

IV

ANALISIS BIBLIOMETRICO DE LAS GRANDES  
AREAS DE INVESTIGACION

#### 4. ANALISIS BIBLIOMETRICO DE LAS GRANDES AREAS DE INVESTIGACION

A lo largo del capítulo anterior ha ocurrido/ en varias ocasiones que la información obtenida de los - diversos indicadores bibliométricos aplicados al conjunto de la producción en Física quedaba un tanto vacía de/ contenido por no haber concretado la misma al ámbito más reducido de las áreas de investigación. Al objeto de obviar este inconveniente, y según fuémos indicando en repetidas ocasiones, vamos a dedicar un capítulo completo/ a revisar, ampliar e interpretar los datos provenientes - de los indicadores bibliométricos más importantes en el terreno específico de las áreas investigativas fundamentales.

Ello nos permitirá, evidentemente, matizar en no desdeñable medida la información proveniente del análisis global para un selecto conjunto de magnitudes bibliométricas, pero, además, traerá otras consecuencias - sumamente positivas, entre las que podrían citarse la -/ profundización en el contraste de ambas épocas de la Sociedad, al poder establecer el mismo en un terreno mucho más concreto, y la preparación de la infraestructura objetiva imprescindible para poder abordar posteriormente/ el análisis temático pormenorizado de los contenidos - / científicos.

#### 4.1. Esquema general

Antes de introducirnos de lleno en el análisis concreto de cada una de las grandes áreas, se imponen -/ unas aclaraciones de orden técnico, mediante las que se/ justificará la delimitación de nuestro campo de trabajo/ y se harán importantes reflexiones sobre la metodología/ concreta a seguir en el desarrollo del presente capítu-/ lo.

Comencemos por indicar que, con arreglo al -/ título del mismo, vamos a centrar nuestra atención exclu- sivamente en las que en su momento llamábamos grandes -/ áreas de investigación, es decir, las de Óptica, Crista- lografía y Física de los Sólidos, Electricidad-Magnetis- mo, Química-Física, Física Nuclear y Física Teórica. No/ obstante, en el capítulo siguiente serán aportados algu- nos datos al respecto para determinadas áreas menores co- mo las de Espectroscopía y Termología, cosa que no hace- mos en el presente para evitar desviar la atención nues- tra de las que han sido las áreas fundamentales de inves- tigación y para no desdibujar con cifras distorsionadas, al estar referidas a un reducido número de artículos, la síntesis estadística final con la que cerraremos el capí- tulo.

En este orden de cosas cabe indicar que así - como excluimos de nuestro estudio las áreas menores, den

tro de aquellas que merecerán nuestra atención el análisis bibliométrico se hará a nivel del área en cuestión - considerada en su conjunto, sin que tengamos intención - de particularizar el mismo a las diferentes líneas de investigación que puedan conformar el área. Lejos de dirigirnos en esa dirección, la cual podría llevarnos a una/atomización tan fuerte de los datos que hiciera imposi-/ble derivar de ella consecuencias coherentes y bien ci-/mentadas, intentaremos conjuntar y contrastar las informaciones recibidas de cada área por separado en una vi-/sión conjunta final, en cuya elaboración se utilizarán - técnicas estadísticas complejas, que refuerce la ya plas-/mada en el capítulo anterior y supere las posibles lagunas de la misma.

Es importante, asimismo, advertir que en el - análisis particular de cada una de las grandes áreas no/serán revisados todos los indicadores bibliométricos ma-/nejados en el análisis global de la producción. Algunos - serán suprimidos por inconvenientes de orden técnico, re-/feridos a la recogida de datos (caso del "impacto"), - / otros por la escasa capacidad que ha demostrado tener la información de ellos derivada a la hora de interpretar - los resultados (caso de la relación artículos/autor).

En un grado de mayor concreción, cabría indi-/car que vamos a centrar nuestra atención, dentro de cada

una de las seis grandes áreas, en cinco magnitudes bibliométricas, cuatro externas y una interna. Estas serán, respectivamente, el número de artículos, la de los trabajos en equipo, la de la procedencia institucional de la producción, los autores y las referencias bibliográficas.

Para las tres citadas en primer lugar reflejaremos su variación con el tiempo en términos absolutos y porcentuales, a la vez que dicha variación intentaremos siempre ofrecerla bajo el doble prisma de los períodos anuales y quinquenales. El análisis de los autores abarcará dos apartados, uno dedicado a la caracterización cuantitativa de la distribución artículos-autores, debidamente contrastada con los modelos teóricos pertinentes, y otro dedicado a la clasificación objetiva e identificación personal de los productores más relevantes del área en cuestión.

Por lo que respecta a nuestra única magnitud interna, las referencias bibliográficas, desdoblaremos también nuestra dirección de estudio. De un lado, atacaremos la cuantificación de las mismas bajo diversos puntos de vista (artículos portadores de bibliografía, separación de las autorreferencias, relación con el número de artículos, obsolescencia, etc...), cuestiones en las que habrá que tener siempre muy presentes las limitacio-

nes derivadas del proceso de muestreo estadístico seguido a este respecto, y del cual dimos ya cumplida información en su momento. Bajo otro punto de vista, abordaremos, como nuestra segunda dirección de estudio, el análisis cuantitativo de la distribución idiomática de las referencias y la evolución temporal de la misma en períodos anuales y quinquenales.

En los casos que ello sea posible, llevaremos a cabo una detallada comparación entre los valores tomados por las cinco magnitudes anteriores a lo largo de las dos épocas de la Sociedad. A este respecto haremos un especial hincapié en el contraste de los períodos cronológicos asimilables a la preguerra y postguerra, cuestión que indiscutiblemente será una excepcional fuente de información para profundizar en la concreción de las secuelas del conflicto bélico. Asimismo, haremos también frecuentes comparaciones entre las cifras correspondientes a un área concreta y las encontradas, para la misma magnitud, en el conjunto de la Sociedad.

Como es natural, el bagaje interpretativo que pueda derivarse de cada uno de los diversos indicadores bibliométricos que vayamos poniendo en juego para el estudio de las cinco magnitudes, será el mismo en este capítulo que el reflejado en el dedicado al estudio global de la producción, por lo que nos remitimos allí en evita

ción de reiteraciones. Es de esperar que la importancia/ que cada uno de estos indicadores tenga en el caso con- / creto de cada área sea muy diverso, pero combinando la - información de todos ellos estamos seguros de poder ofre cer un perfil general de las áreas ilustrativo y fecun- do.

#### 4.2. Optica

El análisis de lo realizado en esta disciplina, tanto a nivel temático como desde la perspectiva de la infraestructura bibliométrica de esos contenidos temáticos, es algo cuyo interés queda fuera de toda duda. Y las fuerzas motrices de este interés habría que buscarlas en el papel histórico que ha desempeñado la Optica - como componente de la Física y en las características específicas que esta disciplina presenta como tema genérico de investigación practicado por miembros de la Sociedad.

Ciertamente, que la Optica no es una disciplina que haya alcanzado en el presente siglo una notoriedad científica de primer orden, como sería el caso, por ejemplo, de la Electrónica o la Física Nuclear, pero no por ello ha dejado de desempeñar un sólido papel en el continuo desarrollo de la Física. La Optica ha presentado importantes conexiones con otras ciencias (como la Medicina) y ha demostrado tener una sólida proyección tecnológica, procesos ambos que se han acentuado extraordinariamente desde principios de siglo. Asimismo, algunos de sus capítulos (como el referente a la naturaleza de la luz) han desempeñado un papel clave en la fundamentación paradigmática de la Física del siglo XX.

Aparte de las anteriores facetas, todas ellas

de índole muy general, en la propia Sociedad encontramos razones para realzar la importancia específica que tiene para el presente trabajo el análisis de esta disciplina. Según hemos ya reflejado en capítulos anteriores, la Op-tica ha sido el área temática de máxima prepotencia cuan-titativa en los tres quinquenios siguientes a la guerra, circunstancia ésta que le confiere la categoría de área/ de investigación representativa por excelencia de la Fí-sica española desarrollada en los albores de la época -/ franquista. Huelga comentar la excepcional importancia - que un detalle de este tipo representa para un trabajo - de la naturaleza del presente.

Antes de entrar de lleno en materia se impo-/  
ne, para finalizar esta introducción, una aclaración de/  
orden técnico. Va referida al hecho de que aunque esta -  
área de investigación fue practicada en la primera época  
de la Sociedad, dejan allí de publicarse trabajos sobre/  
la misma en los años veinte, con lo cual no hay posibili-  
dad de efectuar comparaciones entre ambas épocas para -/  
los distintos indicadores bibliométricos que vayamos ma-  
nejando, pues en el caso de hacerlas, la distorsión de -  
las conclusiones sería tan honda que les restaría toda -  
validez.

#### 4.2.1. Artículos

De los 1.324 trabajos publicados en los Ana-/  
les entre 1940 y 1975, hay 196 clasificables en el área/  
temática de Optica (OPT), lo que supone un 14,8% del to-  
tal de la producción y sitúa a este área en el cuarto lu-  
gar de la prelación correspondiente, dándose, además, la  
circunstancia de que a niveles de volumen de producción,  
nuestra área está situada en el mismo orden que las asi-  
milables a los puestos segundo y tercero.

Al contemplar la distribución anual de estos/  
196 artículos (ver Tabla 97) se observa que el área de -  
OPT, tras entrar en la segunda época con dos años de ba-  
ja producción, toma rápidamente unas cotas productivas -  
altas y extremadamente regulares, dándose así la circuns-  
tancia de que entre 1942 y 1956, ambos inclusive, no - /  
transcurre ni un sólo año en el que la producción en OPT  
baje de los 5 artículos. Ello nos hace ver que la puesta  
en marcha de las investigaciones ópticas tras la guerra/  
fue casi automática y firmemente mantenida.

Trasladándonos ahora a la perspectiva quinqu-  
enal (ver Tabla 98; Gráficas 33 y 34), vemos como las ci-  
fras parecen delimitar una evolución perfectamente des-/  
criptible mediante tres etapas. Una primera se correspon-  
dería con los años cuarenta, y vendría caracterizada por

un excelente nivel cuantitativo de partida y una importante tendencia al rápido incremento del mismo. Una segunda etapa, que se asimilaría cronológicamente con el período 1950-65, en la que se observa un descenso pausado del volumen de producción, que al final se sitúa ligeramente por bajo del alcanzado en el primer quinquenio de la época. Por último, se aprecia un impresionante bajón en los diez años finales, en los que la producción de artículos, tan sólo cuatro en cada quinquenio, se hace absolutamente irrelevante. La tasa de crecimiento relativo confirma, con un paralelismo casi perfecto, todo lo dicho para el número bruto de artículos quinquenalmente producidos. La misma afirmación sería aplicable a la evolución del porcentaje que suponen en cada quinquenio los artículos de OPT sobre el total de los publicados en Anales.

El perfil evolutivo que hemos descrito, auténticamente original en el conjunto de todas las grandes áreas que sucesivamente iremos considerando, no parece tener una interpretación sencilla. Empieza por resultar verdaderamente chocante la enorme rapidez con que se consolidan las investigaciones en OPT tras la guerra, tratándose de un área en la que se carecía de una tradición e infraestructura investigativa desde más de diez años atrás del comienzo del conflicto bélico. Tal vez la ex-

plicación pueda estar en un doble motivo. De un lado, la circunstancia, más o menos fortuítá, de que la fuerte de puración llevada a cabo entre los miembros de la Sociedad viniera a afectar en menor proporción que a otros el grupo de investigadores interesados en los temas de Optica, aunque ese interés debía ser muy relativo cuando no publicaban en la preguerra. De otro, la incidencia que - pudiera tener sobre la Física española el hecho de que - internacionalmente se contactara con la zona de influencia germano-italiana en forma prácticamente exclusiva, y/ en ella la investigación óptica, dadas sus notables aplicaciones bélicas, estaría lógicamente en primer plano. - También, y aunque esto fuera sólo muy parcialmente, un - factor a añadir serían las necesidades tecnológicas nacionales.

Una vez que se habían alcanzado unas fortísimas cotas productivas a lo largo de los años cuarenta, - hemos reflejado anteriormente como se produce una baja, / leve pero continuada en los niveles de producción de los artículos de OPT entre 1950 y 1965, que es seguida de un hundimiento final. La interpretación de este fenómeno, - podría buscarse en la combinación y superposición de diversos factores, los cuales intentaremos reflejar a continuación, en forma conjunta.

La situación de los años cuarenta era, desde/

todo punto de vista, anormal, no correspondiéndose, en absoluto, con las tendencias investigativas de la Física a nivel internacional. Pronto hacen su aparición en la investigación española jóvenes científicos que traen de fuera o forjan en España, en la medida de sus posibilidades, nuevos temas de investigación (Nuclear, Teórica, Estado Sólido, etc...), lo cual provoca la lógica captación de los investigadores en ciernes, quienes, de esta forma, van marginando a la OPT, ante la perspectiva de cultivar unas ramas más modernas y sugestivas.

Bajo otra perspectiva, podríamos resaltar el rápido descenso del interés que pudieran representar las investigaciones iniciales de OPT, a nivel de cubrir necesidades nacionales. La mejor prueba que puede aducirse al respecto es el rápido reciclaje que se aprecia en la Empresa Nacional de Optica (ENOSA) la cual, creada en principio (1951) para satisfacer la posible demanda de tecnología óptica marginada por la empresa privada, tiene a los pocos años que centrar su labor en la construcción de material didáctico.

Con todo, las razones que hemos ido exponiendo, podría justificar, a lo más, ese descenso observado entre 1950 y 1965, pero parecen insuficientes para explicar el aparatoso bajón final. Posiblemente en este último hayan tomado parte otras causas de orden técnico, -

como podrían ser el desplazamiento de los artículos de esta disciplina a revistas extranjeras en forma masiva, la aparición del órgano de expresión propio de estas investigaciones en 1968 (la revista *Optica Pura y Aplicada*) y otras razones similares. Esperamos que el estudio de otros indicadores bibliométricos nos permita aclarar, o al menos matizar, el esquema interpretativo que aquí hemos diseñado.

#### 4.2.2. Trabajos en equipo

Cuando se analizan bajo esta perspectiva los 196 artículos conformantes del área de OPT, se observa que 79 de ellos han sido realizados individualmente, lo que supone un 40,3%, en tanto que 117 lo son en colaboración, es decir, un 59,7%. Cuando dentro de las colaboraciones distinguimos las de dos firmas (colaboraciones dobles) y las de tres o más (colaboraciones múltiples), nos encontramos con que a las primeras le corresponden 85 artículos, cantidad equivalente a un 43,4% del total de trabajos del área, en tanto que las segundas abarcan 32 artículos, cota asimilable al 16,3% del total.

A tenor de estas cifras se deduce, ciertamente, una prepotencia del trabajo en colaboración para el área de OPT, pero esta afirmación requiere importantes matizaciones. Así, vemos como pese a quedar cuantitativa

mente en minoría, el trabajo individual tiene un fuerte/ arraigo entre los investigadores de este área, dado que/ la cota porcentual que le corresponde, superior al 40%, - es muy elevada en términos absolutos, aparte de que en - comparación relativa con las de las restantes áreas de - investigación, ocupa el segundo lugar. Asimismo, se apre- cia un escaso peso porcentual para las colaboraciones -/ múltiples, todo lo cual da una impresión de partida refe- rida a que, entre los investigadores de OPT, el trabajo/ en equipo no ha tenido un arraigo especialmente relevan- te.

Revisando ahora estas cifras bajo la perspec- tiva de su evolución anual (ver Tabla 99), se observan - algunos detalles dignos de mención. Vemos como a lo lar- go de toda la época las colaboraciones dobles han estado siempre presentes, a modo de norma de trabajo estableci- da. En cambio, para los trabajos individuales y los rea- lizados en colaboración múltiple, la situación ha evolu- cionado en forma casi rigurosamente complementaria. Pode- mos ver como durante los años cuarenta el trabajo indivi- dual es algo plenamente arraigado, en tanto que los tra- bajos de colaboración múltiple no hacen su aparición has- ta 1947 y no consiguen estabilizar mínimamente sus cotas hasta los años cincuenta. Contrariamente, la década de - los sesenta marca el inicio de un cambio total de pauta,

a raíz del cual, y ya hasta el final de la época, desaparecen prácticamente los trabajos individuales y queda plenamente establecida la costumbre de trabajar en colaboración múltiple.

Como es natural, al estudiar este mismo fenómeno bajo una perspectiva quinquenal (ver Tablas 100 y 101; Gráfica 35), queda reproducido el esquema evolutivo anterior, si bien cabe hacer algunas consideraciones al respecto. Ante todo, indiquemos que dado el escaso número de artículos correspondientes a los dos quinquenios finales, éstos no serán tenidos en cuenta en nuestro análisis, pues podrían ser causa de notables distorsiones a la hora de extraer consecuencias.

Entrando ya en la evolución que en concreto se observa, vemos como pueden distinguirse en este terreno dos etapas cronológicas perfectamente diferenciadas. Una se correspondería con los años cuarenta, y vendría caracterizada por un predominio absoluto del trabajo individual, al cual le corresponde durante esos dos quinquenios un peso porcentual siempre superior o igual al 60%. En esta etapa, con arreglo a lo dicho arriba, las colaboraciones múltiples son irrelevantes. Una segunda etapa correspondería al período comprendido entre 1950 y 1965, en la cual se asiste a una caída muy fuerte del trabajo individual, cuyo nivel de significación acaba si

tuándose cerca del 15% y a un predominio cada vez más -/  
acentuado del trabajo en colaboración, si bien, hay que/  
hacer a este respecto una distinción, y es que a lo lar-  
go de los años cincuenta el predominio del trabajo en -/  
equipo se da a través de un aumento de las colaboraciones  
dobles, que oscilan entre el 47% y el 67%, mientras que/  
en el primer quinquenio de los sesenta se asiste, por -/  
primera vez en el contexto del área, al dominio de las -  
colaboraciones múltiples, que llegan a abarcar un 46%.

De todas estas cuantificaciones pueden deri-/  
varse consecuencias de diversa índole. Primeramente, ca-  
be referirse al hecho de que dado que el área de OPT - /  
era la de mayor volumen productivo en la década de los -  
cuarenta, y que según acabamos de ver en ella predomina/  
durante esos años el trabajo individual de forma abruma-  
dora, parecen entonces ser los investigadores de esta -/  
área los máximos responsables de ese predominio de la in  
dividualidad que se notaba en el conjunto de toda la So-  
ciedad en la etapa de postguerra, y especialmente del re  
troceso que se observaba en este terreno con respecto a/  
la preguerra.

Combinando la información aportada en este - /  
apartado con la elaborada en el anterior, se observa co-  
mo no se da una correlación positiva entre la tendencia/  
a aumentar el trabajo en equipo y el posible aumento del

volumen de producción de artículos. Al contrario, la correlación que se observa entre ambas magnitudes es, al menos para esta área de investigación, rigurosamente negativa, ya que vemos que en las épocas en que domina la individualidad crece la producción de artículos y viceversa. Recordemos que algo parecido, aunque no tan acentuado, se notaba en el conjunto de toda la Sociedad.

Finalmente, reflejemos un hecho de cierta importancia. Con arreglo a nuestras cuantificaciones la caída brusca en las cotas productivas del período 1965-1975 viene a producirse justo cuando están en su auge las colaboraciones múltiples. Ello abunda en lo extraño de ese inexplicado bajón, pues justo en ese momento es cuando parece que, en buena lógica, se estaban asentando escuelas investigativas en el seno del área, aunque, claro está, esta última afirmación requiera aún ser contrastada mediante la toma en consideración de nuevos indicadores bibliométricos. El presumible proceso de asentamiento al que antes hemos hecho referencia parece, además, estar bien cimentado, pues recordemos que en la década anterior se asistía al desplazamiento definitivo de los trabajos individuales en beneficio de los de colaboración doble.

