y en el movimiento de los cuerpos celestes (Ruelle, 2001, cita, al respecto, interesantes trabajos recientes de Wisdom, Laskar, y otros), en los flujos turbulentos generados en la atmósfera y en los océanos, en la increíble diversidad de las formas de vida en la Tierra, en múltiples funciones biológicas, e incluso en el movimiento de los átomos. Seydel (1999) entiende que “...no lineal es el estado normal,...la linealidad solo es posible encontrarla en situaciones específicas, ‘locales’... La no linealidad es condición necesaria para la aparición de una bifurcación, un doblamiento de periodo o el caos, fenómenos todos estrechamente vinculados con la ganancia o la pérdida de estabilidad, y con la conversión de una situación ‘robusta’ en otra ‘sensible a las condiciones’ y viceversa...características propias de los sistemas disipativos y, por tanto, de la vida” (pp. 333-334).

Desde el punto de vista de una descripción clásica, es característica general de los procesos dinámicos no lineales que su espectro muestre como la energía se encuentra distribuida a lo largo de un gran número de frecuencias: una representación en modos fundamentales no existe para los sistemas no lineales, en general

(aunque determinadas formas no lineales -los solitones<sup>2</sup>- se comportan de un modo análogo). En términos de osciladores lineales, esto equivaldría a requerir un gran número de ellos para modelizar el comportamiento dinámico del sistema. Además, tales osciladores tendrían que estar acoplados de manera que pudiesen intercambiar energía, con lo que se violaría el principio de superposición, característico de los sistemas lineales. En un sistema lineal se puede construir una dinámica compleja simplemente añadiendo más y más vibraciones lineales hasta conseguirla; pero esto no es posible lograrlo cuando la evolución temporal del sistema está influenciada por efectos no lineales: el principio de superposición no es de aplicación a los fenómenos no lineales.

En la superficie de un estanque se aprecian, a menudo, olas de pequeña amplitud, corta longitud de onda, generadas por el viento, olas que, en su desplazamiento, pasan unas a través de otras. Su espectro mostraría un pico, centrado en la longitud de onda favorecida por el viento generador (frecuencia única), indicativo de la naturaleza lineal de tales olas de pequeña amplitud. Situados en medio del océano, en un área de gran profundidad y sometida a vientos regulares durante largo tiempo, es posible observar olas muy diferentes de estas pequeñas y superficiales, con amplitudes enormes, crestas

<sup>2</sup> Un solitón es un pulso aislado que mantiene su integridad en el tiempo y se propaga por el espacio. Se trata de una estructura no lineal espacio-temporal coherente, rodeada a menudo por comportamiento complejo, anticipada hacia la mitad del siglo XIX por el británico Scott-Russel y consolidada por los trabajos de Zabusky & Kruskal y Fermi, Pasta & Ulam en la década de los sesenta del pasado siglo XX. Técnicamente, un solitón es una solución de una ecuación de onda no lineal. Mientras que una superposición de ondas lineales, con diferente frecuencia y velocidad de fase cada una, se dispersa según se va propagando por el espacio (con amplitud que decae  $t^{-1/2}$ , debido a las diferencias en velocidad de fase), un solitón es una onda solitaria (un pulso único localizado) cuya forma permanece inalterada después de una interacción con otro solitón. El término no lineal mantiene el carácter unitario del pulso, mientras que la naturaleza dispersora del medio lo desplaza en el espacio. Actualmente es objeto de especulación el hipotético papel que estructuras de este tipo podrían estar desempeñando en la propagación de energía en biomoléculas.

empinadas y profundos valles. Su espectro es también muy diferente: siendo  $\omega_0$  su frecuencia fundamental, es posible encontrar también energía en cantidad sustancial en una frecuencia  $2\omega_0$ , también en una frecuencia  $3\omega_0$ , y así sucesivamente. El hecho de que se encuentre energía en estas longitudes de onda, armónicos (múltiplos enteros) de la frecuencia fundamental, indica que esas olas de gran amplitud (finita) son no lineales. Para una ola no lineal, las energías en los diferentes intervalos de frecuencia muestran un cierto patrón de coherencia, reflejo del perfil regular de la superficie del agua: el contenido de energía del espectro decrece según la frecuencia

### Procesos complejos, dimensiones y escalas

La actividad dinámica que se observa en muchos fenómenos naturales puede ser descrita como la consecuencia, no lineal, de multitud de niveles imperceptibles de movimientos, que están relacionados entre sí por medio de una función de escalamiento. No existe una escala fundamental, sino autosemejanza entre escalas: versiones “más pequeñas” de lo observado se repiten en una siempre decreciente cascada de actividad, en escalas más y más pequeñas; también, versiones “más grandes” de lo observado se repiten en una siempre creciente cascada de actividad, en escalas más y más grandes. El todo está formado por partes similares a él de algún modo (es el resultado de lo autosemejante contrayéndose y expandiéndose).