#### 4.2.3. Procedencia institucional de los artículos

Al analizar bajo esta perspectiva el total de artículos del área, teniendo en cuenta, como es natural, la posibilidad de opción clasificativa múltiple que poseen en este terreno, se obtiene una distribución global bastante sesgada. Así, vemos como una sola institución, el CSIC, recoge 153 de las opciones, equivalentes a un 76,1% del total, la Universidad, que en otras áreas alcanza una fuerte relevancia, aquí incluye tan sólo la insignificante cantidad de 8 de ellas, es decir, el 4%. Otras instituciones de diversa naturaleza abarcan hasta un total de 40 opciones, lo que equivale al 19,9%.

Los artículos realizados en el CSIC son canalizados, en su inmensa mayoría, a través del Instituto de Optica "Daza de Valdés", aunque también sea significativo a este respecto el Instituto de Física "Alonso Santa Cruz". Los centros universitarios, dada su exigua influencia, no vale la pena detallarlos, pero sí que conviene citar alguno de los incluidos en el apartado genérico de "Otros", cuya entidad numérica es superior. Entre los allí incluidos hay dos que encauzan una mayoría de los artículos, el Laboratorio de Ensayo de Materiales, dependiente del Ministerio de Obras Públicas, y el L.I./T.E.M.A. (Laboratorio y Taller de Investigaciones del Es

tado Mayor de la Armada), dependiente de los Ministerios Militares.

Ante las cifras aportadas poco puede reflexionarse. Está meridianamente claro que en las investigaciones ópticas ha mandado una institución, el CSIC, actuando las restantes como canalizadoras de investigaciones - complementarias o de apoyo. A destacar la significativa/cota asimilable a las instituciones de índole diversa, - excepcional en el conjunto de todas las áreas. La exigua significación correspondiente a la Universidad podría estar distorsionada por motivos técnicos tan simples como/ la costumbre de citar al pié del artículo, en aquellos - casos en los que éste fuera realizado en un laboratorio/ universitario, tan sólo el Instituto del Consejo al que/ dicho laboratorio pudiera estar adscrito o del que recibiera la subvención económica, pero aún y cuando así fuera difícilmente podría la Universidad elevar un porcentaje tan exiguo a cotas significativas.

Revisando la evolución de este fenómeno por - períodos quinquenales (ver Tablas 102 y 103; Gráfica 36), la situación que queda delimitada es lo suficientemente/ ilustrativa como para matizar algo lo expuesto. Al igual que hemos hecho ya anteriormente, y por análogos motivos a los allí aducidos, marginaremos de nuestros comentarios los dos quinquenios finales de la época. Pese a ello, ve

mos que el perfil reflejado por las cifras demuestra - / una total prepotencia del CSIC a lo largo de todos y cada uno de los cinco quinquenios restantes, en los que - / nunca baja del 60% de peso porcentual. Es muy destacable, sin embargo, el hecho de las llamadas instituciones diver sas despliegan su labor, fundamentalmente, a lo largo de los años cuarenta, durante los cuales su nivel de significación supera sobradamente el 30%, es tanto que para - el resto de la época no se llega a alcanzar ni siquiera / un 10%.

Parece entonces materializarse la posibilidad, apuntada por las primeras directivas de la Sociedad, de / imbricar las investigaciones científicas en Física de - / los años cuarenta con la resolución de parte de las nece sidades nacionales, pues es precisamente durante esos - / años cuando se da el auge de los trabajos ópticos canali zados a través de instituciones de proyección militar y / tecnológica. Pero este intento, honestamente, no parece / ser precisamente muy afortunado. Así, e independiente de las deficiencias técnicas apreciadas en capítulos ante- / riores mediante diversos indicadores bibliométricos para el grueso de los artículos publicados en esa década, vemos ahora cómo tras haber canalizado un considerable número de trabajos a través de instituciones de investigación aplicada, justo viene a desaparecer la significa-- /

ción cuantitativa de las mismas cuando el gobierno interviene directamente en este proceso mediante la creación/ de la empresa ENOSA, la cual, en buena lógica, debía -// haber coordinado y potenciado las investigaciones en Op- tica, dándose además la circunstancia de que a los pocos años dicha empresa parece quedar desmembrada de sus moti- vaciones de origen. Nos encontramos con una situación un tanto curiosa, se ha volcado el potencial de investiga- ción científica de la postguerra en un tema cuya conexión con la tecnología nacional desaparece en unos cuantos -/ años. Desde luego, la visión de futuro de los primeros - responsables de la investigación científica española - / tras la guerra, no parece quedar en muy buen lugar. Sal- vemos, al menos, su posible buena intención.

En definitiva, parece entonces que el "boom"/ de las investigaciones ópticas en la postguerra, indepen- dientemente de los logros científicos que pudieran com- portar y que en su momento serán explicitados, correspon- dió a un enfoque un tanto forzado de la investigación en Física una vez acabada la guerra. Forzado por las conse- cuencias de la depuración efectuada entre los miembros - de la Sociedad y de la clase científica en general y por la política de relaciones exteriores practicada tanto a/ nivel gubernamental como a nivel de las directivas de la Sociedad. La cual, según reflejamos en su momento, no -/

fue sino un mimetismo de la seguida por los dirigentes - de un CSIC por aquél entonces poderosamente ideologizado.

#### 4.2.4. Autores

##### a) Distribución artículos-autor

Tal y como se hizo con los datos correspondientes al conjunto de la Sociedad, el estudio de la distribución artículos-autor para este área ha sido efectuado/ en base a la determinación de la cantidad de artículos - producidos por los autores correspondientes a todos y ca da uno de los posibles grados de productividad que sur-/ gían a partir de los datos observados. Tras la elabora-/ ción de las cifras absolutas (ver Tabla 104), se ha proce-/ dido a un agrupamiento de las mismas mediante un proce-/ so de acumulación porcentual (ver Tabla 105, Gráfica 37), el cual presenta un perfil bastante similar al obtenido/ para el total de la Sociedad.

De esta forma, vemos como el 25% de los auto- res más prolíficos del área de OPT son responsables del/ 71,0% del total de la producción, el 10% de los mismos - llevan a cabo un 42,8% de lo publicado, en tanto que el/ 5% y 2% de autores realizan, respectivamente, el 28,7% y el 17,6% de los artículos. Las diferencias con respecto/ a las cifras globales establecidas en el capítulo ante-/ rior, nunca rebasan la cota de los cuatro puntos.

La primera impresión que se recibe es, entonces, de que en las investigaciones de OPT se ha conseguido un grado de institucionalización aceptable, si bien dicha apreciación queda un tanto desdibujada cuando se realiza el contraste de nuestros datos con los previstos teóricamente en el modelo de Lotka (ver Tabla 106, Gráfica 38). A este respecto puede indicarse que, bajo la tónica de unas varianzas denotadoras de una muy escasa dispersión de los datos, obtenemos como ley ajustable a los mismos:

$$A(n) = 37,7222 \cdot n^{-1,3189}$$

lo que nos arroja un exponente que es el segundo más distante del teórico encontrado para todas las áreas pero el cual, pese a todo, tiene un grado de proximidad al mismo no desdeñable.

No obstante, esta tónica de cierta discrepancia queda rota cuando llevamos a cabo el contraste con el modelo de Rao, el cual sí que parece aplicable a los datos del área de OPT. Así, vemos como bajo la consideración de los cuatro grados de libertad asimilables a este caso, obtenemos un valor de:

$$\chi^2 = 4,68355$$

que encaja perfectamente en la región de aceptación co-

rrespondiente al nivel de significación del 5%, al verificarse:

$$P (X^2 \leq 9,49) = 0,95$$

Circunstancia ésta que, además de quedar plenamente confirmada cuando se revisan las frecuencias teóricas y experimentales (ver Tabla 107), nos lleva a considerar como ley ajustable a nuestros datos:

$$A(r) = 6,469922 \cdot \frac{\Gamma(r-0,671873)}{\Gamma(r)} \cdot 0,907254^{r-1}$$

habiéndonos limitado a sustituir en la expresión general aportada en el capítulo anterior, los parámetros obtenidos para nuestra distribución experimental por medio del proceso informático pertinente.

Cifras y expresiones algebraicas aparte, el hecho de que la distribución artículos-autor aplicable al área de OPT haya sido descriptible mediante una ley concreta, la cual, como todas las de este tipo, refleja la canalización de la mayor parte de la producción a través de unos pocos autores, viene a indicarnos en última instancia que las investigaciones ópticas han conseguido un buen grado de institucionalización, si bien el mismo se rige mediante un modelo distinto al que se adapta mejor al total de la Sociedad.

b) Clasificación e identificación de productores

Otorgando a cada uno de los productores de artículos de OPT un índice de productividad en base a la cantidad de artículos producidos en esta área exclusivamente, se obtiene una distribución (ver Tabla 108) un tanto alejada de la encontrada para el conjunto de la Sociedad. De esta forma, vemos como el porcentaje correspondiente a grandes productores en OPT (0,5%) es prácticamente la mitad del observada para el total (0,9). Para los medianos productores, el 5,1% de OPT, queda punto y medio abajo del 6,7% asimilable al total, y esa diferencia no es desdeñable en cifras de esta magnitud. Contrariamente, para pequeños productores, considerados en su conjunto, la diferencia se reduce, 94,3% en OPT frente a 92,4% en la Sociedad, pero cuando subdividimos esta categoría en bajos y muy bajos productores, vemos como para ambas subcategorías vuelve a aparecer una diferencia significativa, para la primera se da una cota notablemente menor en el área de OPT (7,1%) que en el total (18,1%), dándose el fenómeno inverso para la segunda (87,2% en OPT, 74,3% en la Sociedad). Ello nos hace ver que nuestra área ha contribuido, sobre todo, a engrosar las filas de productores de escasa entidad, circunstancia ésta que aminora su nivel global de significación cualitativa.

Pasando ahora a la identificación y caracterización de los productores más relevantes del área (ver Tabla 109), vamos a explicitar, y así se hará también en las restantes, exclusivamente a los correspondientes a las dos primeras categorías. El único gran productor es M. Aguilar, quien concentra su producción en los años cincuenta y sesenta, pero aún se asoma a los Anales en los setenta, no teniendo entonces por qué dar por terminada su capacidad productiva con la época por nosotros estudiada.

Desgraciadamente, para las perspectivas futuras del área de OPT, la distribución cronológica de la producción del máximo autor no se repite en los medianos productores. Estos ascienden a diez, y entre ellos hay cinco, A. Durán, J. M. Otero, C. Morais, M. Egües y J. Cabello, que concentran la totalidad de su producción entre el inicio de la época y el final de los años cincuenta, en tanto que los cinco restantes, L. Villena, P. Jiménez-Landi, J. Barcala, F. Catalina y E. Sauras, comienzan a publicar casi todos a mediados de los cuarenta y cesan de aparecer en Anales a mediados de los años sesenta.

Todo esto confiere un fuerte grado de obsolescencia al conjunto de los productores relevantes del área que estudiamos, a la vez que realza el proceso de

desarraigo experimentado por la OPT al transcurrir de los años entre los jóvenes investigadores españoles. Si hemos de juzgar por el contenido de los Anales, esta área presenta, desde luego, muy escasa perspectiva de futuro al rebasarse cronológicamente el período franquista, aunque la aparición al final de su propio órgano de expresión pueda ser un revulsivo al respecto.

#### 4.2.5. Referencias bibliográficas

##### a) Cuantificación y obsolescencia

Como es natural, el primer aspecto a reflejar en torno a esta cuestión es la cuantificación de los artículos que son portadores de referencias bibliográficas, ello constituye un paso previo imprescindible para entrar con rigor en la cuantificación del volumen de las mismas.

De la muestra decantada entre toda la producción de los Anales para el estudio de esta cuestión, hay 68 artículos pertenecientes al área de OPT, y de ellos 57 portan referencias, es decir, un 83,8%. Porcentaje que si bien es elevado en términos absolutos, incluso destacadamente cuando se coteja con los de la primera época de la Sociedad, es el de más baja envergadura de entre los correspondientes a todas las áreas de investi-

gación desarrolladas en la segunda. Ello dice muy poco - en favor de las investigaciones ópticas.

La distribución anual y quinquenal de este -/ fenómeno (ver Tablas 110 y 111), aporta algunas matiza-/  
ciones interesantes. Según podemos ver, a lo largo de -/  
los veinte primeros años de la época el porcentaje de ar-  
tículos portadores de referencias oscila entre 74% y - /  
88%, alcanzándose la cota del 100% (muy usual en otras -  
áreas investigativas) tan sólo en el primer quinquenio -  
de los años sesenta. Como quiera que en conjunto de toda  
la Sociedad se detectaba una regresión al pasar de la -/  
preguerra a la postguerra en el peso porcentual de los -  
artículos con referencias, parece entonces que dicha cir-  
cunstancia es achacable, en primer término, a los artícu-  
los de OPT, pues no en balde son precisamente los más -/  
abundantes a lo largo de justo esos años.

Pasando ahora a la cuantificación del volumen  
de referencias, hemos de tomar como base fundamental de/  
partida la evolución anual y quinquenal del número de re-  
ferencias bibliográficas contenidas en los artículos - /  
muestrales del área (ver Tablas 112 y 113), pero dichas/  
cifras, tomadas en sus valores brutos carecen de un autén-  
tico significado hasta que no se relacionan con el núme-  
ro de artículos correspondientes a cada uno de los perío-  
dos cronológicos considerados. Una vez hecho ésto (ver -

Tabla 114; Gráficas 39 y 40), la información que se recibe es bastante más clara. Antes de introducirse en la -/ descripción de la misma hemos de aclarar que las razones anteriormente aducidas para eliminar de nuestro estudio/ los dos quinquenios finales de la época, se ven aquí - / acentuadas al reducirse a tres el número de artículos para ambos períodos a consecuencia del muestreo. Continuaremos, pues, sin tomarlos en consideración.

Entrando ya en la evolución del indicador referencias/artículo, nos encontramos con que la misma presenta algunas notables oscilaciones. A lo largo de los - años cuarenta el indicador se mantiene estabilizado en - valores cercanos al "8", aunque al pasar del primer al - segundo quinquenio parece sugerirse un proceso de baja, / el cual efectivamente se confirma al trasladarse a la década siguiente, dado que durante los años cincuenta se - sitúa siempre nuestro indicador en valores que oscilan - tenuemente alrededor de "3,5", tónica que se rompe cuando se entra en el último quinquenio objeto de nuestro estudio, el de 1960-64, donde el indicador sube a 6,5.

Así pues, vemos cómo a lo largo de los años - cuarenta, si bien era proporcionalmente escaso el número de artículos portadores de referencias, los que las tienen lo hacen en número considerable. La caída de este indicador, que lo es de calidad, a lo largo de los años -/

cincuenta es un tanto sorprendente y no explicable razonadamente con los datos que disponemos, aunque podría -/ ser síntoma de un proceso de crisis interna en la orientación temática o de renovación de equipos de investigación por esos años. Cuestión que es sugerida por el alza observada en el quinquenio siguiente, que se corresponde ría con la salida de la crisis o renovación antes señala da. Muy pronto volveremos sobre esta cuestión con nuevos indicadores más potentes al respecto.

Precisamente, los más óptimos en este terreno serían el número de autorreferencias por artículo y el - porcentaje que suponen las autorreferencias con respecto al total de las referencias. Dada la similitud que se ob serva al estudiar la evolución de ambos por períodos - / quinquenales (ver Tabla 114; Gráfica 40 para el primero/ y Tabla 113; Gráfica 41 para el segundo), haremos un estudio simultáneo de ambos. Entre 1940 y 1949 para los -/ dos indicadores se observa una clara tónica de manteni- / miento, el de autorreferencias/artículo lo hace en torno al valor "1" y el porcentaje autorreferencias/referencias en valores cercanos al "12". En el quinquenio siguiente, el primero de estos indicadores continúa en su tónica de mantenimiento pero en el segundo se experimenta una nota ble subida mediante la que se dobla el valor correspon- / diente a los años cuarenta. En conjunto, podemos enton-

ces hablar de un ascenso entre 1950 y 1954. El segundo - quinquenio de la década de los cincuenta es de claro des censo para ambos indicadores, que disminuyen simultáneamente su valor en un 50%. Por último se observa una nota ble subida en el quinquenio 1960-64, que es de clara recuperación.

A tenor de las cifras, la interpretación no - ofrece dudas. Desde el mismo inicio de los años cuarenta parece que un grupo de investigadores, posiblemente nucleado por los cinco medianos productores que citábamos/ en el apartado anterior como característicos de este período, consigue la estabilización de algunas escuelas de investigación, las cuales extienden su influencia a lo largo de los cuarenta y primera mitad de los cincuenta./ En la segunda parte de los mismos parece asistirse a una renovación de esas escuelas o a un cambio importante en/ la correlación cuantitativa de las mismas, recordemos a/ este respecto que había otros cinco medianos productores y un gran productor de esta área que iniciaban sus publi caciones justo en esos años, lo que provocaría una breve época de confusión en este terreno (descenso de los indi cadores en 1955-59) hasta que se consiguiera el asentamiento definitivo de los nuevos grupos de investigación/ (manifestados en el ascenso de 1960-64). Esta situación/ que hemos plasmado sería, desde luego, chocante con el -

brusco descenso de la producción en el período 1965-75, -  
 que cada vez se manifiesta más como algo perfectamente -  
 posible, pero tal vez distorsionado por reducir nuestro/  
 estudio a una sólo revista.

En otro orden de cosas, vamos ahora a anali-/  
 zar un nuevo indicador, como es el índice de obsolescen-  
 cia de las referencias. El estudio de su evolución quin-  
 quenal (ver Tabla 115, Gráfica 42) es un tanto irregular.  
 Lo primero que llama la atención es el hecho de que, a -  
 excepción de un quinquenio, el de 1950-54, donde toma un  
 valor muy bajo, inferior a "4", en todos los demás supe-  
 ra sobradamente la cota "6", alcanzando el máximo valor/  
 en el quinquenio 1960-64, en el que rebasa el "9". Es de  
 señalar una coincidencia entre los períodos donde están/  
 asentadas las escuelas de investigación con los de máxi-  
 ma envergadura del índice de obsolescencia. Asimismo, el  
 hecho de que la obsolescencia correspondiente a las es-/  
 cuelas de investigación de funcionamiento estable duran-  
 te los sesenta sea mayor que la correspondiente a las -/  
 que funcionan en los cuarenta, podría ser indicativo de/  
 que entre ambas permaneciera algún nexo de unión no des-  
 deñable.

#### b) Distribución idiomática

El análisis idiomático de las 352 referencias

contenidas en los artículos muestrales de OPT, ofrece -/  
una cuantificación global un tanto diferenciada con res-  
pecto a la observada para las restantes áreas, siendo, -  
tal vez, el detalle más significativo a este respecto la  
necesidad que hay de estructurar el estudio en base a -/  
seis áreas idiomáticas en vez de las cinco normalmente -  
manejadas, pues aquí el idioma italiano presenta unas co-  
tas porcentuales dignas de tratamiento separado.

A lo largo de toda la época, el idioma más -/  
prepotente ha sido el inglés, al que le corresponden un/  
42,6% de las referencias, seguido del español y alemán -  
con unos pesos porcentuales muy distantes del anterior,/  
pero cercanos entre sí, 18,2 y 14,5 respectivamente. En/  
un nivel más bajo se situarían el francés y el italiano,  
ambos con un nivel de significación del 9,4% y el 5,9% -  
restante es absorbido por idiomas varios. El alto nivel/  
de significación alcanzado por el alemán y el hecho, ya/  
comentado, del italiano, son tal vez las características  
más diferenciadoras con respecto a las demás áreas de in-  
vestigación.