Si un proceso puede ser caracterizado por una escala definida, entonces (el espacio en que se desarrolla) se dice que tiene una dimensión entera; si, por el contrario, un proceso no posee una escala característica (es decir, si contribuyen a él muchas escalas diversas), entonces tendrá (a menudo) una dimensión no entera, fraccionaria. La dimensionalidad fraccionaria es, así, propia de procesos autosemejantes. El hecho de que un observable tenga dimensión fraccionaria incide (entre otras cosas) sobre la determinación de su magnitud. Considérese,

por poner un ejemplo clásico, el caso del concepto de longitud. Sea un medidor de longitud  $\eta$ . Si es posible colocar este medidor a lo largo de cierta curva, de forma sucesiva y concatenada, exactamente  $N$  veces, entonces se dice que la longitud de la curva es  $L(\eta) = L_0 N \eta$ , asumiéndose habitualmente que el sistema es homogéneo y  $N = 1/\eta$ , con  $\eta$  pequeño, por lo que la longitud queda expresada por medio del número  $L_0$ , finito e independiente de escala. Pero bajo un supuesto diferente,  $N = \eta^{-d}$ , con  $d > 1$ , en el límite  $\eta \rightarrow 0$  la longitud tiende a ser infinita (el producto  $N\eta$  diverge). Combinando los dos supuestos anteriormente mencionados,  $L(\eta) = L_0 \eta^{1-d}$ , queda establecido que la relación entre la longitud evidente de una curva y la longitud del medidor es la dimensión de la curva. El hecho de que tal dimensión resulte ser mayor que la unidad ha de ser interpretado en el sentido de que la estructura de la curva “se da” en múltiples escalas (como sucede, por ejemplo, en el perfil de una costa): es un fractal.

El concepto de fractal, de origen geométrico (Mandelbrot, 1977, 1982), hace referencia a todo aquel objeto cuya propiedad más característica, denominada autosemejanza, consiste en que cualquier sección que se pueda delimitar en él tiene un aspecto (una forma) similar al total. Un fractal no tiene escala característica, su forma es invariante frente a cualquier cambio de escala: su irregularidad se repite cuando se considera a mayor resolución y es repetición de la observable a menor resolución. Las nubes, los olas del mar, el perfil de la costa, el ramaje de un árbol,... son objetos que muestran autosemejanza: su forma es independiente de la escala a que sean observados (al menos dentro de los –múltiples– órdenes de magnitud que tienen sentido en la práctica). La dimensión fractal de un objeto o proceso es una medida de su grado de irregularidad (complejidad no lineal).

### Las leyes del comportamiento humano

La Psicología, como las ciencias sociales en general, busca principios, leyes fundamentales y estructuras básicas sobre las que se desarrolla el

comportamiento humano. Sigue, en ello, el camino de la Física, que desde siempre ha estado buscando las leyes más fundamentales y los niveles más elementales de las estructuras de la materia de que está hecho el universo. Y sigue también a la Física en la utilización de métodos de investigación standard que llevan a abordar el objeto de estudio reduciéndolo a sus componentes, así como en el intento de basarse en la medición (de estructuras cuantitativas), las descripciones numéricas y la manipulación algebraica como instrumentos empleados en la construcción de sus teorías.

Pero sucede que, desde hace tiempo, algunos físicos se plantean cuestiones acerca de la curiosa existencia ontológica de aquellas leyes fundamentales, por cuanto aparecen situadas más allá de la materia, del espacio, y anteriores al tiempo (piénsese, por ejemplo, en la teoría sobre el origen del universo y el Big Bang). Otra forma de contemplar el asunto sería entendiendo que, más que gobernando los procesos de la naturaleza, esas leyes emergen, en realidad, generadas a partir de tales procesos. Desde este punto de vista, las leyes serían siempre provisionales y dependientes del contexto (en un sentido amplio); toda ley es operativa en un cierto nivel, limitado, y se ve debilitada, o incluso derrumbada, en contextos más amplios, de un modo similar a cómo las partículas fundamentales y los niveles “últimos” de la materia se van viendo, en la investigación actual, casi continuamente apoyados sobre “algo más allá” del más reciente nivel reconocido. Es verdad que, en el enfoque standard, mayoritario (quizás por tan extensamente difundido y publicitado como está, más allá, incluso, de los ámbitos puramente científicos), la Física pretende explicar toda ley de la naturaleza en términos de algún observable en un nivel más pequeño y presumiblemente más fundamental. Pero, hasta ahora, los trabajos de los físicos dividiendo más y más la materia en partículas subatómicas, lejos de revelar a algún componente infinitesimal como el ladrillo básico del universo, apuntan hacia atisbos de un mundo de complejidad asombrosa (como referencia reciente puede verse, por ejemplo, Veltman,

2003). En este orden de cosas, parecen existir indicios de que pudiera ser que los procesos desplegados en niveles subcuánticos se encontraran, a su vez, condicionados por el universo en su globalidad, y, en cualquier caso, por procesos no locales en gran escala. Más que buscar las tradicionales leyes fundamentales, se podría plantear entonces como objetivo preguntarse cómo generan los sistemas naturales sus propias regularidades, sus patrones de comportamiento: bien podría ocurrir que las regularidades puestas de manifiesto en un determinado nivel o contexto fueran resultado de procesos que operan en muchos otros niveles o contextos diversos. Frente a la imagen, tradicionalmente construida por la Física, del mundo como conformado por “bloques” elementales cuyo comportamiento está gobernado primordialmente por leyes fundamentales simples, el enfoque alternativo que aquí se propone consistiría en considerar un universo de procesos y fluir sin fin, del que se despliega, siempre dentro de ciertos límites, una gran variedad de patrones, regularidades e invariantes a quienes se toma por leyes de la naturaleza (Peat, 1995).