Al observar la evolución anual y quinquenal -  
de esta cuestión, ya sea en cifras absolutas (ver Tablas  
116 y 117) o bajo una perspectiva cronológico-porcentual  
(ver Tabla 118, Gráfica 43), el proceso observado se pue-  
de describir mediante tres etapas. La primera se corres-

pondería con los quince primeros años de la época, en -/ ella se comienza con una notable prepotencia del alemán/ y el italiano, los cuales rebasando la cota del 20% son/ los dos idiomas claves, pero a lo largo de los dos quinquenios restantes ambos inician un proceso de baja, dándose, simultáneamente, un alza en los niveles del español e inglés, alcanzando rápidamente este último el dominio cuantitativo. El francés se mantiene por esa época - en torno al 10% en dos quinquenios y es irrelevante en - el otro.

Cuando la situación arriba descrita parecía - estabilizada, en el quinquenio siguiente (1955-59), que/ anteriormente habíamos caracterizado como de posible crisis en las escuelas de investigación, se observa un notable cambio de perfil en la distribución idiomática, bajo el que vuelven a subir alemán e italiano y a bajar inglés y español. Esto refuerza nuestra idea de cambios internos en el área durante ese período quinquenal.

Por último, al iniciarse los años sesenta, entre 1960 y 1964, la situación marcada al principio se repite y de nuevo se vuelve a detectar baja del área germano-italiana y alza de la anglo-americana y española. Situación ésta que se corresponde con la observada en el - anterior período 1940-55 que catalogamos en su momento - de funcionamiento estable de las escuelas investigativas.

Es, asimismo, destacable que, salvo en el quinquenio/ final, la evolución del porcentaje de referencias en español es plenamente paralela a la del porcentaje de autoreferencias.

#### 4.3. Cristalografía y Física de los Sólidos

El análisis bibliométrico y temático de las - investigaciones llevadas a cabo en este área general a - través de lo publicado en Anales entre 1940 y 1975 es una labor, si bien ardua, llena de interés. Y ello puede - / afirmarse en base a motivos de diversa índole, unos de - carácter global y otros de carácter más concreto. Bajo - un prisma general puede argumentarse el fortísimo peso - específico que las investigaciones en Estado Sólido han/ tenido en el conjunto de las dedicadas a Física a nivel/ internacional, desde el inicio de las mismas, normalmen- te asignado a la evidenciación por métodos físicos de la ordenación interna de la materia cristalina, hasta la ac- tualidad, en la que el Estado Sólido ha quedado conforma- do como un campo autónomo de investigación y ha sido ins- titucionalizado cumplidamente en los planes de estudio - de las más afamadas universidades internacionales.

Esta disciplina ha sido portadora de una di- / námica interna riquísima, posiblemente auspiciada por su eclecticismo temático y por haber sido uno de los máxi- / mos puntales articuladores del paradigma cuántico, a la/ vez que ha demostrado una gran fecundidad en sus aplica- ciones, tanto por su proyección hacia otras ciencias (es- tudios sobre la ordenación de la materia viviente), como

por su importante componente tecnológica (mejoramiento de materiales).

Bajando ahora a motivaciones más concretas -/ para nuestro estudio, hemos de añadir que la presente -/ área fue la más prolífica de todas las cultivadas en la/ primera época de la Sociedad, lo cual la convierte en -/ una fecunda fuente de comparaciones sobre muy diversas - cuestiones de obligada consideración por nuestra parte./ Asimismo, y a tenor de lo ya reflejado hasta ahora en ca pítulos anteriores, sabemos que nos encontramos ante una área de investigación cuyos niveles de significación cuantitativa han sido bastante notables a lo largo de amplios períodos cronológicos de la época franquista.

Estas y otras razones son unos argumentos de/ peso para avalar el importante significado que el análi- sis de las investigaciones en Cristalografía y Física de los Sólidos tienen en el conjunto del presente trabajo./ Nuestra atención sobre las mismas se dirigirá, en este - capítulo, a los aspectos bibliométricos de las mismas.

#### 4.3.1. Artículos

El área de Cristalografía y Física de los Sólidos (CFS), ha sido desarrollada en Anales bajo un to- tal de 155 trabajos, lo que supone un 11,7% del total de

los allí publicados. Cifra ésta que tomada en términos - absolutos arroja un aumento con respecto a la primera -/ época, en la que las investigaciones de este tipo abarca ban 69 trabajos, pero el peso porcentual de los mismos, / nada menos que un 47%, habla bien a las claras de la po- table pérdida de significación del área a lo largo de la segunda época de la Sociedad.

Abundando en esta línea de comparar ambas - / épocas entre sí (162) podemos reflejar que entre 1932 y/ 1935 la producción de artículos sobre este tema estaba - plenamente regularizada, no bajando nunca de la cota de/ "8" a lo largo de dichos años. Contrariamente, se obser- va como al entrar en la segunda época, y hasta 1948, nunca se producen más de dos artículos anuales, dejando in-/ cluso de publicarse en dos años (ver Tabla 119). En rea- lidad, hasta el inicio de la década de los cincuenta no/ se consigue superar las cotas productivas anuales de los años treinta. Esta perspectiva de pérdida de significa- / ción de la postguerra frente a la preguerra, se mantiene rigurosamente al revisarla por períodos quinquenales. -/ Los 41 artículos producidos en el quinquenio 1931-35, no son igualados hasta el tercer quinquenio de la segunda - época. La guerra civil, puede entonces afirmarse, provo- ca un parón importante en las investigaciones de CFS, si bien, el mantenimiento de las mismas en unos niveles de/

producción no desdeñables, ofrece la posibilidad de que se diera una continuidad temática.

Adentrándonos en la evolución seguida por la cuantía de artículos de CFS entre 1940 y 1975, excluyendo ahora todo punto de referencia comparativo, y dirigiéndonos sobre todo a la perspectiva quinquenal (ver Tabla -/120; Gráficas 44 y 45), parecen quedar delimitadas tres etapas al respecto, las cuales, en su conjunto, ofrecen un perfil muy similar al trazado en este terreno para el total de la producción de la Sociedad.

Una primera etapa se correspondería con los años cuarenta y el primer quinquenio de los cincuenta. En ella, partiendo de unas cotas numéricas bastante reducidas, se asiste a un período de crecimiento, que si bien es bastante lento entre 1940 y 1949, alcanza un volumen tal entre 1950 y 1954, que no vuelve a ser igualado hasta el final de la época ni en términos absolutos ni en relativos. Entre 1955 y 1965 transcurre la segunda etapa, a lo largo de la cual se aprecia una fase de notable descenso en la producción, bajándose desde los 44 artículos publicados en el quinquenio 1950-54, a los 12 del 1960-64. Sin embargo, se asiste a una importante recuperación de terreno en los diez años finales de la época, que son los correspondientes a la tercera etapa, durante los cuales se llegan a alcanzar los 34 artículos -

Bajo el prisma de la evolución del nivel de significación porcentual con respecto al total de la producción de cada quinquenio en el conjunto de todas las áreas de investigación (ver Tabla 120), el panorama que se observa es bastante similar al diseñado para el número de artículos, aunque presente con respecto al mismo algunas diferencias. A lo largo de los años cuarenta, la que había sido el área más prepotente de la primera época, arroja un peso porcentual muy exiguo, siempre inferior al 8%, siendo en cambio el primer quinquenio de los cincuenta el momento en el que se alcanza una máxima relevancia para las investigaciones en este campo, que llegan a representar más de la cuarta parte de las realizadas en la totalidad de las áreas. El período 1955-65 es de clara baja en el nivel de significación, que llega a situarse por bajo del 7%. La década final de la época, que vimos era de crecimiento en la cuantía bruta de la producción, es en cambio de estabilización en la cota de significación porcentual, la cual oscila muy levemente alrededor del 10%.

En términos generales, observamos como el área de CFS, tras haber alcanzado unos niveles muy fuertes en la preguerra, experimenta un estancamiento en los años cuarenta, pasado el cual, y cuando parecía superarse el bache a principios de los cincuenta, desde 1955 en

adelante se asiste a una importante serie de altibajos - en la producción, que si bien no impiden que este área - abarque siempre un significativo número de artículos del total de la producción de la Sociedad, hacen que nunca - vuelva a alcanzar los niveles en ella conseguidos a lo - largo de los años treinta. Todo parece, entonces, indi- car que buena parte de la escuela de investigación forja da en la primera época fue marginada en la segunda, sin- que a lo largo de la misma se le hayan encontrado unas - alternativas regulares y duraderas, aunque, si nos deja- mos guiar por los fuertes altibajos de producción, pare- ce que intentos para ello no han faltado.

#### 4.3.2. Trabajos en equipo

De los 155 artículos que conforman la produc- ción del área de CFS hay 36 realizados individualmente, / lo que supone un 23,2%, frente a 119 hechos en colabora- ción, es decir, un 76,8%. Dentro de estos últimos habría que distinguir los firmados por dos personas, los cuales ascienden a 74 y arrojan un peso porcentual del 47,7% so- bre el total de la producción del área, y los firmados - por tres o más, que son 45 y representan el 29,1%. Como/ tónica general se detecta, entonces, un predominio de - / las colaboraciones, aunque la individualidad presenta - / unas cotas nada desdeñables, viéndose, asimismo, como - /

dentro de la tendencia a trabajar en equipo se acentúa - la colaboración doble, que parece constituirse como el - módulo fundamental de trabajo para las investigaciones - del área.

Cuando este fenómeno se intenta estudiar desde un grado de mayor matización, hay dos cuestiones iniciales que llaman notablemente la atención. La primera de ellas hace referencia a la tardanza que se aprecia en la entrada en escena de las colaboraciones múltiples, -/ las cuales, según se observa en la distribución anual de los trabajos en equipo (ver Tabla 121), no adquieren una tónica de regularidad hasta mediados de los años cincuenta. La segunda se refiere al hecho de que, contrariamente a lo observado en otras áreas de investigación, en la de CFS no se nota una regresión en el porcentaje de trabajos realizados en equipo al pasar de la preguerra a la postguerra. Así, en los dos últimos quinquenios de la -/ primera época de la Sociedad, las colaboraciones en este área ascendían a un 44,4% y 61,0% respectivamente (163)/ en tanto que a principios de la segunda se obtiene para/ los dos quinquenios de partida los valores de 80,0 y - / 72,0%, lo cual hace ver que incluso se da una tendencia/ al aumento en este terreno.

Entrando ahora en lo que ha sido la evolución de las colaboraciones a lo largo de la segunda época en/

concreto (ver Tablas 121 y 122; Gráfica 46), vemos como/ a resultas de las cifras obtenidas parecen quedar delimi-  
tadas dos etapas, bien diferenciadas cuantitativamente y muy desiguales cronológicamente.

La primera de estas etapas, abarcaría desde - el inicio de la segunda época hasta el primer quinquenio de los años sesenta, y a lo largo de la misma se observa una tónica evolutiva doblemente caracterizada. De un lado se ve como el trabajo individual sigue a través de esos/ años una línea ascendente en su porcentaje (excepción -/ hecha del quinquenio 1955-59), en la que partiendo de un 20% al inicio de los cuarenta se llega nada menos que -/ hasta un 50% en el período 1960-64, cota bastante singular para esos años en lo que se refiere a artículos indi-  
viduales. En cambio los artículos realizados en colabora-  
ción siguen durante esa misma etapa una evolución dife-/  
renciada, dándose, hasta 1949, un predominio total de -/  
los firmados por dos autores que llegan a suponer un 72, pero desde ahí hasta 1964 se observa una notable baja en el porcentaje de los mismos (hasta un 33%) y un alza con-  
siderable en los firmados por tres o más autores (hasta/ un 44%).

La segunda etapa se correspondería con los -/ diez años finales de la época, y en ella se asiste a una afirmación definitiva, tan sólida como tardía de las co-

laboraciones múltiples, las cuales rebasan en los dos -/  
quinquenios sobradamente el 30%, en tanto que, paralela-  
mente, este hecho se ve reforzado por una caída en pica-  
do del porcentaje de los trabajos individuales, que des-  
de aquél 50% alcanzado en el quinquenio 1960-64, dismi-  
nuyen en los dos últimos a 16,7% y 8,8% respectivamente.  
Para las colaboraciones dobles se sigue detectando un -/  
fuerte nivel de significación.

A raíz de todas las cifras que hemos ido re-/  
flejando, pueden elaborarse algunas consideraciones de -  
índole general. Así, esa tendencia al aumento del traba-  
jo en equipo cuando nos trasladamos de la primera a la -  
segunda época, abunda en la posibilidad de que haya habi-  
do una cierta continuidad temática entre ambas, pues po-  
dría ser señal de la permanencia de algunos de los equi-  
pos de trabajo forjados en los\* años treinta. Asimismo, -  
a principios de los cincuenta se asiste a un cambio de -  
estilo en las investigaciones del área al tomar cuerpo,/  
un tanto bruscamente, las colaboraciones múltiples. Ello  
puede deberse a la aparición de nuevos equipos de traba-  
jo o a un cierto proceso de reciclaje de los ya existen-  
tes de la década anterior. Posteriormente volveremos so-  
bre esta cuestión. Tras un prolongado período de estabi-  
lización, volvemos a encontrarnos con otro importante as-  
censo de las colaboraciones múltiples, bastante más sóli-

do que el experimentado en los años cincuenta, el cual// es bastante más probable que venga asociado a la entrada en escena de nuevos equipos de investigación con temas de refresco, pues las peculiaridades que tenía este giro de la última década parecían bastante más singulares.

#### 4.3.3. Procedencia institucional de los artículos

Considerando las opciones múltiples que en -/ ello pueden darse, el análisis de la procedencia insti cional de todos los artículos del área de CFS hace ver, / bajo una primera impresión global, que ha habido dos - / instituciones canalizadoras del grueso de la producción, el CSIC y la Universidad. La máxima significación corres ponde a la primera, la cual recoge un conjunto de 103 -/ opciones, equivalente, sobre el total a un 51,2%, en - / tanto que los centros universitarios recogen 73 de ellas, asimilable a un 36,3%. Otros centros de ámbito diverso - abarcan 25 opciones, lo que representa tan sólo el 12,5%.

Desglosando las cifras anteriores bajo una -/ perspectiva quinquenal, tanto en términos absolutos (ver Tabla 124), como en su distribución porcentual correspon diente (Tabla 125, Gráfica 47), se observa una pauta evo lutiva general muy similar a la establecida para los tra bajos en equipo, quedando delimitadas las mismas dos eta pas que allí.

De esta forma, observamos como entre 1940 y - 1964 se da un dominio del CSIC a lo largo de todos los - quinquenios, institución ésta cuyo nivel de significa--/ ción porcentual nunca baja en esos años del 55%, alcan--/ zándose el máximo nivel durante el período 1960-64, en - el que llega hasta un 86,7%. Entre tanto, los centros -/ universitarios se mantienen en una posición irregular, - situándose los mismos en porcentaje nulo durante los - / quinquenios primero y cuarto, mientras que en los tres - correspondientes al período 1945-59 se aprecian unos va- lores comprendidos entre un 30% y un 35%.

Una segunda etapa sería la asociada a la déca da final de la segunda época (1965-75). En ella se obser va, ya en el primero de sus dos períodos quinquenales, - un brusco cambio de orientación, a raíz del cual pasa a/ ser la Universidad la entidad canalizadora de la mayoría de los artículos (37,1%), a la vez que se detecta una im portante baja en el grado de significación del CSIC - -/ (33,3%), que se reduce a casi la tercera parte del co--/ rrespondiente al quinquenio anterior. La tendencia aquí/ reflejada no hace sino aumentar en el período 1970-75, - al finalizar el cual la Universidad roza ya el 60% y el/ CSIC baja del 25%.

Según hemos indicado anteriormente, la conco mitancia de todo este proceso con la evolución de los -/

trabajos en equipo es casi perfecta. Combinando esta información con la procedente de la evolución del número de artículos, podemos ir perfilando un primer esquema interpretativo del desarrollo general de las investigaciones en CFS.

Los años cuarenta, en los que se notaba un -/ muy lento crecimiento del número de artículos y unas cotas absolutas bastante bajas a este respecto, se corresponden con la ausencia de colaboraciones múltiples y con un claro predominio del CSIC en la procedencia institucional de los trabajos. Tras esos diez primeros años se entra en la década de los cincuenta con un cambio notable/ en algunas de esas magnitudes. Así, entre 1950 y 1954 se observa un fuerte crecimiento en la producción de artículos y un giro importante en la orientación de los trabajos en equipo, en los que entraban en escena las colaboraciones múltiples. La procedencia institucional, en cambio, no parece experimentar ninguna alteración sensible/ en ese quinquenio, aunque si se nota una cierta baja ( - del orden de 8 puntos) en el peso porcentual del CSIC y/ la Universidad alcanza justo en ese momento su máxima cota entre 1945 y 1959. Todo ésto parece apuntar hacia un/ cierto proceso de cambio en las investigaciones del - -/ área, aunque el mismo, dada la escasa incidencia que tiene sobre él la procedencia institucional, más parece de-

berse a un cambio de orientación de los equipos preexistentes que a una renovación profunda de los contenidos temáticos o de los equipos de investigación.

En la última década de la época, tras haberse mantenido la situación arriba reflejada durante un período de diez años más, en los que se estancaban los niveles de producción como único detalle diferenciador sobre lo allí expuesto, se observa un nuevo cambio en los indicadores que, ahora, alcanza una envergadura bastante más fuerte que la de los años cincuenta. Conjuntamente, se dan una potente alza en la producción de artículos, un afianzamiento de las colaboraciones múltiples en detrimento del trabajo individual y un clarísimo cambio en la orientación de la procedencia institucional, que se canaliza a través de la Universidad. Toda esta serie de coincidencias sí da base para pensar en que entre 1965 y 1975 se produce un hondo vuelco en la orientación de los contenidos temáticos del área, vuelco que podría alcanzar, asimismo, a los propios equipos de investigación - bajo la forma de una notable renovación de sus componentes humanos.

#### 4.3.4. Autores

##### a) Distribución artículos-autor

Siguiendo la misma metodología que se utilizó

anteriormente, la distribución artículos-autor ha sido - reflejada, en principio, bajo una doble perspectiva, como es la de cifras absolutas (ver Tabla 126) y su acumulación porcentual correspondiente (ver Tabla 127, Gráfica 48). Ello nos arroja un perfil general en este terreno bastante similar al observado para el conjunto de toda la Sociedad. De esta forma, vemos como el 25% de los/productores más prolíficos de CFS llevan a cabo el 68,1% de los artículos, el 10% de aquellos es responsable del/47,5% de la producción, el 5% publica el 28,8% y el 2% - de los autores más productivos realiza el 15,6% de los - artículos. Todo lo cual nos ofrece una primera impresión indicativa de que se ha canalizado una significativa can tidad de la producción a través de unos cuantos autores, con lo que se podría hablar de una tendencia inequívoca/ a la institucionalización de las investigaciones de la - presente área consideradas en su conjunto.

La apreciación anterior se confirma cuando no tamos que los datos correspondientes a CFS son descripti bles, por lo que respecta a la interrelación entre el nú mero de autores y la cuantía de la producción, mediante/ el modelo teórico de Lotka, dado que la ley obtenida me- diante el ajuste pertinente es (ver Tabla 128, Gráfica 49):

$$A(n) = 60,2004 \cdot n^{-1,7034}$$

cuyo exponente es el más cercano al teórico de los ob-//  
servados en todas las áreas de investigación. Asimismo,/  
la escasa entidad numérica de las varianzas nos viene -/  
a indicar una reducida dispersión de nuestros datos con/  
respecto a la ley propuesta.

Asimismo, también podría ser utilizado para -  
la descripción de los datos de este área el modelo de -/  
Rao, pues se obtiene (ver Tabla 129):

$$x^2 = 2,7938$$

y para los cinco grados de libertad asimilables a nues-/  
tro caso se cumple:

$$P (X^2 \leq 11,1) = 0,95$$

en base a lo cual podríamos proponer la distribución:

$$A(r) = 7,49347 \cdot \frac{\Gamma(r-0,773279)}{\Gamma(r)} \cdot (0,900312)^{r-1}$$

lo que, dado el idéntico trasfondo interpretativo de to-  
das las leyes de este tipo, no viene sino a corroborar -  
lo expuesto en los párrafos anteriores.

#### b) Clasificación e identificación de productores

Ateniéndonos al índice de productividad co--/  
rrespondiente, la distribución porcentual del conjunto -

de autores del área presenta una estructura bastante similar a la encontrada para el total de autores de la Sociedad (ver Tabla 130). Así, vemos cómo los grandes productores de CFS representan un 1% de todos los investigadores del área, cifra muy próxima al 0,9% del total, la categoría de medianos productores incluyen a un 7,6% de los productores de CFS, frente a un 6,7% encontrado para la Sociedad. Esta tónica de coincidencia se mantiene para pequeños productores, donde las cotas del área y la total son, respectivamente, 91,4% y 92,4%. Al subdividir esta última categoría en bajos y muy bajos productores - dichas cotas se distancian un tanto en el primer caso, - 19,1% y 13,3%, pero se vuelven a armonizar en el segundo, 78,1% frente a 74,3%. De todo ello parece desprenderse que la CFS ha sido un área plenamente equilibrada en este terreno, aportando a la Sociedad investigadores de todas las categorías productivas en forma proporcionalmente armoniosa.

Centrando ahora nuestra atención en la identificación y caracterización de los productores más relevantes (ver Tabla 131), observamos cómo el único gran -/ productor, L. Brú, según indicábamos en su momento, es un autor que pese a publicar ya en la primera época distribuye su producción a lo largo de toda la segunda, si bien el grueso de sus trabajos correspondientes a este área -

lo publica en los años cincuenta.

Junto a él, aparecen hasta un total de ocho medianos productores, cuyo número de artículos es, cuando mucho, la mitad del máximo productor. De ellos hay sólo tres, S. García-Blanco, F. Ramos y R. Márquez, que publicaban en Anales en los años finales de la época, característica que es aplicable, aunque con más reservas, a L. Rivoir. Los cuatro restantes, M. Pérez Rodríguez, J. L. Amorós, M. Cubero y M. Abbad, habían dejado de publicar antes de la entrada de los años sesenta. A consecuencia de esta caracterización cronológica, la CFS vuelve a manifestarse como un área equilibrada, en la que hay un cierto plantel de investigadores que le dan capacidad de futuro, pero dicho plantel no es excesivamente numeroso.

Cuando se contrasta esta lista con la de principales productores de la Sociedad en los años treinta (164), el dato más destacable es la ausencia del que había sido la figura más destacada de la preguerra en este campo de investigación, J. Palacios, circunstancia muy negativa pese a que, como ya hemos indicado en alguna otra ocasión, al revisar los artículos de CFS publicados en la postguerra se observen continuos agradecimientos a Palacios, pues una cosa es el no desligarse del tema por parte de este eminente investigador, y otra muy distinta

la acción personal y sistemática del mismo en la elaboración de los artículos. En sentido contrario a todo esto, se da el caso de dos notables investigadores que sí continúan su labor tras la guerra, L. Brú, que se manifiesta así como la figura catalizadora de las investigaciones del área y L. Rivoir. Lo cual, en base sobre todo a la fuerte producción de ambos en la segunda época, confirma la posibilidad ya reflejada de que haya existido un cierto grado de continuidad temática en las investigaciones cristalográficas entre la preguerra y la postguerra.

A señalar, ya como detalle final, el hecho de que algunos de los productores relevantes de este área, han efectuado incursiones más o menos esporádicas en otras, son los casos de L. Brú y M. Pérez Rodríguez, en cuya producción se aprecian algunos artículos de Química-Física, y de J. Casava, quien como ya vimos era una de las máximas figuras del área de Física Nuclear.

#### 4.3.5. Referencias bibliográficas

##### a) Cuantificación y obsolescencia

Dirigiendo inicialmente nuestra atención hacia la cuantía de los artículos portadores de referencias bibliográficas con respecto al total de los muestreados, nos encontramos con que de los 69 revisados, sólo -

en un caso no contenía referencias el artículo, lo cual/sitúa el peso porcentual de los trabajos portadores de - las mismas en un 97,6%, cifra aún inferior a la de otras áreas pero claramente indicadora de que el referirse a - fuentes bibliográficas quedó establecido como norma de - trabajo a lo largo de la segunda época en el área de - / CFS.

La comparación de esta cuestión entre ambas - épocas de la Sociedad, es netamente favorable a la segunda. En plenos años treinta el porcentaje de artículos -/ con referencias de este área se había situado en un 59,7 (165), mientras que el trasladarnos a los años cuarenta/ (ver Tablas 132 y 133), se observa que, tras rechazar la información correspondiente al primer quinquenio por el/ escaso número de artículos muestreados, en el período -/ 1945-49 la magnitud objeto de nuestro estudio se sitúa - ya en un 80%, pasando al 100% en todo lo que resta de la época segunda. Parece, entonces, que tras la guerra hay, por lo que respecta a esta cuestión, un alza verdadera-/ mente considerable.

Pasando ahora a la cuantía bruta de las refe- rencias (ver Tablas 134 y 135) y, sobre todo, a la rela- ción de la misma con el número de artículos (ver Tabla - 136, Gráfica 50), se obtienen algunas consecuencias bas- tante significativas. Comenzando por la comparación de - este aspecto entre los años treinta y cuarenta, nos en-/

contramos con que en los primeros la magnitud referen--/  
cias/artículo estaba estabilizada en torno al valor "5",  
cota que se mantiene en los segundos, de los que, según/  
advertimos anteriormente, iremos rechazando en todo este  
apartado la información correspondiente al primer quin-/  
quenio. A continuación se observa una evolución de nues-  
tra magnitud a lo largo de toda la segunda época, total-  
mente superponible a la ya establecida para los trabajos  
en equipo y la procedencia institucional. Así, vemos co-  
mo entre 1945 y 1964, nuestro indicador experimenta un -  
proceso de mantenimiento en torno a su valor de partida,  
oscilando siempre a lo largo de todos esos años entre -/  
5,5 y 6,5, aproximadamente. Sin embargo, al entrar en -/  
los diez años finales de la época se asiste a una subida  
espectacular de la relación referencias/artículo, la - /  
cual se sitúa en los dos quinquenios correspondientes li  
geramente por encima del valor "10". Parece, pues, que -  
el cambio de pauta observado justo en esos años para los  
trabajos en equipo y el giro detectado en la procedencia  
institucional, fueron dos facetas positivas en lo que se  
refiere a la calidad de la producción científica del - /  
área.

Otro aspecto muy importante a revisar, es el/  
referente al volumen y evolución de las autorreferencias.  
Este fenómeno ha sido estudiado, como en otras áreas de -

investigación, bajo un doble prisma, de un lado la evolución anual y quinquenal del número de autorreferencias y el análisis del porcentaje que representan frente al total de las referencias (ver Tablas 134 y 135; Gráfica/52), de otro, la relación existente entre el número de autorreferencias y el de artículos con su evolución cronológica correspondiente (ver Tabla 136, Gráfica 51). Como veremos a continuación, bajo ambas perspectivas se obtiene una panorámica idéntica cualitativamente hablando. Por lo que respecta a la primera de ambas magnitudes, el porcentaje representado por las autorreferencias en el total de las referencias, se observa un valor global para la segunda época de 13,4, bastante superior al correspondiente a la primera (166), que era de un 7,2. Sin embargo, la comparación del final de una con el principio/ de otra, ofrece un aspecto opuesto, pues nuestra magnitud se situaba en un 7,8 en los años treinta y baja a 3,7 en el primer quinquenio válido de los cuarenta, si bien al iniciarse los cincuenta ya se llega a rebasar el nivel de significación de la preguerra, aunque ligeramente.

La evolución posterior de esta magnitud es, en términos cualitativos, casi paralela a la ya triplemente reflejada para los trabajos en equipo, la procedencia institucional y el número de referencias por artícu-

lo. Entre 1945 y 1969 el porcentaje de autorreferencias/ experimenta una notable subida, que le lleva a situarse/ en el valor 22,6. Al entrar en los cinco años finales de la época se detecta un sólido cambio de pauta, cayendo la cota porcentual a 11,4.

Centrando ahora nuestra atención en la segunda magnitud, el número de autorreferencias por artículo, observamos una evolución totalmente análoga a la reflejada en los párrafos anteriores. De entrada, se nota también una baja en la cuantía de la magnitud al contrastar los años treinta y los cuarenta, 0,39 en aquellos frente a 0,20 en éstos, superándose, asimismo el nivel de la -/ preguerra al quinquenio siguiente. A lo largo del resto/ de la segunda época se observa el mismo proceso de creci miento entre 1945 y 1969, crecimiento regular y continua do que sitúa a la magnitud autorreferencias/artículo en/ el valor 2,3 al final del mismo, seguido de un análogo - bajón en el quinquenio final hasta un 1,2.

Como es natural, la línea interpretativa de - estos últimos indicadores bibliométricos es idéntica. Am bos vienen a reflejarnos una cierta desestabilización de las posibles escuelas existentes en la preguerra a lo -/ largo de los años cuarenta, si bien este proceso es rápi damente superado. A lo largo de los años cincuenta y se- senta parece detectarse un paulatino asentamiento de es-

cuelas investigativas, las cuales, a juzgar por el bajón de los indicadores en el quinquenio final, no parecen -/ ser las máximas responsables del cambio de pauta general que se nota en el área de CFS en la fase última de la -/ época, el cual debe venir entonces asociado con una im- / portante renovación del potencial humano y de los contenidos temáticos.

El análisis de una nueva magnitud bibliométrica, como es el índice de obsolescencia, presenta en esta área una evolución cronológica (ver Tabla 137, Gráfica - 53) bastante más coherente e ilustrativa que la obtenida en otras, a la vez que, de nuevo, concordante con el esquema trazado para las magnitudes estudiadas hasta ahora. De esta forma, entre 1945 y 1964, excepción hecha del -/ primer quinquenio de los años cincuenta, el índice de -/ obsolescencia se sitúa en unos valores bastante elevados, los cuales varían entre 11,5 y 15,5. En cambio, se observa en los diez años finales de la época una clara tendencia a la baja en nuestra magnitud, que se sitúa en torno al valor 9. A resultas de todo ésto, parece desprenderse que las investigaciones de CFS han estado siempre lastradas por una excesiva obsolescencia en términos generales, si bien el cambio experimentado por el conjunto del área a todos los niveles entre 1965 y 1975 trajo como una consecuencia positiva, un mayor grado de actualización de -

los contenidos científicos.

b) Distribución idiomática

Cuando se analiza la naturaleza idiomática -/ del total de las referencias contenidas en los artículos muestrales de CFS para la segunda época, se obtiene un - perfil general netamente diferenciado del correspondien- te a la primera. Concretando más, podemos indicar que el idioma de máxima influencia antes de la guerra, el ale- / mán, que abarcaba un 42,1% del total de referencias, ba- ja fortísimamente en la segunda, alcanzando en ella un - 14,4%, lo que le convierte, junto con el francés en los/ idiomas secundarios de la misma. Para este último tam--/ bién se observa una baja sensible, aunque menos acentua- da, del 10,4% al 6,3%. El español presenta una clara tóni- ca de mantenimiento, con una cota porcentual muy cercana al 15% en ambas épocas. El único caso en el que se apre- cia una potente alza del nivel de significación es para/ el inglés, idioma que recoge las pérdidas del alemán y - francés y se sitúa en un 59,0% frente al 30,3% que le co- rrespondía en la primera época (167).

Cuando dirigimos nuestra atención a la evolu- ción anual y quinquenal de este fenómeno (ver Tablas 138 y 139), y cuando resumimos lo expuesto mediante la dis- / tribución cronológico-porcentual correspondiente (ver Ta

bla 140, Gráfica 54), se obtienen una serie de consecuencias dignas de mención y dirigidas a dos aspectos, el -/ contraste entre la preguerra y la postguerra y la evolución específica seguida a lo largo de toda la segunda -/ época en este terreno.

Entrando ya en la primera de ambas cuestio--/ nes, se hace imprescindible referirse a la distribución/ idiomática observada en el quinquenio 1931-35, último a/ nivel efectivo de la primera época. Allí, el alemán reco/ gía un 46,1% de las referencias, el inglés un 27,7%, el/ español un 17% y el francés un 6,8%. Contrastando estos/ datos con los correspondientes a nuestro primer quinque-  
nio efectivo de la postguerra, el de 1945-49, se aprecia una notable subida para el francés, que casi cuadruplica su cota, otra de carácter bastante menos acentuado para/ español e inglés (aproximadamente unos seis puntos), y - una fuerte baja en el nivel de significación del alemán/ que se coloca en un 18,5%.

La situación aquí reflejada merece algún comen/ tario. Es llamativo que precisamente en los momentos de/ máxima influencia germana, los años cuarenta, se produz-  
ca este sólido descenso en el peso porcentual de este -/ área idiomática. Ello nos hace ver que esa posible conti/ nuidad temática entre las investigaciones de la pregue-/ rra y la postguerra en el seno del área de CFS, aunque -

posiblemente se diera, no fue de una envergadura excesiva, y ello lo afirmamos no sólo por el descenso del idioma alemán, circunstancia que se vería reforzada por el alza del español, sino por los valores que hemos observado al respecto en varios de los indicadores que sucesivamente hemos ido manejando. Si tenemos en cuenta que esta era una de las dos únicas áreas donde se podía esperar un aprovechamiento de la labor de los años treinta, la situación resultante es desoladora a este respecto.

Introduciéndonos ahora en la segunda cuestión que reflejábamos inicialmente, la evolución concreta seguida por las áreas de influencia idiomática entre 1940/ y 1975, obtenemos también un perfil bastante ilustrativo. Para el inglés se observa a lo largo de toda la época una prepotencia indiscutible, baste para ilustrar lo anterior el citar que salvo en dos quinquenios para los restantes supera el 50%, pero tal vez lo que más llama la atención de la evolución cronológico-porcentual de este área idiomática sea la fuerte alza proporcional que experimenta en el último quinquenio, lo cual refuerza la idea, ya repetidamente reflejada en base a otros indicadores, de que hay una profunda ruptura en el área al final de la época.

El fenómeno que hemos reflejado en el párrafo anterior se acentúa al observar las fuertes bajas experi

mentadas en ese mismo quinquenio para el francés y el alemán. Idiomas ambos en los que desde el inicio de la segunda época se aprecia un proceso de baja escalonada. Así, el francés en el período 1950-60 se mantiene entre un 8-10%, para situarse en el 4-6% a la década siguiente; el alemán se mantiene entre 17-20% a lo largo del período 1950-60, bajando al 14-15% en los diez años siguientes. Como ya se esbozó antes, en los años setenta ambos idiomas bajan a cotas irrelevantes. Para el español, a excepción del primer quinquenio significativo (1945-49), que es un tanto atípico en este terreno, se observa una evolución perfectamente superponible a la obtenida para el porcentaje de autorreferencias y el número de referencias por artículo. Ante tal circunstancia le aplicamos la misma interpretación que allí sin necesidad de reiterarla.

#### 4.4. Electricidad-Magnetismo

A lo largo de la Historia de la Física, pocas disciplinas tendrán una dimensión tan crucial como la -/  
Electricidad y el Magnetismo. No sólo han tenido un desa-  
rrollo interno profundamente dinámico y abrumadoramente/  
prolífico, sino que su proyección hacia otros campos de/  
la Física ha provocado, en múltiples ocasiones, fecundí-  
simas síntesis (caso de la teoría electromagnética de la  
luz) y vitales cambios de paradigmas secularmente esta-/  
blecidos (caso de la relatividad restringida). Aparte de  
lo anterior, pocas disciplinas pueden ofrecer un bagaje/  
de aplicaciones tecnológicas más amplio y una incidencia  
superior en cuestiones tan vitales como el abastecimien-  
to energético de las sociedades y su organización indus-  
trial.

Estas características tan peculiares parecen/  
justificar la notable atención que los miembros de la So-  
ciedad han prestado a esta disciplina a lo largo de sus/  
dos épocas. El que así haya ocurrido nos va a permitir -  
no sólo detallar la evolución seguida por los indicado-/  
res de una disciplina tan importante como ésta a partir/  
de la guerra civil, sino también el comparar dicho fenó-  
meno con lo ocurrido al respecto antes de la misma. Indi-  
quemos, a este tenor, que justo al estallar el conflicto  
bélico la Electricidad-Magnetismo era el área temática -

más prepotente en niveles cuantitativos, pero, además -/ era la portadora de los contenidos científicos más notables conseguidos en la Física española, los cuales hay - que identificarlos con las investigaciones de Cabrera -/ sobre las propiedades eléctricas y magnéticas de la materia.

El saber entonces que es lo que se hizo en esta disciplina a partir de 1940, cuáles fueron los puntos claves de su evolución bibliométrica y temática y en qué medida se conservó lo hecho en la preguerra, surgen como interrogantes decisivos en un trabajo de la naturaleza - del presente. Dejando para posteriores capítulos el análisis interno de los contenidos científicos, abordemos en los siguientes apartados cuál fue la evolución de los indicadores bibliométricos como paso previo imprescindible.

#### 4.4.1. Artículos

La producción en el área de Electricidad-Magnetismo (EM) entre 1940 y 1975 es de 209 artículos, lo - que supone un 15,8% del total de la producción de la So- ciedad a lo largo de esos mismos años. El volumen absoluto de artículos supera el correspondiente a la primera - época, que era de 133, pero esa cuantía suponía allí la/ máxima cota numérica y un 18,5% de la producción global, en tanto que con las cotas fijadas para la segunda época

la EM pasa a ocupar el segundo lugar a distancia no desdeñable de la Física Nuclear. A nivel de cifras globales se aprecia, entonces, una pérdida de significación en -/ nuestra área al pasar de una a otra época.

Dicha pérdida de significación se mantiene -/ cuando dirigimos la comparación a períodos de tiempo - / anuales y quinquenales (168). Así, donde nos encontrábamos al final de la primera época con una producción anual de artículos de EM perfectamente regularizada, vemos que en la segunda (ver Tabla 141) hasta tres años después de terminada la guerra no se consigue un ritmo de producción estable superior a un artículo por año. Al estudiar este fenómeno bajo el prisma de los períodos quinquenales - / (ver Tabla 142) el sesgo negativo que conlleva nuestra - comparación en detrimento de la segunda época, se agudiza. En el quinquenio 1931-35 llegan a publicarse 24 artículos de EM, cifra que no llega a ser igualada tras la - guerra hasta el tercer quinquenio (1950-54), aunque, en/ rigor, esa cota no es superada con claridad hasta el - -/ penúltimo quinquenio de la época. Aquí sí que puede de-/ cirse con propiedad que las cifras hablan por sí solas.

Dejando ahora a un lado los aspectos compara- tivos de ambas épocas entre sí, y planteándonos cuál ha/ sido la evolución concreta del volumen de producción de/ artículos para EM en la segunda, nos encontramos con un/

esquema evolutivo muy diferenciado con respecto al de -/  
las demás áreas temáticas.

Revisando a este objeto las variaciones experimentadas por el número de artículos publicados y la ta  
sa de crecimiento relativo del mismo (ver Tabla 142; Grá  
ficas 55 y 56), parecen quedar delimitadas claramente -/  
dos etapas. Una primera, muy dilatada, abarcaría desde -  
1940 a 1965, y se caracterizaría por una lenta recupera-  
ción del nivel de la preguerra en este terreno y una ten  
dencia al estancamiento de las cotas numéricas. A lo lar  
go de todo ese período el número de artículos oscila sua  
vemente alrededor de 20 y la tasa de crecimiento lo hace  
entre 100 y 150. La tendencia al estancamiento es, enton  
ces, patente. La segunda etapa se correspondería con los  
diez últimos años de la época, y en ella se aprecia una/  
fortísima subida en el número de artículos (en sólo 10 -  
años se triplica la producción en lógica concomitancia -  
con la tasa de crecimiento. La subida detectada, si bien  
ya sugerida en el quinquenio final de la que hemos llama-  
do primera etapa, no deja de ser auténticamente fuerte.