En esta línea, la Psicología quizás debería volverse hacia la búsqueda de los patrones y las formas que emergen en los procesos complejos que le son característicos, desarrollados en una multiplicidad de niveles intercomunicados, siguiendo aproximaciones geométricas que, desde hace algún tiempo, parecen estar mostrándose como estrategias particularmente importantes para la descripción del mundo y de nuestras propias percepciones del mismo. En la búsqueda de las teorías últimas, en los más profundos niveles, algunos físicos teóricos están oteando nuevas geometrías y topologías como herramientas de exploración. Relaciones como “dentro/fuera”, “contenido en”, “próximo a”, “plegado en”, “conectado a”, “excluido de”, etc., pueden ser hoy expresadas en términos puramente geométricos y topológicos, sin referencia alguna a la medición o el número. Y relaciones tales no sólo parecen ser las más apropiadas para la construcción de teorías en el nivel cuántico de la naturaleza (por ejemplo, las teorías de nudos o de lazos, o la teoría axiomá-

tica de campo de Witten), sino que, lo que es más interesante aún para nosotros, parecen ofrecer también una muy fuerte “resonancia” con los modos en que el cerebro humano reúne y procesa la información sobre el mundo. Parece que nociones como forma, patrón, estructura o geometría desempeñarían un papel estelar en los más profundos niveles de la materia y de la psique. Así, las relaciones geométricas y topológicas serían maneras fundamentales de entender no sólo la materia sino también la consciencia, constituyéndose en bases más sólidas sobre las que elaborar una metodología específica para la Psicología, más allá de su pretendida dependencia actual de lo cuantitativo.

### **Complejidad, autoorganización y coherencia**

El comportamiento fundamental de la materia y el de la psique parecen asemejarse en muchos aspectos: en particular, tienden a autoorganizarse en patrones y formas como fruto del movimiento; este parece ser un principio básico de la naturaleza, en todos los niveles. Es más, podría decirse que “el principio de los principios” consiste en una dinámica de despliegue y repliegue sucesivos y continuos. En un sistema dinámico complejo es posible distinguir dos modos o niveles de comportamientos, definibles en función de sendas escalas espacio-temporales diferentes y coexistentes, y cuya interpenetración tiene carácter constituyente para el sistema: uno, relativo a su microestructura interna –al (más o menos) aparentemente aleatorio movimiento de sus elementos-, conlleva una descripción microscópica, de grano fino, en términos de variables y procesos rápidos; el otro, referido a su relación con el exterior –a su movimiento global, más regular-, implica una descripción macroscópica, de grano grueso, en términos de variables y procesos más lentos. En 1953, Bohm & Pines estudiaron la relación entre el flujo continuo (procesos microscópicos) subyacente y la apariencia de orden (comportamiento global) en el contexto de la física del plasma. Observaron como, de los movi-

mientos térmicos aparentemente aleatorios de un conjunto muy numeroso de electrones, surge un despliegue de oscilaciones colectivas y regulares del plasma (autoorganización), mientras que, a su vez, esos movimientos aleatorios de los electrones individuales se ven condicionados por el movimiento global del plasma (citado por Peat, 1995).

Se conoce por autoorganización a todo proceso en que emerge y se consolida cierto orden, en un determinado nivel de observación en un sistema, a partir de la coordinación espontánea de elementos de nivel inferior. Se trata de una característica de los sistemas complejos, que no obedece a ningún plan preespecificado ni a función de control superior alguna y que, una vez que tiene lugar, dirige el comportamiento del sistema como un todo e influye significativamente sobre los comportamientos de sus elementos constituyentes. No parece descabellado proponer, como ejemplo, que, de un modo similar a lo que acontece en el plasma, la actividad que tiene lugar en gran escala a través del cerebro, y que se desarrolla a partir de la acción autoorganizada de un número ingente de elementos neurológicos diversos, condiciona, a su vez, las respuestas y el comportamiento de estos elementos individuales y modifica sus interacciones. Y, análogamente, se puede proponer que el comportamiento de la sociedad emerge de la interacción entre los comportamientos de un enorme número de elementos individuales y, a su vez, el comportamiento de cada individuo se halla condicionado por el colectivo.