Por lo que respecta al nivel porcentual de -/  
significación de la producción en EM con respecto a la -  
total de la Sociedad (ver Tabla 142), observamos una evo  
lución similar, pero no idéntica a la del número de artí  
culos. Se ve claramente como en los seis primeros quin-/  
-

quienos de los siete que contiene la segunda época, este nivel se mantiene siempre entre el 10% y el 15%. Habría/ que exceptuar el quinquenio de partida, en el que es levemente superior, pero las cifras del mismo siempre quedan algo distorsionadas por la escasa entidad que en él/ alcanza el número global de artículos. Tan sólo en el último quinquenio (1970-75) se detecta una subida apreciable, hasta el 21% en concreto. Esto matiza lo que veía-/ mos en el párrafo anterior, pues la subida que notábamos en los diez últimos años, vemos ahora que no es tal en términos comparativos con las demás áreas hasta la segunda mitad de dicho período. La tendencia a la estabilización que observábamos en la producción de artículos queda, pues, acentuada.

El comportamiento general observado para el área de EM, es el típico de una área en la que impera -/ una discreta regularidad en las cotas productivas a lo largo de grandes períodos de tiempo. Desde luego, es ésta un área que pierde claramente significación cuando entramos en la segunda época, y aún cuando nos introduci-/ mos profundamente en la misma. Pero las cotas alcanzadas por su volumen de producción y la gran regularidad con - que se mantienen al transcurrir de los años, ofrece, en/ principio, la posibilidad de que se hayan establecido -/ sólidamente algunos equipos de trabajo. Asimismo, cabe -

también la posibilidad de que haya habido algún tipo de/continuidad con la labor desplegada en los últimos años/ de la primera época. Ambas cuestiones las trataremos posteriormente.

De todos modos, centrando nuestra atención en los seis primeros quinquenios de la época, vemos que entre los posibles equipos de trabajo que allí hubieran podido formarse, ninguno alcanzó la potencia y solidez necesarias para dar un vuelco positivo en los niveles de producción, cosa un tanto extraña en un área de la envergadura de ésta. Tan sólo de los equipos que se formaran/ al filo de los cinco últimos años cabe opinar lo contrario.

#### 4.4.2. Trabajos en equipo

La revisión a este respecto de los 209 artículos publicados en este área a lo largo de toda la segunda época nos ofrece, en términos globales, un peso porcentual de 34,9 para los trabajos realizados individualmente, en tanto que el 61,1 restante se reparte en un 40,7 para las colaboraciones dobles y un 20,4 para las múltiples. Esto da un panorama conjunto muy favorable al trabajo individual cuando comparamos con lo que se observa para otras áreas. La EM ocupa a este respecto, el tercer lugar, detrás de la Óptica y la Física Teórica. Asi-

mismo, no deja de llamar la atención la pobre cota alcanzada por las colaboraciones múltiples.

Al analizar el fenómeno bajo una perspectiva anual (ver Tabla 143) y quinquenal (ver Tablas 144 y 145; Gráfica 57) se pueden extraer consecuencias de muy diversa índole. Comenzando por una comparación con lo conseguido en este terreno durante la preguerra, y teniendo en cuenta que en el quinquenio 1931-35 se alcanzaba un 41,7% de trabajos en colaboración (169), observamos una seria recesión en esta cuestión durante el primer quinquenio de la segunda época, donde las colaboraciones se reducen a un 31,2%. Circunstancia que si bien es superada notablemente en el segundo quinquenio, vuelve a reproducirse en el tercero, donde, curiosamente, se alcanza exactamente la cota del 41,7%. En realidad no será hasta después de 1955 cuando ya de una forma sensible y continuada se superen las cotas de la preguerra. Aspectos, todos ellos, francamente negativos.

Contemplando ahora la evolución específica entre 1940 y 1975 de la tendencia al trabajo en equipo, -/ nos encontramos con un largo período de veinte años (hasta 1960) en el que, excepción hecha de un quinquenio - / aislado, se nota un claro predominio de los artículos -/ firmados por una sólo persona, los cuáles van superando/ sobradamente el 50% en todos los casos. Esto acentúa po-

derosamente la tendencia hacia la individualidad que detectábamos anteriormente.

Entre 1960 y 1975 se observa un cambio de tendencia, en base al cual los trabajos en colaboración pasan a ser mayoría, si bien, esa tendencia sigue, a su vez, dos cursos distintos. En el período 1960-69 la mayor envergadura corresponde a las colaboraciones dobles/ que llegan, incluso, a rebasar el 50%. En cambio, entre/ 1970 y 1975 se produce por primera vez el hecho de que - la máxima cota porcentual sea asimilable a las colaboraciones múltiples, si bien su nivel de significación es - casi coincidente con el de las dobles, situándose ambas/ en torno al 40%.

Contrariamente a lo sucedido en otras áreas,/ aquí sí que se observa una correlación positiva entre la tendencia al trabajo en equipo y el aumento del volumen/ de producción de artículos. Así, la etapa de estancamiento del mismo entre 1940 y 1959 se corresponde con el pre dominio de los artículos individuales. El quinquenio - / 1960-64, en el que según decíamos anteriormente se apuntaba ya el cambio positivo dado a los niveles de producción durante los diez años finales, es el primero en el/ que predominan los trabajos en colaboración, si bien a - muy escasa distancia de los individuales. Por último, la eclosión detectada en el último decenio de la época para

la producción de artículos se corresponde, fielmente, -/ con el dominio de las colaboraciones. Dentro incluso de/ este último, cabe una nueva matización, y es que si era/ el quinquenio final aquél en el que la subida de la pro- ducción era auténticamente consistente, justo en esos -/ mismos años es cuando las colaboraciones múltiples reba- san porcentualmente a las dobles. El paralelismo, a fuer- za de ser tan perfecto, hace mucho más lamentable la es- casa tendencia notada en términos generales para este -/ área, hacia el trabajo en equipo.

La exposición que hemos ido realizando permite, asimismo, concretar algunas otras ideas. De entrada, vemos como los resultados de la comparación de ambas - / épocas de la Sociedad entre sí nos abundan en la califi- cación negativa, ya varias veces reflejada, de buena par- te de la labor desplegada a lo largo de los años cuaren- ta. Por otra parte, la evolución observada para el traba- jo en colaboración parece apuntalar nuestra idea inicial sobre la escasa consistencia o reducida potencia de los/ equipos de investigación que se han ido constituyendo en esta área, excepción hecha, claro está, de los formados/ en los últimos años.

#### 4.4.3. Procedencia institucional de los artí- culos

Después de clasificar a este respecto todos -

los artículos del área, muchos de los cuales aceptaban - varias de las opciones consideradas simultáneamente, des tacaron, entre todas, tres instituciones como fuentes bá sicas de la producción de EM. De entre ellas la más in- / fluyente en términos globales, resultó ser la Universi- / dad, que abarcó un total de 88 opciones (40,7%). En se- / gundo lugar, tenemos al CSIC, con 78 (36,1%), y por últi- / mo a la JEN, que abarca 30 opciones (13,9%), ya con un - nivel de significación sensiblemente menor. El resto se / lo reparten instituciones de muy diversa índole.

La acción del CSIC ha sido canalizada, en bue na parte, a través del Instituto de Electricidad y Elec- trónica, del Patronato de Investigación Científica y Téc- nica, en torno al cual comentamos en su momento las pecu- liaridades de su asimilación al CSIC. Los centros univer- sitarios que han abundado más en la producción de artícu- los han sido los de Valencia, Navarra y Madrid. Por lo - que respecta a la JEN, como es lógico, su labor en la - / presente área se ha desplegado a través de su División - de Electrónica, y ha estado inducida por la fuerte deman- da instrumental que conllevan algunas investigaciones - / nucleares.

Dada la heterogeneidad de instituciones entre ambas épocas de la Sociedad, no tiene sentido el efec- - / tuar en este terreno una comparación de la pre y la post- /

guerra, pero sí que resultará, en cambio, bastante ilustrativo el análisis de la evolución quinquenal del fenómeno objeto de nuestra atención. La revisión del mismo - en valores absolutos (ver Tabla 146) y porcentuales (ver Tabla 147, Gráfica 58) delimita dos claras etapas, separadas por un quinquenio irregular.

Una primera etapa correspondería al período - comprendido entre el inicio de la segunda época y 1960, / y durante el mismo el CSIC se manifiesta como el elemento clave de la procedencia institucional, representando / siempre el 50% ó más de la misma. La influencia máxima - de esta institución se observa en el último quinquenio de dicho período, donde corresponden al CSIC nada menos que un 80% de las opciones. Durante toda esa serie de años - la Universidad se hace notar, especialmente en los años / cincuenta, y la JEN sólo se asoma en un quinquenio.

Transcurrida toda esa etapa sobreviene un período quinquenal verdaderamente atípico, el de 1960-64. / En él decae poderosamente la influencia del CSIC (y casi desaparece la de la Universidad, contrariamente, la JEN / es entonces la institución más notable, y las de índole / diverso superan el 10%. La característica fundamental de ese período, más que el hecho de la prepotencia de la - / JEN, aunque ello nos obligará a estar muy atentos sobre / la posible proyección que pudiera tener en el área de - /

Nuclear este fenómeno, es la ruptura que se observa con/ el esquema de procedencia institucional mantenido a lo - largo de veinte largos años.

En la última década de la época se aprecia -/ una impresionante subida en los niveles de significación de la Universidad, la cual se coloca al final de la misma en una cota superior al 80%. En esos años se observa un/ paralelo decrecimiento en los porcentajes del CSIC y de/ la JEN, el cual alcanza niveles un tanto alarmantes en- tre 1970 y 1975.

La dinámica de las cifras expuestas es bien - clara. Vemos como el período de estancamiento en la pro- ducción de EM se corresponde con la época de influencia/ del CSIC, el inicio de la reacción final lo hace con el/ que hemos llamado quinquenio atípico y la potente subida en las cotas productivas de los diez últimos años viene/ asociada a la Universidad. Institución ésta que se mani- fiesta entonces como la forjadora de un nuevo estilo y - la catalizadora fundamental en la producción del área de EM, queriendo indicar lo de forjadora de un nuevo estilo el hecho de que también en los años de influencia univer- sitaria es cuando se dispara el porcentaje de los traba- jos en colaboración.

#### 4.4.4. Autores

##### a) Distribución artículos-autor

Tras una revisión detallada de las cifras - / elaboradas a este respecto para la presente área y las - derivadas de su acumulación porcentual (ver Tablas 148 y 149; Gráfica 59), se observa una pauta global de comportamiento cualitativamente similar a la apreciada para el conjunto de la Sociedad. De esta forma, vemos como el - / 25% de máximos productores viene a producir 58,6% de los artículos, en tanto que el 10% produce un 37,2%, cantida des ambas inferiores en unos siete puntos de las correspondientes a la Sociedad. Asimismo, podemos ver como el/ 5% y 2% de autores más prolíficos llevan a cabo, respectivamente, el 26,4% y 16,5% de los artículos, cotas que/ se sitúan unos seis puntos por bajo de las totales.

Si de las anteriores cifras parece desprenderse una tónica general de equilibrio entre las distintas/ categorías de productividad y un nivel aceptable de institucionalización de las investigaciones del área, esta/ impresión queda confirmada al atenernos al modelo teórico de Lotka, para el que se obtiene (ver Tabla 150, Gráfica 60).

$$A(n) = 95,3408 \cdot n^{-1,5279}$$

si bien es de destacar que los valores de ambas desvia-/

ciones típicas son aquí más elevados que en cualquier -/  
 otra área, lo que es un tanto significativo. Al ir compa-  
 rando las frecuencias teóricas y experimentales indivi-/  
 dualmente, vemos como de forma regular las segundas nos/  
 aparecen siempre superiores a las primeras, a la vez que  
 en términos proporcionales dicha diferencia se va mante-  
 niendo en magnitud similar.

Pasando ahora al modelo de Rao nos encontra-/  
 mos con una clara indicación de desacoplamiento entre lo  
 teórico y lo observado, pues en esta área la distribu--/  
 ción  $X^2$  se presenta con "5" grados de libertad, en base  
 a lo cual sería:

$$P (X^2 \leq 11,1) = 95\%$$

frente al valor observado que es concretamente de  $X^2 = /$   
 $= 13,50563$ . De todas formas, la revisión pormenorizada -  
 de las diferencias de frecuencias (ver Tabla 151), pare-  
 ce ahora apuntar hacia una escasez de productores poco -  
 prolíficos. Como vemos, todo lo relativo a este área se/  
 presenta bastante concordante con lo establecido en su -  
 momento para el conjunto de la Sociedad, a lo cual nos -  
 remitimos.

b) Clasificación e identificación de productores

Trabajando en torno a los índices de productii

vidad establecidos en las áreas anteriores, nos encontramos con que en la de EM sigue tan sólo parcialmente las pautas de distribución marcadas en su momento para el conjunto de toda la Sociedad.

De esta forma (ver Tabla 152), observamos cómo en nuestra área se obtiene un 0,6% para la categoría de grandes productores, no excesivamente distante del 0,9% global. Contrariamente, para medianos productores la diferencia es más acusada, pues el 2,3% de nuestra área se sitúa a considerable distancia del 6,7% del total. Por lo que respecta a los pequeños productores, estimados en su conjunto, en EM suponen un 97,1% de los autores, cota relativamente cercana a la de 92,4% asimilable al total, ahora bien, si subdividimos esta categoría en bajos y muy bajos productores, vemos que los pesos porcentuales son sensiblemente distintos en el área y en el conjunto de la Sociedad, quedando la cota de EM siete puntos inferior en el primer caso y doce por alto en el segundo. Todo ello nos hace ver que esta área en particular ha contribuido, sobre todo, a engrosar la categoría de bajos productores.

Pasando ahora a la identificación y caracterización de los productores más relevantes (ver Tabla 153), vemos que el único merecedor del calificativo de gran productor resulta ser J. García Santesmases, el cual es - /

acompañado por un conjunto de cuatro medianos productores, A. Tanarro, J. González Ibeas, J. Espí y A. González del Valle. Entre los que hemos llamado bajos productores hay tres, J. L. Lloret, M. Mellado y J. Baltá - - / Elías, que poseen unas cotas algo destacadas del resto.

La revisión de los citados autores y de los restantes de la relación, es fuente de algunos comentarios. Lo primero que llama la atención es que de los 24 / autores conformantes de ella, hay solamente uno, J. Baltá, que haya publicado en la preguerra. Naturalmente, es to supone un mazazo negativo para la posibilidad de que / hubiera sido continuada, siquiera parcialmente, la ingen te labor desplegada en esta disciplina durante la pregu erra por Cabrera. Cuestión ésta sobre la que abundaremos / con mayores elementos de juicio a la hora del análisis - temático.

Ateniéndonos ahora a la caracterización crono lógica y temática de los principales productores del - / área, notamos que el más prolífico, ajeno por cierto a / nivel temático, a las líneas de investigación de pregu erra, según habrá ocasión de comprobar, José García Santes mases, distribuye sus artículos entre 1942 y 1969, lo - / que lo califica como un autor de gran longevidad cientí- fica y con el que podía seguirse contando al final de la época. De los medianos productores hay uno que concentra

su producción entre mediados de los cuarenta y principios de los cincuenta, A. González del Valle, pero los otros/tres la sitúan en períodos posteriores, Tanarro lo hace/fundamentalmente en los sesenta, González Ibeas desde -/ finales de los cincuenta hasta los mismos setenta, y - / Espí lo hace en el último quinquenio de la época. De los otros tres que hemos citado, hay dos, Lloret y Mellado - que publican en los setenta, siendo Baltá el único cuya/ producción en Anales había quedado anteriormente frena-/ da, en concreto a principio de los cincuenta.

A tenor de lo expuesto, el área de EM parece/ tener un futuro prometedor, pues el haber situado en los primeros puestos de productividad a un buen plantel de - autores que estaban en plena producción en los años se-/ tenta, avala dicha impresión. Asimismo, el hecho de que/ el máximo productor tenga una obra tan dilatada cronoló- gicamente parece incidir en que sí deben haberse formado equipos de trabajo, posiblemente vertebrados por él, aun- que su potencia productiva haya sido inferior a los de - otras áreas. A destacar, por último, la absoluta especia- lización que se da entre los productores más relevantes/ de EM, cuyas incursiones en otras áreas temáticas han si- do prácticamente inexistentes.

#### 4.4.5. Referencias bibliográficas

##### a) Cuantificación y obsolescencia

A la hora de iniciar este apartado es interesante reflejar, antes de entrar de lleno en su desarrollo, una aclaración de orden técnico, como es que en el muestreo llevado a cabo para el conjunto de la producción de la Sociedad correspondieron al área de EM una cantidad de artículos muestrales que puede estimarse significativa en todos y cada uno de los siete quinquenios de la época. Con lo que en nuestras tabulaciones y comentarios serán tomados en consideración todos ellos.

De los 95 artículos muestreados en esta área, hay 86 con referencias bibliográficas en su contenido, lo que supone un 90,5%. Porcentaje global elevado, pero rebasado por varias de las restantes áreas. Cuando revisamos la evolución anual y quinquenal de esta cuestión (ver Tablas 154 y 155), a la vez que la comparamos con sus valores en la preguerra, nos encontramos con una situación perfectamente definida. Así, en los tres últimos quinquenios completos de la primera etapa de la Sociedad, el porcentaje de artículos con referencias para la EM era, respectivamente, de 53,3, 84,6 y 79,2 (170). Tras la guerra este porcentaje toma, a lo largo de los tres primeros quinquenios, los valores de 71,4, 100,0 y 69,2,

con lo que, contrariamente a lo visto para otros indicadores, aquí se da una tónica de mantenimiento. Ya a partir del cuarto quinquenio todos los artículos serán portadores de referencias.

Pasando ahora al volumen cuantitativo de las mismas por períodos anuales y quinquenales (ver Tablas 156 y 157), así como a la relación existente entre él y el número de artículos (ver Tabla 158, Gráfica 61), la evolución que se observa es algo confusa. A finales de la primera época el indicador referencias/artículo tomaba los valores 13,7, 10,2 y 6,7 (171), con lo que los valores que se observan al inicio de la segunda, respectivamente 8,3 y 6,4 para los dos primeros quinquenios, pueden estimarse como una tendencia al mantenimiento. Tras ellos vienen dos nuevos quinquenios en los que el indicador oscila fuertemente y finalmente, desde 1960 hasta el final de la segunda época, se estabiliza en torno al valor "6". Como vemos, en este terreno nunca vuelven a recuperarse las cotas de finales de los años veinte, impidiendo la discreción en los valores del indicador como tónica general en toda la segunda época.

Más claro queda, sin embargo, el análisis en torno al proceso de asentamiento de posibles escuelas de investigación. Como siempre, estimaremos el mismo en torno a los valores y evolución del número de autorreferen-

cias por artículo (ver Tabla 158, Gráfica 62), y el porcentaje que representan las mismas con respecto al total de referencias (ver Tabla 157, Gráfica 63). Al objeto de tomarlos posteriormente como base de comparación, indiquemos que los valores alcanzados por el primero de estos dos indicadores en los dos últimos quinquenios de la primera época fueron 1,77 y 1,00, en tanto que para el segundo se obtuvo allí 15,0 y 77,3 (172).

A lo largo de los años cuarenta se detecta un notable descenso en los niveles de ambos indicadores. Las autorreferencias vienen a suponer un 6-8% de las referencias y el número de autorreferencias/artículo baja hasta 0,4. Luego, se observa una subida de ambos entre 1950 y 1965, hasta un 31,5% el primero y 1,3 el segundo, y juntos vuelven a decaer claramente durante los diez años finales de la segunda época, situándose al final de la misma, respectivamente, en 7,4% y 0,5.

A tenor de lo anterior parece reflejarse una ausencia de escuelas de investigación al terminar la guerra, lo que abunda en nuestra impresión de ruptura con la línea de investigación marcada por Cabrera, situación ésta que parece cambiar al inicio de los cincuenta, dando la sensación de que al final de esa década y principios de la siguiente se consigue el forjamiento de las investigativas. En cambio, la última década, que se

correspondía con una espectacular alza en la producción. Vemos ahora que se da simultáneamente con un descenso de los indicadores que caracterizan dicho proceso de forjamiento, lo que podría venir asociado a una posible renovación en los equipos de investigación en los últimos -/ años o a la dispersión de los mismos.

Centrando ahora nuestra atención en el índice de obsolescencia (ver Tabla 159, Gráfica 64), se aprecia un valor muy alto para el mismo en el primer quinquenio/ de los años cuarenta, para asistir luego a un proceso de estabilización en torno al valor "9" durante los tres -/ quinquenios siguientes. Justo en el período 1960-64, donde alcanzaban sus cotas máximas los indicadores de forjamiento de escuelas investigativas, se detecta un claro - bajón del índice, que vuelve a subir de nuevo hasta el - "9" a lo largo de los diez años finales, coincidiendo -/ con la eclosión de artículos y la crisis de escuelas. Parece entonces, cosa por otro lado perfectamente lógica, / que al perder envergadura las autorreferencias los contenidos científicos tienden a perder actualidad y viceversa, cuestión que en nuestra área se cumple salvo en un - quinquenio aislado.

#### b) Distribución idiomática

La clasificación a este respecto del conjunto

de todas las referencias del área de EM ofrece unos valores globales bastante diferenciados con relación a los observados para esta misma área en la primera época. Vemos como los idiomas alemán y francés, que allí habían obtenido unas cotas globales de 32,0 y 24,9 respectivamente, presentan una muy fuerte baja en sus niveles de significación, que pasan a ser en la segunda época de 7,0 y 7,3. Proceso de baja que toma unos caracteres más acusados en el caso del alemán, no sólo por la mayor variación numérica que le corresponde, sino también por el hecho de haber sido antes de la guerra el idioma más prepotente. Esa recesión franco-alemana se da en beneficio del inglés, el cual pasa de un 29,9 en la primera época a un 69,1 en la segunda, llegando así a ser el idioma clave de ésta. El único caso en el que se aprecia una cierta continuidad es para el español, que pasa del 12,2 al 13,5. Todo esto refuerza un tanto la tónica general de ruptura que se ha ido detectando para este área a raíz de la guerra civil.

Precisamente este fenómeno puede quedar adecuadamente matizado si se estudia la evolución anual y quinquenal del número de referencias correspondientes a cada área idiomática (ver Tablas 160 y 161) y la distribución cronológico-porcentual pertinente (ver Tabla 162 a, Gráfica 65). Como un elemento imprescindible para la com

paración a efectuar, indiquemos que en el quinquenio 1931-35, último completo de la primera época, los pesos porcentuales de cada idioma fueron, 15,6 para el español, - 20,0 para el francés, 33,7 para el inglés y 32,0 para el alemán (173).

Si todas las cifras anteriores se cotejan con las correspondientes al primer quinquenio de los años -/cuarenta se aprecia una tónica de relativo mantenimiento, pues si bien ya se hace notar el alza del inglés y la baja del alemán y francés, ésta no es aún excesivamente -/acusada. El español sí que experimenta una baja de mayor envergadura proporcional. En cambio, cuando nos adentramos en el quinquenio 1945-49, ahí sí que queda ya claramente perfilada una distribución idiomática de las referencias fuertemente similar a la señalada para el total/ de las mismas al principio del apartado. Se da entonces, un proceso de ruptura en las áreas de influencia geográfico-idiomática, y dicho cambio, según hemos visto, no - se hace de esperar, apenas concluye la guerra civil.

Adentrándonos ahora en lo que ha sido la evolución de las áreas idiomáticas de manera específica a - lo largo de la segunda época, nos encontramos con algunas particularidades dignas de mención. Vemos como el inglés se mantiene en todos los quinquenios como el área de - /máxima prepotencia, pero a lo largo de los quince prime-

ros años de la postguerra parece no estar aún definitivamente arraigado en unas cotas porcentuales estables, situación que sólo se dará a partir de 1955, año a partir/del cual siempre se situará por encima del 70%, observándose,asimismo, una nueva alza significativa en el quin-/quenio de los setenta, coincidiendo con la eclosión fi-/nal de artículos.

Por lo que respecta a las otras áreas, cabe -  
señalar que alemán y francés sufren una evolución bastante  
parecida. Tan sólo en el primer quinquenio consiguen/  
superar la cota del 20%, decayendo luego poderosamente -  
(a exceptuar de esta apreciación el tercer quinquenio -/  
para el alemán), llegando en la última fase de la época/  
a ser unas áreas idiomáticas prácticamente irrelevantes.  
El español, una vez más, sigue una evolución fielmente -  
paralela a las autorreferencias, siéndole, por tanto - /  
aplicable todo lo dicho cuantitativa y cualitativamente/  
para las mismas.

#### 4.5. Química-Física

Una vez más, y a riesgo de parecer reiterativos, nos vemos obligados a reseñar el hecho de que el -/ área cuyo estudio iniciamos es portadora de unas peculiaridades muy concretas y de obligada referencia. Lo que - aquí entendemos como producción llevada a cabo en Química-Física no es sino la parte de la misma publicada en - los Anales de Física, quedando otra parte, posiblemente/ de más envergadura, en los de Química. Asimismo, no puede olvidarse que al no existir separación en la revista/ de la Sociedad, bajo el punto de vista temático, hasta - 1948, nos hemos visto en la obligación de decidir subjetivamente qué artículos de Química-Física deberían ser - considerados como de Física y cuáles no hasta ese año. - En varias ocasiones hemos hecho hincapié a lo largo del/ presente trabajo en que ello confiere un cierto grado de provisionalidad a las conclusiones que asimilemos a esta área de investigación, a la vez que hemos ido proclamando repetidamente la conveniencia de obviar las antedi--/ chas dificultades mediante futuros trabajos.

Junto a lo arriba expuesto, podemos, sin em-/ bargo, aportar algunas contraargumentaciones que nos sugiere el análisis bibliométrico general efectuado en el/ capítulo anterior. Así, el área de Química/Física mani-/ fiesta allí un comportamiento bastante coherente y regu-

lar en todos los indicadores que le fueron aplicados, -/  
en la mayor parte de los cuales tomó, por cierto, unos va  
lores significativamente positivos. Destacando a este te  
nor las excelentes cotas conseguidas en cuanto al "impac  
to" de los contenidos. También hubo ocasión de comprobar  
cómo nuestra área en cuestión mantenía un peso cuantita-  
tivo nada desdeñable a lo largo de todos y cada uno de -  
los quinquenios de la época. Creemos que todo ello nos -  
autoriza a ser optimistas frente a las dificultades adu-  
cidas al principio, y a tener la convicción de estar an-  
te un grupo de artículos que si bien no representarán la  
totalidad de lo hecho en Química-Física, constituyen, -/  
como mínimo, la fiel imagen de una parte, la más signifi-  
cativa en lo cuantitativo y relevante en lo temático.

Precisamente el análisis bibliométrico parti-  
cular que a continuación de estas líneas abrimos, será -  
una excelente piedra de toque para acentuar o minimizar/  
estas apreciaciones de partida.

#### 4.5.1. Artículos

Como ya conocemos, el área de Química-Física/  
(QF) engloba un conjunto de 180 artículos, lo cual supo-  
ne un 13,6% del total de la producción en Física de la -  
Sociedad. Circunstancia esta que sitúa a nuestra área en

cuarta posición al compararla con las restantes y le confiere un notable nivel de significación.

Entrando ahora en el objetivo central del - / apartado, la evolución cronológica de la cuantía de la - producción en QF, comencemos por analizarla a través de / períodos anuales (ver Tabla 162b) Bajo este prisma, llama- man la atención algunas singularidades muy concretas. - / Así, observamos como entre los cuatro años en los que no se produce ningún artículo de esta disciplina (1940, 1941, 1952 y 1955) los tres citados inicialmente se sitúan en- tre los doce primeros años de la época, en tanto que en- tre los cuatro años de máxima producción, donde se supe- ra siempre la cota de diez artículos, hay a su vez, tres (1969, 1970 y 1971) correspondientes a la última década / de la segunda época, siendo, a este respecto, el año de / 1947 la única excepción. Todo lo anterior parece apuntar hacia una primera impresión referente a que la QF, pese / a mantener una tónica de cierta regularidad en este te- / rreno, fue un área que no acabó de arraigar con total - / firmeza en los primeros años de la época, en tanto que - en los últimos hizo gala de una potencia productiva - / bastante más notable.

El análisis por períodos quinquenales, ya sea a través de sus cifras absolutas (ver Tabla 163, Gráfica 66), o mediante su tasa de crecimiento relativo (ver Ta-

bla 163, Gráfica 67), aquí estimada a partir del segundo quinquenio, no hace sino confirmar lo dicho en el análisis anual, pero a su vez matiza notablemente las apreciaciones allí efectuadas.

En efecto, según se desprende de las tabulaciones, la producción en QF arranca de unas cotas bajas y sigue un ritmo creciente durante los diez primeros años de la época, entra después en un largo período de descenso y estancamiento entre 1950 y 1965, y experimenta una fortísima alza en la década final. Proceso éste que requiere algunos comentarios.

Al no haber sido sometida a estudio particularizado este área en la primera época, no nos es posible efectuar un análisis comparativo con la segunda, si bien la rapidez que denota en el crecimiento de su número de artículos durante los años cuarenta, excepción hecha de los dos iniciales a los que corresponde cota "0", hace pensar en la existencia de escuelas de investigación desarrolladas en la preguerra, las cuales o bien retomarían su acción después del conflicto o, cuando menos, provocarían la aparición de investigadores aislados trabajando en torno a cuestiones de QF.

A juzgar por la evolución posterior, más parece haberse dado la segunda posibilidad, pues en el caso de que fueran escuelas coherentes de investigación las responsables de la producción de los años cuarenta, no

tendría sentido el bajón detectado a principio de los cincuenta. El período de estancamiento (1950-65) parece asociado a una ruptura temática con lo realizado en la primera década y al forjamiento de nuevas escuelas de investigación. Tanto el fuerte crecimiento de la producción observado en los diez últimos años como el hecho, en su momento señalado, de que los dos máximos productores de este área desplieguen buena parte de su labor a lo largo de ese período cronológico, son motivos de peso para presumirlo. El estudio de otros indicadores bibliométricos y, en última instancia, el análisis temático, nos confirmarán o refutarán esta impresión inicial. En el caso de confirmación, la labor desplegada en QF durante la década final de la época, tomaría una máxima significación a la hora de enjuiciar la producción científica en esta disciplina.

Finalizaremos el presente apartado con unos breves comentarios en torno a un nuevo indicador, el porcentaje que supone en cada quinquenio la producción en QF sobre la total de la Sociedad en lo que a Física se refiere. Como tónica general, se observa para el mismo una evolución paralela a la del número de artículos, si bien de esta apreciación habría que salvar los dos últimos quinquenios. A tenor de los datos (ver Tabla 163), vemos cómo partiendo de una cota cercana al 10% se expe-

rimenta una fuerte subida en el segundo quinquenio, en el que la QF dobla sobradamente su nivel de significación global. Pero, justo en ese momento, ya conseguida una cota desde la que el área podría haberse catapultado hacia posiciones de máxima relevancia, es precisamente cuando se detecta un bajón en el peso porcentual, que a lo largo de quince años se mantendrá en torno a un 8-10%. Sólo en los diez últimos años de la época vuelve a experimentarse una subida, si bien ésta corresponde ahora a un sólo quinquenio, el de 1965-69, en el cual se alcanza y supera el 16%, cota que se mantiene casi idéntica en el siguiente.

Todo esto confirma, en buena parte, el esquema de posible ruptura temática que habíamos trazado en torno a la evolución del número de artículos, aunque minimiza un tanto la última subida que se notaba en este terreno en la fase final de la época. A pesar de ésto, tanto por la cuantía de artículos lograda en los últimos años como por el aceptable nivel de significación del quinquenio final, la QF parece manifestarse como una disciplina de un futuro notablemente prometedor, en el seno de la Sociedad.

#### 4.5.2. Trabajos en equipo

De los 180 artículos correspondientes al área

de QF, hay un total de 39 firmados por una sólo persona, 94 lo son por dos y los 47 restantes por tres o más, lo cual ofrece, como porcentajes respectivos, un 21,7 para trabajos individuales, un 52,2 para colaboraciones dobles y un 26,1 para las múltiples. Así pues, podemos indicar que a nivel global la mitad de los artículos son realizados por dos personas y la otra mitad se divide, aproximadamente igual por igual, entre los realizados por una y los llevados a cabo por tres o más.

Entrando en el análisis anual de esta cuestión (ver Tabla 164), hay una peculiaridad digna de mención, y es la tardanza que experimentan los trabajos de colaboración múltiple en estabilizarse regularmente en cotas no nulas. Fenómeno que no puede decirse se consiga plenamente hasta 1956. Antes de ese momento, este tipo de trabajos constituyen contadas excepciones, dadas a tener en cuenta para posteriores fases de nuestro análisis.

Si abordamos nuestro estudio bajo una perspectiva quinquenal, manejando simultáneamente cotas absolutas (ver Tabla 165) y porcentuales (ver Tabla 166, Gráfica 68), la primera impresión que se recibe es de desconcierto. Las cifras oscilan sin una pauta armónica y parece, en principio, inviable el extraer alguna consecuencia lógica de las mismas. No obstante, en una segunda -/

lectura más atenta sí que puede encontrarse una cierta -/  
línea conductora que, pese a ser conscientes de sus limi  
taciones, intentaremos poner de manifiesto.

Parecen delimitarse dos grandes etapas separa  
das por un quinquenio excepcional. La primera se daría -  
entre 1940 y 1955, y vendría caracterizada tanto por el/  
mantenimiento de los trabajos individuales en unas cotas  
significativas, como por la escasez de trabajos en cola-  
boración múltiple. Podría parecer contradictorio a esta/  
última apreciación el 22,2% que le corresponde a dichos/  
trabajos en el primer quinquenio, pero según tuvimos oca  
sión de comprobar en el análisis anual, las colaboracio-  
nes múltiples, pese al volumen cuantitativo que pudieran  
tener antes de esa fecha, no quedan establecidas como -/  
pauta normal de trabajo sino a partir de 1956.

Tras el quinquenio 1955-59, cuya distribución  
porcentual es totalmente disonante del resto pero viene/  
a indicar a las claras que se da un cambio en el estilo/  
de trabajo de los investigadores de QF, se desarrolla una  
segunda etapa. Esta vendría caracterizada por un manteni  
miento global en el nivel de significación de los artícu  
los individuales, aunque se nota una tendencia a la baja  
en los porcentajes de los mismos al transcurrir de los -  
quinquenios, y un desdoblamiento de los trabajos en equi  
po, entre los cuales, aquellos debidos a tres o más auto

res parecen, por fin, tomar cuerpo definitivo al mantener su cota porcentual por encima del 25% en los tres últimos quinquenios.

Intentando interconectar lo expuesto en este apartado con lo reflejado en el anterior, puede verse como en la etapa que parecían predominar las posibles influencias de lo investigado en la preguerra, hasta 1950, según se vió, se da el momento de mayor significación del trabajo individual y la casi ausencia de las colaboraciones múltiples. En cambio, la etapa que llamamos de transición, en la que se daba un estancamiento de la producción y un posible forjamiento de nuevas escuelas, coincide con los quinquenios en que alcanzan sus cotas más relevantes de la época las colaboraciones dobles (quinquenio 1955-59) y las múltiples (década 1960-69). Asimismo, es de notar como el momento final de fuerte alza en la producción (1965-75) se da en concomitancia con una tendencia al descenso del trabajo individual.

Finalizaremos el apartado con dos apreciaciones de orden global. Una de ellas hace referencia a que pese a lo dicho al final del párrafo anterior, no se aprecia una coincidencia regular entre el aumento de los trabajos en equipo y las cotas de producción de artículos. Revisando los datos se llegan a notar hasta comportamientos contradictorios en este terreno. La otra apre-

ciación va dirigida a un hecho muy concreto, el predominio que a lo largo de la mayor parte de los quinquenios/ se observa para las colaboraciones dobles, las cuales parecen constituir el módulo básico de trabajo para las investigaciones de QF en toda la segunda época.

#### 4.5.3. Procedencia institucional de los artículos

Tras la investigación de los centros de procedencia institucional en todos y cada uno de los 180 artículos del área de QF, y teniendo en cuenta la posibili-dad de clasificación múltiple que ofrecen varios de - -/ ellos, observamos que hay 133 realizados en el CSIC, lo/ que supone un 60,4% de peso porcentual, 67 llevados a cabo en centros universitarios, un 30,5%, y 20 correspon-/ den a instituciones de otra naturaleza, es decir, un - / 9,1%.

El CSIC se manifiesta entonces como la insti-tución más prepotente a la hora de nutrir la producción/ en QF, llevando a cabo su influencia, fundamentalmente,/ a través de dos de sus institutos, el "Alonso Barba" de/ Química y el "Gregorio Ricasolano" de Química-Física. -/ Por lo que respecta a la Universidad, cuya cota global - si bien distante de la del CSIC es bastante significati- va, ejerce casi toda su influencia a través de tres de - sus centros. Concretamente, las Facultades de Ciencias -

de Sevilla, Valladolid y Madrid, aunque dicha influencia no es siempre cronológicamente coincidente.

Pasando al estudio de esta magnitud por períodos quinquenales (ver Tablas 167 y 168; Gráfica 69), ahora sí que se observa una nítida delimitación de etapas. Las cuales podríamos reducir a tres. Una primera estaría formada en exclusiva por el quinquenio inicial, y vemos como corresponde a un predominio de la Universidad, institución ésta que tan sólo en esos años supera la cota del 50%. Con todo, la influencia del CSIC es ya bastante notable en ese momento. Una segunda etapa, que se extendería nada menos que a los cuatro quinquenios siguientes, quedaría caracterizada por un potentísimo predominio del CSIC, el cual, tras situarse como institución más dominante en los dos primeros, superando siempre el 50%, arrasa literalmente en los dos siguientes, donde copa la totalidad de los trabajos. Por último, señalaremos una tercera etapa, asimilable a la década final de la época, en la que se asiste a un despegue en la significación cuantitativa de los trabajos procedentes de la Universidad, los cuales superan, justo en los últimos años, el 40%. Proceso que se da en detrimento de la influencia del CSIC, si bien dicha institución continúa siendo la más importante.

A tenor de lo expuesto, y tomando en conside-

ración lo reflejado en apartados anteriores, podemos esquematizar una línea interpretativa que intentará, en -/ cierto modo, resumir todo lo expuesto para los tres indi cadores bibliométricos externos hasta ahora analizados./ La primera fase, que se señaló como de alza en las cotas de productividad del área de QF, el período correspon--/ diente a los años cuarenta, venía asociado con una cierta potenciación del trabajo individual, y ahora observamos/ aquí que a nivel de procedencia institucional es de inde finición, pues a lo largo de esos diez años es cuando se alternan en las máximas cotas el CSIC y la Universidad./ Ello abunda en la opinión que expresamos en su momento - sobre el carácter un tanto deslavazado que podrían portar a nivel temático, las investigaciones de QF durante di-/ cho período.

La segunda fase (1950-65) era de estancamien- to en la producción y de aumento en la tendencia al tra- bajo en equipo, hemos visto que a nivel institucional se ha desarrollado bajo los auspicios del CSIC, lo que pare- ce incidir en la existencia de un proceso de forjamiento de escuelas de investigación. Con la década final (1965- -75) se entra en una tercera fase que se caracterizaba - por un notable crecimiento del número de artículos. Ello podría ser el resultado de las escuelas forjadas en la - fase anterior. El hecho de que a nivel institucional pri

me durante esos años la Universidad no es contradictorio con nuestro esquema interpretativo, pues dado el alto ni vel de significación que aún mantiene el CSIC a lo largo de los últimos años de la época, es perfectamente viable que las posibles escuelas de investigación forjadas en dicha institución continuaran su acción durante esa déca da final, independientemente de que a lo largo de la mis ma se añadiera el nuevo bagaje temático procedente de la Universidad y de otras instituciones diversas. Cuestión/ que matiza, eso sí, nuestro esquema inicial, al añadirle al mismo el dato de que en la década 1965-75 no se frena el proceso de surgimiento de nuevas escuelas, pese a que en la misma se puedan desarrollar otras previamente desa rrolladas.