La propiedad consistente en que una colección de elementos puedan operar juntos generando espontáneamente un orden colectivo, global, autoorganizado, que, a su vez, revierte en la propia especificación del sistema, se denomina coherencia. Los elementos que actúan de un modo coordinado en un sistema coherente no necesariamente han de ser “primitivos a priori”. Más bien podría tratarse de que la coherencia fuese la manifestación de algún orden subyacente más profundo: el patrón, la forma, como resultado del movimiento y como modo óptimo de adaptación a él. La coherencia

podría actuar como un principio de integración u ordenamiento que facilita, o incluso hace posible, la apertura de un sistema a su medio. Sería una especie de “resonancia adaptativa”, en la que la autoorganización representa una respuesta del sistema a formas globales o patrones de información: cuando es el sistema autoorganizado como un todo quien tiene el acceso a información de carácter global, se hace posible la actuación coordinada con precisión de partes distantes, de manera que el sistema sea capaz de mantener su estabilidad frente a perturbaciones, disipándolas convenientemente. Según el físico teórico Frohlich (citado por Peat, 1995, p. 367), no sólo es posible encontrar ejemplos de sistemas coherentes en los láseres, los superconductores o los superfluidos, sino que se encuentran por todas partes en los ámbitos de la vida, de la que son una característica fundamental. Los sistemas vivos son sistemas abiertos, disipativos, en permanente intercambio de materia y energía con el medio (ver Prigogine, 1999, pp. 27-28). Como consecuencia de su propia naturaleza –y como condición de ella-, todo sistema vivo necesita, y es capaz de mantener, un estado de coherencia, en el que predomine un orden global que, emergiendo de sus elementos nucleares constitutivos, actúe sobre ellos coordinando sus comportamientos en aras de la subsistencia: todo sistema vivo es un sistema autoorganizado y coherente. Situados, una vez más, en el marco de la actividad cerebral, algunos autores sostienen la idea de que un funcionamiento coherente de los distintos subsistemas locales del cerebro es quien hace surgir la consciencia, que, a su vez, actúa sobre cada uno de aquéllos, constituyéndose un bucle continuado de actividad.

### Autoorganización y desarrollo psicológico

El desarrollo psicológico de los sujetos humanos puede ser entendido como una expresión de la inclinación de un sistema complejo a construirse y comportarse de un modo coherente: la emergencia y la consolidación de posibilidades y tendencias que se materializan en un

comportamiento en cada momento y cada situación. En un nivel microscópico, las estructuras evolutivas son conceptualizadas en términos de procesos de autoorganización llevados a cabo en tiempo real, mediante los cuales los diversos elementos pertinentes se pueden ensamblar en una cierta variedad de modalidades en cada ocasión (multiestabilidad<sup>3</sup>), bajo el influjo de fuerzas contextuales. Al mismo tiempo, la repetición continuada de patrones de ensamblaje implica autoorganización en una escala temporal mayor, es decir, el desarrollo en el nivel macroscópico del tiempo evolutivo propiamente dicho (a la larga).

La teoría de sistemas dinámicos constituye el marco conceptual y formal desde el que se aborda en la ciencia contemporánea el tratamiento de la autoorganización y la complejidad. En lo que concierne al psiquismo y al comportamiento humanos, la teoría de sistemas dinámicos, aún en su nivel meramente lingüístico, aporta una herramienta interesante para la descripción, que facilita nuevos modelos explicativos –o al menos revisiones potentes de los que existen-, sobre la base de su tratamiento de la variabilidad, la estabilidad y los fenómenos de transición (desarrollo, cambio...). En consonancia, se va a considerar aquí el comportamiento humano como la expresión de la identidad de un sujeto ante una situación, en un medio y en un momento temporal dados, cuya génesis y cuya manifestación concreta resultan de la acti-

<sup>3</sup> La multiestabilidad es una característica del psiquismo humano y, desde luego, de su expresión, el comportamiento. Consiste en la coexistencia, en el tiempo, de una variedad de posibilidades (varios atractores, en términos de la teoría de sistemas dinámicos) constituidas a partir de un mismo conjunto de elementos; es decir, se refiere a la disponibilidad de un más o menos amplio repertorio de respuestas (al menos potenciales).

Un atractor es, en general, un estado hacia el que tiende un sistema por su propia dinámica, y en el que se asienta de manera (relativamente) estable. El conjunto de estados del sistema desde los que se accede al atractor (directa o indirectamente) se denomina cuenca de atracción. De índole opuesta, una fuente es un estado del que se aleja naturalmente el sistema (máxima inestabilidad). La presencia de un atractor implica una reducción de la variabilidad, mientras que la de una fuente conlleva un incremento de la misma.

vidad conjunta de un gran número de componentes, ninguno de los cuales puede ser ignorado. La identidad psicológica (self) de cada sujeto humano es el resultado único (peculiar) de procesos de autoorganización en los que cogniciones y emociones se van construyendo recíproca y progresivamente, estableciéndose restricciones mutuamente (Lewis, 1997), e integrándose a lo largo del desarrollo (Lewis & Douglas, 1998). Las emociones, objeto de particular interés en el final del siglo XX y el comienzo del siglo XXI para todos aquellos aspectos del saber que tratan del ser humano, desde la neurobiología molecular hasta la neuropsicología cognitiva, son elementos cruciales (primitivas) en el desarrollo psicológico humano. En sus formas básicas, se trata de estados afectivos globales, irreductibles, que no constituyen expresiones de programas preestablecidos, que desempeñan una función biológica adaptativa y, por tanto, están especificadas filogenéticamente y no son aprendidas. Son similares, fisiológica y fenomenológicamente, en todos los individuos y las culturas; cada una de ellas puede ser reconocida por un sentimiento específico asociado, aunque no comportan nada de específico en lo que se refiere a contenido semántico; cada una de ellas es activada por una clase específica de situaciones relacionadas con las metas del organismo; cada una de ellas motiva una clase de comportamientos en respuesta a tales situaciones y facilita actividades cognitivas que apoyan esas respuestas (Lewis & Douglas, 1998).

Las emociones son, en sí mismas, sistemas autoorganizados que incorporan, necesariamente, procesos cognitivos y social-contextuales (Fogel, 1993). Una emoción puede ser elicitada con independencia de una cognición (aunque no es lo habitual), pero, al menos si alcanza una intensidad suficiente, una emoción siempre tiene como efecto alguna actividad cognitiva. La emoción parece funcionar como un campo que opera sobre un amplio espectro de actividad en el sistema cognitivo, con un mecanismo muy específico: promueve el acoplamiento o la vinculación entre elementos conceptuales, catalizando su integración en

totalidades mayores semánticamente relevantes. Es, así, condición (o parámetro de control) para la autoorganización cognitiva, pero también elemento constituyente del resultado de esta: una forma que incluye un estado emocional (una o más emociones activadas durante un cierto periodo de tiempo) y la interpretación conceptual de ese estado, que se llegan a convertir en una unidad a lo largo del proceso evolutivo, de manera que las interpretaciones emocionales específicas llegan a ser lo que caracteriza a la personalidad en desarrollo.

El desarrollo de estas interpretaciones cognitivo-emocionales del mundo, que se autoorganizan en el nivel microevolutivo (tiempo real) hasta constituirse en atractores (o, en su caso, fuentes) del sistema psíquico, y en el nivel macroevolutivo (a largo plazo) se van consolidando como especialmente relevantes (en un tiempo y una situaciones concretas), no procede de un modo lineal, suavemente continuado. El desarrollo psicológico humano se encuentra, a la manera de lo que aparece formulado en la concepción evolucionista del “equilibrio puntuado” de S. Jay Gould, marcado por periodos de cambio y reorganización rápidos y más o menos bruscos (aunque no necesariamente catastróficos en el sentido de Thom, 1997). Existen coyunturas evolutivas, cambios o variaciones de fase (o bifurcaciones, por decirlo en los términos característicos de la teoría de sistemas dinámicos), en las que aparecen fluctuaciones críticas, asociadas a la maduración de los sujetos y a cambios (perturbaciones) ambientales, que llevan a la ruptura del ensamblaje entre emociones y cogniciones en uso, acompañada frecuentemente de intensos sentimientos. Cada una de estas coyunturas evolutivas suele implicar un sustancial incremento, temporal, de los grados de libertad del sistema, constituyendo la oportunidad idónea para que surjan interpretaciones idiosincrásicas de la realidad y nuevos patrones de acoplamiento cognitivo-emocional: en ella, el sistema tiene acceso a una variedad de potencialidades y puede elegir, con rapidez, una de estas. No parece descabellado proponer que el desarrollo psicológico humano es un “proceso de procesos” de naturaleza tanto li-

neal como no lineal: se desplegaría de un modo razonablemente lineal, y por tanto más o menos predecible, entre esas coyunturas evolutivas rupturistas, tornándose abiertamente no lineal, y por tanto impredecible más allá del muy corto plazo, al encontrarse en las proximidades de estas.

### **El psiquismo humano y la naturaleza fractal**

Newton establece que el movimiento de la materia es siempre similar (a sí mismo) y la forma de la materia es siempre similar (a sí misma); es de esta propiedad de invariabilidad o autosemejanza de donde surge la propia persistencia de los cuerpos materiales: cada momento contiene la huella de lo que ha precedido y un anticipo de lo que ha de seguir. De manera análoga, parece razonable la idea de que la estructura psíquica del ser humano se desarrolla y está organizada de acuerdo con esta propiedad, “fractalmente”, dando lugar a patrones dinámicos de comportamiento de naturaleza autosemejante. Las personas tienden a parecerse a sí mismas de un modo fundamental, que es independiente de las circunstancias (escalas) de observación espaciales, temporales o situacionales. Cuando un sujeto humano manifiesta una cierta caracterización psicológica, tiende a hacerlo en una gran cantidad y variedad de niveles y situaciones, si no siempre. Así, por ejemplo, un individuo agresivo lo es una y otra vez, más allá de “peculiaridades locales espacio-temporales”, yendo desde acaparar la palabra en una conversación (relación diádica), hasta emplear incluso tácticas contundentes que empujen a sus colegas fuera de la carrera por conseguir un status laboral más elevado, etc. El comportamiento humano se muestra autoorganizado según una estructura fractal: cada comportamiento concreto puede ser diferente, con su propio conjunto específico de parámetros temporales, espaciales y situacionales, pero cada comportamiento representa un reflejo de una misma tendencia subyacente.