#### 4.5.4. Autores

##### a) Distribución artículos-autor

Al igual que se ha hecho en áreas anteriores, comenzaremos por analizar pormenorizadamente los datos - observados experimentalmente por lo que respecta a esta/ cuestión, en tanto que más adelante se realizará un deta llado contraste con los modelos teóricos pertinentes.

Observando la distribución del número de auto res que han publicado exactamente un determinado número/

de trabajos (ver Tabla 169), es posible inferir una distribución acumulada y porcentual claramente definida - / (ver Tabla 170, Gráfica 70), que nos servirá como base - fundamental para nuestra línea expositiva.

Con arreglo a nuestros datos, la cuarta parte de los autores más prolíficos de QF, son responsables de un 62,1% de la producción, el 10% produce un 38,9% de - / los artículos, el 5% un 23,5% y el 2% es responsable de / un 12,3%. Estas cifras presentan un cierto desfase, - / aunque tampoco excesivamente pronunciado, con las correspondientes al conjunto de la Sociedad. La primera difiere en unos cinco puntos, en tanto que la diferencia con / respecto a las restantes oscila entre los siete y los - / ocho puntos. Con todo, la tendencia general sigue siendo la misma en ambos casos, tan sólo se observa una traslación hacia abajo, bastante uniforme por cierto, en los - valores numéricos.

Al detallar más a fondo nuestro estudio, pasando de los valores porcentuales acumulados a los observados individualmente para cada grado de productividad y al contraste de los mismos con el modelo teórico de - - / Lotka (ver Tabla 171, Gráfica 71), nos encontramos con - que la ley ajustable a nuestros datos sería:

$$A(n) = 76,8171 \cdot n^{-1,6089}$$

cuyo exponente es uno de los más cercanos al previsto - /

teóricamente (-2) de todos los evaluados para las diversas áreas de investigación, lo cual es indicativo de haberse conseguido un buen nivel de institucionalización en las investigaciones del área.

Esta misma impresión es la que vuelve a recibirse, y aún si cabe de forma más palpable, cuando se intenta el contraste con el modelo de Rao, pues el valor obtenido para  $X^2$  es el más reducido de entre los encontrados para todas las áreas investigativas, concretamente  $X^2 = 0,65746$ , en tanto que para los cinco grados de libertad correspondientes a nuestro caso se tiene que:

$$P(X^2 \leq 11,1) = 0,95$$

todo lo cual se detecta con absoluta nitidez al revisar la relación de frecuencias individualizadas (ver Tabla - 172).

A consecuencia de ello, y siguiendo un proceso análogo al de casos anteriores, encontramos como ley matemática ajustable a nuestros datos:

$$A(r) = 14,92 \frac{\prod (r-0,63)}{\prod (r)} (0,81)^{r-1}$$

Todo lo anterior parece conferir a las investigaciones del área de QF un grado de institucionalización superior al de las restantes. Situación ésta que a/

nuestro juicio posiblemente encuentre su explicación en la gran tradición y potencia cuantitativa que han tenido en nuestro país a lo largo del presente siglo las investigaciones en Química, parte de cuyos equipos de trabajo han dirigido su atención a temas físico-químicos. Se ha dado, entonces, la circunstancia de ser este un tema de investigación que, según hemos repetido en varias ocasiones, pese a ser considerado por las comisiones de publicación como de Física, ha sido normalmente desarrollado por químicos, y eso se ha hecho claramente de notar en la estimación numérica del grado de institucionalización.

b) Clasificación e identificación de los autores

La clasificación de los autores con arreglo al valor de su índice de productividad (ver Tabla 173), mantiene una comparación bastante polarizada con respecto a la asimilable al total de la Sociedad. En los valores altos se dan importantes discrepancias, pues como primer detalle a tener en cuenta, observamos que en QF no se da ningún caso de gran productor, en tanto que los medianos productores ascienden a un 3,5% del total de autores del área, cifra que es casi doblada por el 6,7 observado en el total.

Contrariamente, para pequeños productores la coincidencia es bastante más acentuada, aunque, claro está, si las cifras son miradas en términos proporciona--/

les. Así, un 16,8% de los autores de QF son catalogables como bajos productores, frente al 18,1% del conjunto de la Sociedad, y 79,7% lo son como muy bajos productores, en tanto que allí lo eran un 74,3. La QF queda entonces/ caracterizada a este tenor como un área poco influyente/ desde el punto de vista cuantitativo en la aportación de autores muy prolíficos a la Sociedad, pero bastante significativa en los de baja producción.

En términos absolutos, los máximos productores del área de QF son cinco autores, únicos clasificables como medianos productores. Los dos primeros, son, - como ya nos es conocido, J. Morcillo y M. Díaz Peña, - / siendo, J. Fernández Biarge, J. Herranz y M. Lombardero/ los tres restantes. Recordemos el excelente papel desempeñado por el primero y segundo en el apartado dedicado/ al "impacto", así como el hecho de que concentraban su - producción a partir de mediados de los años cincuenta, - ya bien entrados en la segunda época. Circunstancia ésta última que es también aplicable a los otros tres. Posi- / blemente, aunque ésto sea algo a comprobar en la realiza- / ción del análisis temático de las áreas, aquí tengamos a ese núcleo humano forjador de nuevas escuelas de investi- / gación a partir de 1950.

Revisando el conjunto de los medianos y bajos productores (ver Tabla 174), pueden ser reflejadas algu-

nas apreciaciones interesantes. Entre los 29 productores ahí incluidos, hay algunos que llaman poderosamente la atención. Así O. R. Foz, L. Brú y J. Palacios fueron autores relevantes en la primera época, con lo cual tenemos confirmada la posibilidad, barruntada anteriormente, de que las investigaciones que hubieran podido realizarse en este campo antes de la guerra, alcanzarán una cierta continuidad en la postguerra, a través de estos autores y sus posibles colaboradores.

Otro detalle a señalar es la presencia de algunos productores, como los propios L. Brú y J. Palacios, y algunos otros como F. Senent, los cuales han desarrollado la mayor parte de su producción en otras áreas de investigación. Fenómeno que se reproduce, como tuvimos ocasión de comprobar, al estudiar la tabla de productores relevantes del conjunto de la Sociedad, con algunos otros conocidos autores, como serían M. Aguilar y M. Pérez Rodríguez. En todos estos casos se observa que los artículos de dichos autores correspondientes al área de Química-Física, salvo alguna muy aislada excepción, son realizados en los primeros diez años de la época. Ello incide positivamente en nuestra apreciación de apartados anteriores sobre la posible falta de homogeneidad en las investigaciones de QF a lo largo de la primera década, pues varias de ellas, vemos ahora, son asimilables a in-

curSIONES esporádicas de investigadores volcados en otros campos.

#### 4.5.5. Referencias bibliográficas

##### a) Cuantificación y obsolescencia

Una revisión al número de artículos portado-  
res de referencias para el área de QF, estructurada a -/  
través de períodos anuales (ver Tabla 175), pone de mani-  
fiesto un detalle singular, como es el hecho de que abso-  
lutamente todos los artículos muestreados al respecto con-  
tienen referencias bibliográficas. Circunstancia única -  
en el análisis particular de las áreas de investigación/  
y que confiere, de entrada, una buena impresión inicial/  
en cuanto a la calidad de estos artículos.

Ante tal situación parece no tiene excesivo -  
sentido la agrupación de datos en períodos quinquenales/  
(ver Tabla 176), pero aún así hay algo que dicha tabula-  
ción nos pone de manifiesto con meridiana claridad, y es  
la falta de representatividad de las cifras correspon--/  
dientes a los tres primeros quinquenios de la época por/  
la escasa entidad numérica de los artículos muestreados/  
en los mismos. Ello nos da pié para excluirlos, a menudo,  
en lo referente a conclusiones y comentarios sobre la -/  
evolución cronológica de las diversas magnitudes biblio-  
métricas que vayamos considerando.

Los artículos muestrales de E-M recogen un total de 867 referencias, de las cuales 111 son autorreferencias. Tanto unas como otras han sido distribuidas - / anualmente (ver Tabla 177) y por períodos quinquenales - (ver Tabla 178), notándose, en general, una tendencia - / creciente para ambas.

Al objeto de matizar algo más la cuestión del volumen cuantitativo de las referencias, vamos a relativizar dicha magnitud al número de artículos correspondientes a cada quinquenio (ver Tabla 179, Gráfica 72). - A este respecto observamos también una evolución positiva, pues se detecta un proceso de ascenso continuado por décadas. Así, entre 1955 y 1965 el número de referencias por artículo oscila muy ajustadamente en torno al valor / "11", y al trasladarnos a la década final de la época, - dicho valor se eleva a "17". Conviene recordar que ambas cifras se sitúan, sobradamente, por encima de la media - correspondiente al conjunto total de la producción. La - buena indicación de calidad que recibíamos al principio / queda, con esto, potenciada.

Entrando ahora en la consideración de la cuantía de las autorreferencias, y revisándola inicialmente / a través de su evolución anual (ver Tabla 177), llama de inmediato la atención que en los primeros años considera dos (pese a la escasa representatividad que antes les - /

conferíamos) su volumen cuantitativo es prácticamente insignificante. En realidad, no parecen quedar estableci-/das como algo normativo en la elaboración de los artícu-/los hasta mediados de los cincuenta.

La agrupación quinquenal de los datos y su -/globalización, así como la revisión del porcentaje que -en cada momento suponen con respecto al total de las re-/ferencias (ver Tabla 178, Gráfica 74), es fuente de inte-/resantes consecuencias. En su conjunto, para el área de/QF las autorreferencias suponen un 12,9%, lo que está -/por bajo de la cota correspondiente a toda la producción que era de 14,3. La evolución quinquenal de esta magni-/tud es describible mediante dos etapas perfectamente di-/ferenciadas, una primera entre 1955 y 1965 en la que la/cota porcentual se mantiene regularmente en valores osci-/lantes en torno al 25%, y una segunda, correspondiente -con los diez años restantes de la época, en la que nues-/tra magnitud inicia un importante descenso hacia valores cercanos al 10% (incluso inferiores en el quinquenio fi-/nal). La evolución del número de autorreferencias por ar-/tículos (ver Tabla 179, Gráfica 73) no hace sino reprodu-/cir fielmente lo arriba expuesto.

Todo lo anterior parece apuntar, una vez más, hacia la afirmación de escuelas de investigación en el -área de QF a lo largo de la década de los cincuenta, en/

tanto que potencia la idea, que expresábamos en el análisis de la procedencia institucional, sobre el surgimiento de otras en la década final en proceso paralelo al desarrollo de las ya cuajadas en los años anteriores.

En otro orden de cosas, vamos a revisar la evolución seguida por el índice de obsolescencia de las referencias. Salvando, como siempre, de nuestras reflexiones los tres primeros quinquenios, observamos como la evolución de nuestro índice (ver Tabla 180, Gráfica 75), reproduce cualitativamente la seguida por el porcentaje de autorreferencias. La etapa correspondiente al decenio 1955-65, en la que dicho índice parece estabilizado y toma valores bastante cercanos a 5, viene seguida por otra, entre 1965 y 1975, en la que experimenta una subida brusca inicial que remite algo posteriormente, hasta situarse en casi el 9. Tal vez podamos encontrar la explicación a este fenómeno en la mayor actualización de contenidos que conlleva el afianzamiento estable de grupos de investigación en una disciplina cualquiera.

#### b) Distribución idiomática

Del estudio de la naturaleza idiomática de las referencias para el área de QF, ya se dieron anteriormente los valores globales. Según los cuales el idioma que denotaba una máxima influencia era el inglés

(76%), seguido del español (11,5%) y el alemán (7,6%).

Sin embargo, el análisis de la evolución de esta faceta por períodos anuales y quinquenales (ver Tablas 181 y 182), y sobre todo en base a la evolución porcentual correspondiente (ver Tabla 183, Gráfica 76), aporta unas matizaciones altamente interesantes.

En efecto si nos fijamos en los primeros diez años de la época, aunque ya nos es conocida la escasa representatividad de esas cifras, nos encontramos con una clara tendencia al predominio del alemán, que allí se manifiesta como el idioma más relevante si bien el inglés no le va muy a la zaga. Una vez más, nos encontramos con el predominio de las influencias del área germano-italiana en los años cuarenta.

Trasladándonos ahora al resto de la época, observamos como en la totalidad de los quinquenios restantes, tanto los que asimilamos anteriormente a la etapa de transición como los que se asignaron a la de expansión final, el inglés es el idioma que predomina en forma netamente destacada. Concretamente, en todos los quinquenios rebasa el 60% y en tres de ellos el 70%. A lo largo de ese período decae sólidamente el alemán y el francés, que siempre había sido irrelevante, experimenta una sensible alza en los cinco últimos años. Por lo que respecta al español, nos encontramos, una vez más,

con una evolución totalmente análoga a la del nivel de significación porcentual de las autorreferencias.

Todo lo anterior incide, bajo el prisma interpretativo, en varias cuestiones. Primeramente, observamos como se pone de manifiesto otro elemento diferenciador entre las investigaciones de QF desarrolladas en los años cuarenta y las del resto de la época. Aparte de esto, y como ya nos ha ocurrido repetidamente, se abunda en la cuestión de que, para los investigadores de la Sociedad, autorreferencias y referencias del área idiomática española, viene a significar cualitativamente lo mismo. Finalmente, reflejemos el hecho de que el perfil que presenta en este terreno que estamos estudiando el área de QF, es bastante concordante con el obtenido para el conjunto de la Sociedad.

#### 4.6. Física Nuclear

Tras los sonados descubrimientos que a partir de principios de siglo se suceden en esta disciplina, y/ la luctuosa entrada en escena de la energía atómica, como colofón de la segunda guerra mundial, la Física Nuclear se coloca como el catalizador definitivo que acaba de conformar el salto de la "little" a la "big" Science. Proceso éste que, si bien iniciado muchos años atrás, es a través de esta disciplina donde encuentra no sólo su formulación definitiva sino también su carácter de proceso irreversible.

Aún y cuando no tuviéramos más alicientes que el entender cuál ha sido el desarrollo en nuestro país de la disciplina portadora de todas las connotaciones -/ arriba expuestas, la labor a emprender creemos que estaría más que justificada. Pero es que, además, la Física/ Nuclear, simplemente contemplada como una de las grandes áreas de investigación puesta en marcha durante la segunda época de la Sociedad, ofrece unos atractivos especialísimos para profundizar en la explicitación de cuál ha/ sido su papel concreto a nivel bibliométrico y temático.

Según lo expuesto en apartados anteriores, -/ esta área es la de máxima significación en cuanto a volumen de producción de artículos. Asimismo, a ella pertenece

cían los cuatro productores mas prolíficos y buena parte de los mas relevantes de la Sociedad. Sólo con estos dos detalles, aunque serían varios mas los que podríamos recordar, queda sobradamente reflejada la presumible gran influencia que los indicadores bibliométricos de esta disciplina habrán tenido sobre los globales observados para el conjunto de toda la producción de la Sociedad.

Otra característica de este área, si bien en este caso compartida con otras, es el hecho de que al carecer de tradición investigadora en la primera época, pese a que allí se publicaran ya algunos artículos aislados sobre cuestiones nucleares, nos encontramos ante un campo de trabajo íntegramente desarrollado tras la guerra. Lo cual, junto con el detalle de ser la de mayores cotas productivas, le confiere a nuestra área un cierto carácter de disciplina representativa de la labor desplegada en la segunda época. Nuevo motivo para realzar la necesidad e importancia de su análisis particular.

#### 4.6.1. Artículos

Según acabamos de recordar, el área de Física Nuclear (FN) es la mas prolífica de todas las que se desarrollaron en la segunda época de la Sociedad, e incluso, si nos atenemos a las cifras absolutas, ha superado en este terreno a la totalidad de áreas de investigación

en Física cultivadas desde la fundación de la misma en 1903. En términos numéricos, ésto se ha conseguido mediante la publicación en Anales de un conjunto de 278 artículos, lo que supone un 21% del total de la producción de la segunda época.

Cuando esas cifras son distribuidas anualmente (ver Tabla 183b), deparan una importante matización. Según podemos ver, durante toda la década de los cuarenta la FN parece desempeñar el mismo papel que le estuvo reservado a lo largo de la primera época, es decir, el de ser un tema de investigación esporádico con bajos niveles de producción y deslavazado temáticamente. En cambio, a partir del inicio de los años cincuenta se nota un paulatino aumento de las cotas productivas y, lo que es más importante, una fuerte regularidad en el mantenimiento de las mismas hasta el final de la segunda época. Las cifras son bien elocuentes, entre 1940 y 1949 hay cuatro años en los que no se produce ni un sólo artículo de FN, contrariamente, a partir de 1950 los años que ofrecen unas cotas productivas mínimas se corresponden con un volumen de tres artículos, dándose la circunstancia de que en diez de ellos se rebasa la cota del 10 y en tres la del 20.

Agrupando quinquenalmente los datos (ver Tabla 184; Gráficas 77 y 78) todo este proceso aparece al-

go mejor delimitado. Las cifras de los primeros períodos reflejan claramente como a lo largo de ellos la FN es -/ una disciplina casi inexistente, pero a partir de ahí el número de artículos experimentará un espectacular crecimiento que se escalona por décadas. Así, podemos ver como durante los dos quinquenios de los años cincuenta se/ mantiene un ritmo productivo de 20 artículos/año, en -// tanto que a lo largo de los años sesenta la media se si- túa regularmente en valores cercanos a 60. El inicio de/ los setenta coincide con otro salto en el ritmo de pro-/ ducción, que llega a superar los 90 artículos/año.

Todo ésto parece indicar la rápida aparición/ de una prolífica escuela de investigación al inicio de - la década de los cincuenta, difícilmente podría explicar se si no la absoluta regularización de la producción de/ artículos observada a partir de ese momento. Esa escue-/ la, independientemente de que desapareciera o se poten-/ ciara en el futuro, es innegable que ejerció un inmejora- ble papel como elemento de captación y canalización ha-/ cia la FN de buena parte de los recursos de la Sociedad. Aunque sea algo a comprobar posteriormente conforme vaya mos aplicando nuevos indicadores bibliométricos, las ci- fras parecen apuntar hacia una pervivencia de dicha es-/ cuela a lo largo de toda la segunda época y posible en-/ trada en escena de otras al transcurrir de los años.

Cambiando ahora la perspectiva de nuestro análisis, y yéndonos al porcentaje que supone la producción en FN sobre la total de cada quinquenio (ver Tabla 184), observamos como tras el irrelevante papel desempeñado -/ por esta área en los dos primeros, en los que no se llega ni al 4%, se detecta un salto brusco en el nivel de - significación del siguiente, superándose el 13%, y un -/ ininterrumpido ascenso del mismo durante diez años más,/ al cabo de los cuales la producción en FN llega a suponer la tercera parte de la correspondiente al conjunto - de la Sociedad. Como en cierto modo era natural, esta -/ inusual cota no pudo continuar ascendiendo, y en los últimos diez años de la época se asiste a una estabilización de la misma en torno a unos valores cercanos al - / 27%.