El tipo y el grado de autosemejanza observable en un sujeto, resultado de su historia de

autoorganización y huella de su coherencia, es el sello de su identidad. La autosemejanza de los procesos psicológicos que se desarrollan a lo largo de la vida sería el mecanismo que genera esos patrones emergentes y sustancialmente invariantes que percibimos como un cierto sujeto psicológico (self), constituido iteración tras iteración de la experiencia personal. Dicho en otras palabras, lo que aquí se está proponiendo es que es debido a la operación de la propiedad de la autosemejanza temporal, espacial y situacional (con la invariabilidad respecto de escala que va asociada) por lo que los humanos somos capaces de reconocernos a nosotros mismos, y de reconocer a los demás, minuto a minuto y circunstancia a circunstancia a lo largo de toda una vida.

Dado que la autosemejanza característica de una estructura fractal implica complejidad y profundidad “cuasi-infinitas” (o por lo menos, en términos prácticos, dentro de muchos órdenes de resolución), aunque siempre acotada, sometida a la restricción de una forma limitada, cuanto más de cerca se observa más detalle se hace perceptible. En esta línea, cuanto más cerca se intenta mirar al psiquismo humano más hay que ver, cuanto más se explora más riqueza y complejidad aparecen; de una manera ciertamente fractal, no parece haber límites para la profundidad de la exploración posible ni para el tamaño (nivel de resolución) de la escala de observación del comportamiento que pueda ser objeto de interés.

### **Caos y psicopatologías**

Es posible observar que, generalmente, las personas mantienen una identidad y una continuidad en el tiempo y en el espacio, exhiben patrones de comportamiento que pueden ser aislados e identificados y que se encuentran dentro de cierto repertorio (entre ciertos límites); en suma, su presente puede ser entendido (al menos en parte) en términos de su pasado. Pero, además, las personas suelen mostrar también una cierta “impredecibilidad ordenada”. Cada comportamiento concreto se ve influenciado por incontables procesos minúsculos, in-

observables, incluyendo su propia interacción con los hechos aleatorios del ambiente inmediato. De manera similar a lo que ocurre con la trayectoria seguida por un sistema dinámico caótico (cuyas huellas geométricas son, por cierto, fractales), el comportamiento humano nunca se repite exactamente: diferencias inapreciables en las circunstancias pueden resultar enormemente amplificadas en el tiempo (y, a la inversa, diferencias grandes pueden quedar prácticamente eliminadas). Esta impredecibilidad ordenada estaría reflejando una adecuada sensibilidad de los individuos a un medio ambiente complejo, sutil y siempre cambiante.

Los sujetos psicológicamente sanos muestran habitualmente un comportamiento integrado y propositivo. Existe un centro alrededor del cual vertebran su vida, tienen un rico sentido de vida interior y pueden dirigir su atención al entorno de maneras significativas. Al mismo tiempo, son flexibles y adaptativos, y pueden ser sensibles a lo que hay fuera sin sentirse agobiados, abrumados o hundidos por sentimientos de mera contingencia. La sensación de identidad es de naturaleza fluctuante con las circunstancias externas, pero incluso en casos extremos, cuando parece inminente una disolución total de los límites, eso que venimos especificando como identidad o sentido interior de integración conserva a su cargo un cierto grado de cuidado vigilante del organismo. En fin, tanto las personas como las sociedades psicológicamente saludables se caracterizan por una fuerte sensación de sentido y dirección, por una gran sensibilidad a lo otro y un no menos profundo sentimiento de integración y orden interno, por la apertura hacia el exterior, por la riqueza de respuesta y, en su caso, por la acción creativa.

Pero, si los sistemas orgánicos sanos pueden tolerar un cierto grado de turbulencia sin mayores riesgos, dados su naturaleza integrada y abierta y el rico repertorio de posibilidades que le proporciona su existencia “en el borde del caos” (Kauffman, 1983), sistemas menos sensibles tienden a asentarse en pautas de comportamiento rígidas y repetitivas (puede ser interesante la hipótesis de Marks-Tarlow acerca

de una posible relación entre ciertas patologías y una dimensionalidad fractal mayor o menor de lo normal del “espacio psicológico de fases” —es decir, del repertorio de respuestas— de los sujetos —Marks-Tarlow, 1995, pp. 281-282—). El individuo que muestra alteraciones psicológicas manifiesta una característica escasez y rigidez de respuestas, una conducta repetitiva, una acción inapropiada; piénsese, por ejemplo, en los cuadros que se observan en las obsesiones, las compulsiones o las adiciones, con pensamientos y comportamientos que se reafirman a sí mismos con independencia de las situaciones reales concretas, y que son considerados inequívocamente como patológicos. La experiencia interna de las personas que se encuentran en tales tesituras puede ir del sentimiento de pérdida general de sentido, de falta de sensación de coherencia, de vacío interior, al sentimiento de pérdida de conexión con el exterior, o al de verse superado por urgencias interiores incontrolables o por el mundo externo, que llega a aparecer como una amenaza, agobiante, violento o ininteligible.

### Un apunte metodológico final

Como ya ha quedado expuesto largamente más arriba, hoy en día parece que los conceptos de forma, patrón, estructura, geometría, etc., podrían desempeñar un papel importante en los más profundos niveles de la psique. Las relaciones geométricas y topológicas serían, entonces, herramientas fundamentales para tratar de estudiar el comportamiento humano (en todas sus acepciones y diversidad), constituyéndose en bases probablemente más sólidas que las actualmente al uso (delimitadas a partir del modelo lineal), o cuando menos complementarias, sobre las que elaborar una metodología específica para la Psicología. Y esta metodología, compleja, dinámica, no lineal, que se ocupa de manera central de la variabilidad, debería estar dotada de características tan generales como sea necesario para ser lo (relativamente) universal que la ciencia requiere y, al mismo tiempo, de especificidades tales que le permitan no per-

der de vista la espectacular variedad de su objeto de estudio.

Hasta hace poco tiempo, cualquier analogía entre los sistemas de la Física y los de la Psicología encontraba una seria limitación final, por cuanto los seres humanos, elementos últimos de los sistemas sobre los que trata la Psicología, desarrollan y llevan consigo a lo largo de la vida un conglomerado de emociones, sentimientos, valores, etc., que cualifican de maneras complejas su comportamiento. Pero, en las más recientes teorías elaboradas acerca de las partículas elementales, los físicos han tratado de enriquecer sus modelos geométricos, en busca de una mejor representación de la realidad, introduciendo referencias a ciertas "simetrías internas" propias de aquéllas. En las Teorías de Calibrado (Gauge Theories), cada partícula -geoméricamente hablando, un punto de un cierto espacio- se considera dotada de una rica estructura, siendo el objetivo perseguido explorar la naturaleza de las relaciones entre tales estructuras en diferentes puntos del espacio-tiempo.

Por poner un ejemplo, un quark tiene un color<sup>4</sup> que puede tomar tres valores distintos,  $r$ ,  $a$  o  $v$ . A cada una de estas partículas -puntos del espacio- se le puede considerar asociada una suerte de estructura interna ternaria, a la que corresponden tres grados de libertad internos, relativos a los tres valores posibles de su color. En ausencia de un campo externo, resultaría bastante arbitrario decidir a cuál de cada uno de los tres valores se denomina de qué manera; hay, por tanto, una cierta propiedad de "simetría" asociada al color de cada partícula si la consideramos aislada. Sin embargo, una vez que se adopta una convención asociando un cierto valor del color a un determinado punto, esta convención tiene consecuencias, puesto que debe ser mantenida de una manera consistente en todos los puntos, rompiéndose de un modo significativo la simetría mencionada. Es

decir, se parte de una estructura ternaria arbitraria en cada punto del espacio, pero la introducción de una convención obliga a seguir un conjunto de reglas de conexión o transformación entre los puntos -conocidas como ecuaciones de calibrado (gauge equations)- que garanticen que los valores de estado de todos y cada uno de los puntos son consistentes a través de todo el espacio (consistencia de la estructura). Otro ejemplo, más clásico, es el de un electrón, que puede tener carga positiva o negativa. A cada punto del espacio, entonces, se le asocia una estructura interna dual que se corresponde con dos grados de libertad internos, los dos signos posibles de su carga eléctrica. En ausencia de un campo eléctrico externo, resulta bastante arbitrario decidir a cuál de las dos cargas posibles se denomina positiva y a cuál negativa (simetría asociada a la carga eléctrica en cada punto del espacio si lo consideramos aislado). Sin embargo, análogamente a lo que se manifestó en el ejemplo anterior, una vez que se adopta una convención denominando negativo al electrón en un cierto punto, esta convención tiene consecuencias, puesto que debe ser mantenida de una manera consistente en todos los puntos, rompiéndose de un modo significativo la simetría. Se parte de una estructura binaria arbitraria en cada punto del espacio, pero la introducción de una convención obliga a seguir un conjunto de reglas de conexión o transformación entre los puntos -ecuaciones de calibrado- que garanticen la consistencia de la estructura a través de todo el espacio. Por cierto, sucede que, en este caso concreto presentado como ejemplo, esas transformaciones resultan idénticas en la forma a las ecuaciones del campo electromagnético de Maxwell, lo que significa que uno de los ámbitos más importantes de la Física ha podido ser abordado de un modo puramente geométrico, considerando simplemente estructuras y transformaciones posibles para puntos espacio-temporales.

No parece absurdo pensar que algo análogo podría intentarse, ciertamente en un plazo temporal indeterminado, en la construcción de un espacio comportamental (o social) que sirviese

<sup>4</sup> Siguiendo a Gell-Mann y otros físicos contemporáneos, el color es una especie de "carga" que desempeña, en relación con las interacciones fuertes (nucleares), un papel similar al de la carga eléctrica en relación con las interacciones electromagnéticas.

viese de marco para el estudio psicológico de los seres humanos, dotando a cada punto representativo de un elemento del sistema abordado de la correspondiente estructura –referida a los aspectos cognitivos, emocionales, valorativos, etc. que pudieran ser pertinentes al caso y tratando de dilucidar, entonces, el conjunto de relaciones congruentes con la realidad (estructura de estructuras) observable.

Adicionalmente, valga aquí una observación para finalizar. Cualesquiera que puedan ser los elementos fundamentales del espacio psicológico, es más bien verosímil que, a semejanza de lo que ocurre con los quarks, su dinámica deba verificar la propiedad de que a largas distancias la interacción<sup>5</sup> entre ellos tenga que ser tan

fuerte como para impedir que existan aislados (unidad del espacio psicológico), mientras que a cortas distancias la interacción tenga que ser tan débil como para que aparezcan como libres (entidad separada de los componentes). Solo bajo tales condiciones se podría admitir en la Psicología el análogo de la propiedad de escalamiento (sugerida en la Física por Bjorkén en 1969, y estudiada también por Feynman ese mismo año). Este análogo, teóricamente requerido y presuntamente conseguido en la práctica, propone que una descripción de la estructura de lo observado no dependería del instrumento ni del procedimiento de observación, sino del establecimiento de una suerte de resonancia entre estos y lo observado.

## Referencias

- Abarbanel, H.D.I.(1996). *Analysis of observed chaotic data*. New York: Springer.
- Fogel, A.(1993). *Developing through relationships: Origins of communication, self, and culture*. Chicago: University of Chicago Press.
- Lauteborn, W., Kurz, T., & Parltz, U.(1999). Experimental nonlinear physics. En: J.L. Huertas, W.K. Chen, & R.N. Madan (Eds.), *Visions of nonlinear science in the 21<sup>st</sup> century*. Singapore: World Scientific (pp. 157-208).
- Lewis, M.D.(1997). Personality self-organization: Cascading constraints on cognition-emotion interaction. En: A. Fogel, M.C. Lyra, & J. Valsiner (Eds.), *Dynamics and indeterminism in development and social processes*. Mahwah, NJ: Erlbaum (pp. 193-216).
- Lewis, M.D. & Douglas, L.(1998). A dynamic systems approach to cognition-emotion interactions in development. En: M.F. Mascolo & S. Griffin (Eds.), *What develops in emotional development?* New York: Plenum (pp. 159-188).
- Mandelbrot, B.(1977). *Fractals: Form, chance, and dimension*. San Francisco: Freeman.
- Mandelbrot, B.(1982). *The fractal geometry of nature*. San Francisco: Freeman.
- Marks-Tarlow, T.(1995). The fractal geometry of human nature. En: R. Robertson & A. Combs (Eds.), *Chaos theory in Psychology and the life sciences*. Mahwah, NJ: Erlbaum (pp. 275-283).
- Peat, F.D.(1995). The geometrization of thought. En: R. Robertson & A. Combs (Eds.), *Chaos theory in Psychology and the life sciences*. Mahwah, NJ: Erlbaum (pp. 359-372).
- Prigogine, I.(1999). *Las leyes del caos*. Barcelona: Crítica (original: Les lois du chaos. Roma: Laterza, 1993).
- Ruelle, D.(2001). Applications of chaos. En: W. Sulis & I. Trofimova (Eds.), *Nonlinear dynamics in the life and social sciences*. Amsterdam: IOS Press (pp. 3-12).
- Seydel, R.(1999). Nonlinear computation. En: J.L. Huertas, W.K. Chen, & R.N. Madan (Eds.), *Visions of nonlinear science in the 21<sup>st</sup> century*. Singapore: World Scientific (pp. 333-372).
- Thom, R.(1997). *Estabilidad estructural y morfogénesis* (2<sup>a</sup> ed.). Barcelona: Gedisa (ed. francesa original: Stabilité structurelle et morphogénèse. Paris: Inter Éditions, 1977).
- Veltman, M.G.(2003). *Facts and misteries in elementary particle physics*. Singapore: World Scientific.
- West, B.J. & Deering, B.(1995). *The lure of modern science*. Singapore: World Scientific.

(Artículo recibido: 28-7-2003, aceptado: 22-10-2003)

<sup>5</sup> En el mundo material, la manera como la relatividad en conjunción con la mecánica cuántica dan cuenta de las interacciones es por medio de intercambio de partículas (en el caso de la interacción electromagnética entre partículas, intercambiando fotones). En el mundo psico-social, las interacciones implicarían intercambio de información (significativa para los elementos involucrados); pero como, a menudo, las interacciones no son meramente diádicas, este intercambio constituye, más bien, propagación de información en una suerte de red.