Así pues, cuando se trabaja en términos relativos se observa que la fulminante entrada en escena de/ la FN, es seguida de un potente impulso que parece alcanzar su plenitud en la primera mitad de los años sesenta/ y remitir algo a continuación. Esto confiere a la FN el/ carácter de máxima representante de la labor desarrollada en la Sociedad durante la que podríamos llamar fase - media de la segunda época, aproximadamente entre 1955 y/ 1965, al igual que ocurría con la Optica para la fase -/ inicial de postguerra. Con todo, no parece, desde luego,

que al final de la época la FN sea precisamente un área/ en decadencia, pese a la pérdida de impulso antes reflejada. Su nivel de significación porcentual es aún en ese momento muy elevado, y aunque la evolución del mismo durante los últimos quinquenios apunte hacia que tal vez - se había llegado a la saturación de las investigaciones/ en este campo, la tónica de mantenimiento final confiere al área una perspectiva de futuro optimista.

#### 4.6.2. Trabajos en equipo

Tras la revisión al respecto de los 278 artículos conformantes del área de FN, se observa que 41 son realizados individualmente, 62 lo son por dos autores y/ 175 se deben a colaboraciones de tres o más autores. - / Ello supone un 14,7% de peso porcentual para los trabajos individuales y un 85,2% para los realizados en equipo, si bien, la contribución a dicho porcentaje de las - colaboraciones dobles y las múltiples es francamente desigual, pues las primeras ascienden a un 22,3% del total y las segundas a nada menos que un 62,9%.

Las cifras anteriores denotan a las claras -/ un arraigo fortísimo en este área del trabajo en equipo/ y, dentro de él, una absoluta prepotencia de las colaboraciones múltiples, en torno a las cuáles se obtiene un/ peso porcentual que supera holgadamente a los observados

para las restantes áreas temáticas. Conviene, asimismo, -  
indicar que entre esas colaboraciones múltiples hay mu-/  
chas que corresponden a 4, 5 ó 6 autores, dándose inclu-  
so el caso anecdótico de pertenecer a este área el único  
trabajo publicado en Anales debido a diez autores, lo -/  
que representa el máximo grado de colaboración alcanzado  
en el órgano de expresión de la Sociedad. El trabajo en/  
equipo es pues algo poderosamente arraigado en las inves-  
tigaciones de carácter nuclear.

Al particularizar las anteriores cifras globa-  
les a su distribución por períodos anuales (ver Tabla -/  
185), se obtienen algunas matizaciones interesantes. Es/  
de señalar, como primer detalle, el absoluto predominio/  
del trabajo individual que se nota a lo largo de toda -/  
la década de los cuarenta, lo cual confirmaría ese ca-//  
rácter deslavazado que conferíamos a las investigacio-//  
nes nucleares desarrolladas durante ese período. A con-/  
tinuación se observa un rapidísimo cambio de pauta en -/  
los años cincuenta, asociado con rigurosa precisión a -/  
la eclosión experimentada en esos años por el número de/  
artículos. Dicho cambio de pauta puede, además, ser cali-  
ficado de regularísimo, ya que a partir de 1952 se da -/  
año tras año una mayor cuantía de las colaboraciones múl-  
tiples, siendo la única excepción el período anual co--/  
rrespondiente a 1954.

Como es natural la perspectiva quinquenal de este fenómeno (ver Tablas 186 y 187; Gráfica 79), no hace sino confirmar lo expresado en la anual, pero nos permitirá concretar algo más las cuantificaciones numéricas. Así, porcentualmente hablando, en los dos primeros quinquenios se alcanza la cota "100" para los trabajos individuales, si bien, las cifras absolutas no hacen ver que ese peso porcentual está distorsionado por el escaso número de trabajos realizado en esos años. A continuación, viene un quinquenio de transición, el de 1950-54, en el que la situación da el vuelco al que anteriormente hacíamos referencia, pasando a dominar netamente los trabajos en equipo y reduciéndose al 13% los artículos con una -/sola firma. Ya en este momento las colaboraciones múltiples sobrepasan la mitad de la producción en FN.

En lo que resta hasta el final de la época, - es decir los veinte años comprendidos entre 1955 y 1975, se asiste a un predominio uniforme y total de las colaboraciones múltiples, las cuales nunca bajan del 60%, llegando incluso a superar el 70%. A lo largo de esos años/ los trabajos individuales se mantienen en la banda porcentual de 10-20% y las colaboraciones dobles en la del 20-30%, con sus normales altibajos correspondientes.

Intentando ahora ahondar en el trasfondo cualitativo de todas estas cifras numéricas que hemos ido -

elaborando, parece quedar ya meridianamente claro el hecho del surgimiento de una potente escuela de investigación en los años cincuenta. Escuela ésta que, enfrentándose a ese giro dado por el conjunto de la Sociedad hacia el aumento del trabajo individual a lo largo de la postguerra, aporta un nuevo estilo de trabajo, el cual, trasciende al área de FN y se proyecta hacia todo el conjunto de la producción en los Anales, pues recordemos - que era justo el quinquenio 1950-54 aquél en el que alcanzaban su primer nivel de significación relevante los trabajos de tres o más firmas desde la fundación de la Sociedad y, a partir de ahí, ya siempre se mantenían en unas cotas bastante sólidas. Es indiscutible que en dicho fenómeno tienen mucho que decir la notable tendencia al trabajo en equipo de los investigadores de FN y la fuerte cuantía de su producción.

Esta positiva labor puede, sin gran temor a equivocarnos, ser asignada a unos nombres concretos, y ello pese a no haber estudiado aún el apartado dedicado a los autores de esta área particular. Revisando la relación de productores relevantes del conjunto de la Sociedad (ver Tabla 64), vemos la asignación al área de FN de seis de los siete más prolíficos, y todos ellos dan comienzo a su labor en los años cincuenta. Ahí encontramos, entonces, el potencial humano forjador de esa prime

ra escuela de investigaciones nucleares, en los Catalá, /  
Senent, Casanova, Aguilar, García y Villar.

#### 4.6.3. Procedencia institucional de los artículos

El análisis de la procedencia institucional -  
de los artículos del área de FN, con la toma en conside-  
ración de las lógicas opciones múltiples que en cada ar-  
tículo particular pueden darse, nos ofrece unas cifras -  
globales que actúan ya como un primer elemento claramen-  
te discriminador, siendo necesario a este respecto, co- /  
menzar indicando que la gran cantidad de artículos firmados  
en la Junta de Energía Nuclear (JEN), nos indujo a -  
explicitar por separado los mismos en las tabulaciones a  
efectuar, con lo que las correspondientes a este área - /  
presentarán un perfil no homogéneo con la mayor parte de  
las restantes.

Pasando ya a los valores numéricos, nos en-- /  
contramos con que 44 artículos, el 11,3% del total de - /  
opciones recogidas, han sido realizados a través del - /  
CSIC, en tanto que 160, es decir, un 40,9%, lo son a través  
de la Universidad, y una cuantía casi idéntica, 163 /  
y 41,7%, corresponden a la JEN. Instituciones de otra índole  
recogen apenas un 6%. Parece, entonces, a primera -  
vista, que la producción en FN ha sido canalizada, fundada

mentalmente, a través de dos instituciones: la JEN y los centros universitarios, pues no en balde entre ambas - / abarcan nada menos que un 82,6% de la procedencia institucional. Ya muy en segundo plano tendríamos al CSIC y - a enorme distancia cualquier otro tipo de instituciones/ diversas.

A la hora de trasladarnos a la distribución - de las cifras anteriores por períodos quinquenales (ver/ Tablas 188 y 189; Gráfica 80), parece procedente el no - tomar en consideración los dos primeros, pues, al igual/ que dijimos al estudiar la evolución de los trabajos en/ equipo, el escaso número de artículos realizados en - -/ ellos dentro del área de FN distorsiona poderosamente -/ las cifras y las apreciaciones que en base a las mismas/ puedan establecerse.

Tomando, pues, el año 1950 como nuestro ori- / gen de trabajo, queda perfilada a través de las cuantifi- caciones efectuadas una evolución por décadas perfecta- / mente definida. Así, es de observar como a lo largo de - todos los años cincuenta se da un claro predominio del - CSIC, que se manifiesta en ambos quinquenios como la ins- titución más prepotente, superando en el primero de - -/ ellos la cota del 40% y llegando en el segundo hasta el/ 65%. Las otras dos instituciones relevantes, la Universi- dad y la JEN, se mantienen entre un 15-30%, si bien es -

la segunda quien parece alcanzar una mayor entidad.

La entrada de los años sesenta coincide con una caída en picado del nivel de significación del CSIC, fenómeno éste que se da en beneficio de las otras dos instituciones, especialmente de la JEN que se coloca como la más dominante al abarcar en los dos quinquenios más del 55% de las opciones. La Universidad sube también notablemente su nivel al situarlo en valores entre el 35% y el 40%. En el único quinquenio de los años setenta por nosotros estudiado la tónica se mantiene para el CSIC, pero se intercambian los niveles de significación de la Universidad y la JEN, a la vez que las instituciones diversas parecen empezar a tomar cuerpo al superar la cota del 11%.

Todo este proceso evolutivo, si bien puede resultar confuso o desconcertante a primera vista, encuentra su explicación al tomar en consideración una serie de detalles que por motivos de orden técnico no se han reflejado en las tabulaciones. El equipo que despliega su labor desde el inicio de los cincuenta, y al que hacíamos referencia en el apartado anterior, comienza su andadura firmando todos sus artículos a través de uno de los institutos del CSIC, concretamente el "Daza de Valdés" (de Optica), a la vez que varios de los mismos se firman, simultáneamente, desde la Universidad. No es,

por tanto de extrañar el predominio del Consejo a lo largo del decenio 1950-59. Ahora bien, al transcurrir de los primeros años de esa década, nuestro equipo en cuestión alcanza un cierto nivel de institucionalización al conseguir canalizar su labor a través del llamado Centro de Física Fotocorpuscular, que más tarde se convierte en el Instituto de Física Corpuscular (IFIC). Estos centros de producción de artículos se ubican y despliegan su labor en la Universidad de Valencia, pero al ser subvencionados por la JEN han de considerarse, en rigor, también como artículos canalizados mediante dicha institución.

Lo que hemos ido exponiendo hasta ahora podría explicar la caída brusca en el nivel de significación del CSIC y, en parte, la subida del observado para la JEN en los años 60, pero la magnitud tan fuerte que alcanza esta última y, sobre todo, la fuerte distancia a la que se mantiene dicha institución de la Universidad, parece poner de manifiesto la puesta en marcha de nuevas escuelas y equipos de investigación en el seno de la JEN. A esta posibilidad habrá que estar atentos en los apartados siguientes.

El peculiar cambio de tónica que se observa a principio de los setenta parece, a su vez, ser indicativo de la entrada en escena de nuevos equipos de investigación, pues el alza experimentada por las instituciones

de indole diverso puede ser un claro indicador de ello, así como el intercambio en las cotas porcentuales de la JEN y la Universidad, dentro de la cual destacan las de Valencia y Madrid. Con todo, la envergadura cualitativa de este último cambio parece ser tan compleja que difícilmente podremos profundizar auténticamente en la misma hasta que desarrollemos el análisis sistemático particular del área de FN.

#### 4.6.4. Autores

##### a) Distribución artículos-autor

El estudio de este fenómeno tanto desde el punto de vista de las cifras absolutas experimentalmente observadas (ver Tabla 190), como de las acumuladas-porcentuales a que las mismas dan lugar (ver Tabla 191, Gráfica 81) presenta en el área de FN unas características bastante singulares. Con arreglo a los datos numéricos, vemos como la cuarta parte de los autores producen el 74,6% de los artículos, asimismo son responsables de un 54,6% de la producción el 10% de los autores más prolíficos, en tanto que los 5% y 2% autores de máxima producción llevan a cabo, respectivamente, un 43,0% y 29,7% del total de la producción.

De la distribución arriba esbozada, hay dos cosas que llaman poderosamente la atención. La primera

es el alto grado de acoplamiento que se da con las cifras teóricamente previstas en la bibliografía, aspecto en el que la FN supera a las demás áreas e incluso al conjunto de la producción de la Sociedad. La segunda, es el hecho de que en esta área se acentúa, como consecuencia de lo anterior, más que en ninguna otra la tendencia general a que un reducido número de autores sean responsables de una gran cuantía de la producción.

Ante esta circunstancia, no deja de ser sorprendente que cuando se intenta contrastar con el modelo de Lotka en base a las frecuencias observadas consideradas individualmente, sin acumulación porcentual, se obtenga una notable discrepancia. En concreto se obtiene, tras el ajuste correspondiente, la ley:

$$A(n) = 82,6335 \cdot n^{-1,2756}$$

sucediendo que el exponente viene a ser el que más se separa del previsto teóricamente en el conjunto de todas las áreas de investigación. Asimismo, las varianzas que se obtienen reflejan una dispersión de datos no desdeñable y la revisión individual de las frecuencias (ver Tabla 192, Gráfica 82) arroja una impresión de discrepancia generalizada a todos los grados de productividad.

Contrariamente, el modelo teórico de Rao sí que ofrece aquí un buen nivel interpretativo. En efecto, viene a obtenerse para el  $\chi^2$  como valor:

$$\chi^2 = 7,89517$$

en tanto que, bajo la toma en consideración de los seis/ grados de libertad asimilables a nuestros datos y para un nivel de significación del 5%, se cumple:

$$P(X^2 \leq 11,1) = 0,95$$

lo que en base a los valores que hemos obtenido para los parámetros de la distribución, nos llevaría a aceptar como expresión de la misma:

$$A(r) = 181 \cdot P(r) = 25,865116 \cdot \frac{\Gamma(r-0,333645)}{\Gamma(r)} \cdot (0,741518)^{r-1}$$

Esta última circunstancia queda, no obstante, matizada, cuando se revisa relación de frecuencias por menorizadas, en la cual (ver Tabla 193) se observa un mayor grado de disparidad teoría-práctica en los autores poco prolíficos, para los cuales la frecuencia esperada/ es tan baja en nuestro caso que no ha podido ser reflejada en el proceso de informatización.

Con todo, la distribución porcentual señalada al principio del presente apartado y la adaptación de un modelo teórico, aún con las peculiaridades que hemos ido citando, a la distribución artículos-autor, constituyen/ dos buenos indicadores de que las investigaciones nuclea

res han conseguido a lo largo de toda la época una ins-  
titucionalización de conjunto más que suficiente.

b) Clasificación e identificación de productores

Tras someter al conjunto de todos los autores del área de FN a una clasificación por índices de productividad basada en los mismos criterios que se aplicaron/ al total de investigadores de la Sociedad (ver Tabla - / 194), se obtienen unos resultados bastante significati-  
vos.

Observamos como en lo que respecta a las dos/  
máximas categorías de grandes y medianos productores de/  
la FN aporta un porcentaje claramente superior al corres-  
pondiente al total en la primera de ellas (3,2% vs. - -/  
0,9%) y sensiblemente inferior en la segunda (4,8% vs. -  
6,7%).

Trasladándonos ahora a la categoría conjunta/  
de pequeños productores, observamos una coincidencia bas-  
tante acusada con el total de la Sociedad, aunque, claro  
está, ésta afirmación la realizamos ateniéndonos a térmi-  
nos proporcionales. Así, vemos como en FN un 92% de los/  
productores son catalogables en la categoría de pequeños,  
y en la clasificación global lo era un 92,4. Incluso - /  
cuando matizamos hacia las dos subcategorías en la que -  
se divide la de pequeños productores, esa coincidencia -

se mantiene, si bien ya no con tanta exactitud. De esta forma, observamos como frente a un 21,9% de bajos productores en FN en el global se daba un 18,1, y como frente al 70,1% de muy bajos encontrados para nuestra área la cifra global era de 74,3.

De todo ello parece desprenderse que la característica más acusada del área de FN en este terreno ha sido su fuerte contribución a la máxima categoría de productividad, en tanto que su proyección sobre las categorías bajas no se ha salido de lo normal y sobre las medias ha sido más bien escasa.

La relación nominal de productores (ver Tabla 195) confirma, como es natural, las impresiones anteriores. En ella nos encontramos con cinco de los grandes productores del total de la Sociedad, J. Catalá, F. Senent, A. García, J. Casanova y J. Aguilar, y con otro que, prácticamente puede ser considerado como tal, E. Villar. A tenor de lo que ya se dijo en el apartado anterior, entre este plantel están los máximos representantes del equipo pionero de las investigaciones nucleares en España. En algún caso aislado, estos investigadores han efectuado incursiones en otras áreas de investigación, las cuales han sido a veces de cierta envergadura, a la vez que algunos de ellos aún mantenían una importante fuerza productiva en los años setenta.

Junto a estos grandes productores, si bien -/ a considerable distancia de los mismos, aparece un conjunto de investigadores medios que no deben ser pasados por alto. Entre ellos cabe destacar a R. Gaeta, J. M. Bolta, P. Tárrega, J. Montes Ponce de León, C. Fernández Pine-/ da, A. Lleó, G. Pardo, A. F. Tejerina y J. Campos, como/ los poseedores de unas cotas productivas más destacadas. Todos estos autores, sin excepción, tienen distribuída - cronológicamente su producción a lo largo de los años se senta y setenta, con lo que no sería de extrañar que en tre este grupo se encontraran los grandes productores fu turos del área de FN ante las dilatadas perspectivas de/ buena parte de sus componentes.

La contrastación de si este conjunto de inves tigaciones medios, decisivos para el futuro del área, si gue fielmente la línea temática marcada por el equipo -/ pionero o si, por el contrario, se aparta en mayor o me- nor grado de él abriendo así nuevos desarrollos, es algo que nos vemos en la obligación de dejar pendiente hasta/ la exposición del análisis temático del área de FN.

#### 4.6.5. Referencias bibliográficas

##### a) Cuantificación y obsolescencia

Al contemplar la distribución anual y quinque

nal del número de artículos con y sin referencias de entre los seleccionados en su momento para la muestra global y pertenecientes al área de FN (ver Tablas 196 y - / 197), hay dos cuestiones que llaman poderosamente la - / atención. La primera de ellas hace alusión a la abrumadora mayoría que representan los artículos portadores de - referencias bibliográficas, un 99,3% del total, dándose/ el caso de que hay un único artículo que no las lleve. - La segunda, es la constatación de que en los dos prime- / ros quinquenios, si ya de por sí muy poco relevantes en/ cuanto a la producción de artículos, la técnica de mues- / treo ha seleccionado un número tan exiguo de trabajos - / que no parece procedente extraer conclusiones de las ci- / fras numéricas que vayamos obteniendo referidas a esos - diez años, pues el grado de distorsión que podrían con- / llevar, es fácilmente comprensible.

Reflejada ya esta primera impresión positiva/ que se deriva del hecho de que haya un porcentaje tan - / elevado de artículos portadores de referencias, pasemos/ a concretar más este aspecto con el estudio de la evolu- / ción seguida por el número de las mismas (ver Tablas 198 / y 199) y sobre todo, con la seguida por el número de re- / ferencias por artículo (ver Tabla 200, Gráfica 83). A es / te respecto se observa, salvando como ya dijimos los dos / primeros quinquenios, una tónica regularidad en cuatro -

de los cinco restantes, en los que el valor alcanzado -/  
por el indicador referencias/artículo se sitúa siempre -  
cercano al "12" , la única excepción viene dada por el -  
quinquenio 1960-64, en el que dicho indicador no alcanza  
ni el valor "8". El hecho de que en ese quinquenio se -/  
produjera en cambio en la orientación de la procedencia/  
institucional y una sólida subida en el número de artí-/  
culos, nos hacía sospechar que en el mismo se hubiera da  
do un cierto cambio en la orientación temática, con el -  
surgimiento de nuevos equipos de trabajo que cuajarían -  
en los quinquenios siguientes. Este bajón anormal en el/  
número de referencias por artículo podría venir asociado  
a ese fenómeno y sería indicativo de una cierta pérdida/  
coyuntural de la calidad de las investigaciones asociada  
a unos momentos de renovación.

Centrando ahora nuestra atención en las auto-  
referencias, tanto bajo el prisma del número de ellas -  
por artículo (ver Tabla 200, Gráfica 84) como a través -  
del porcentaje que representan con relación al total de/  
las referencias (ver Tabla 199, Gráfica 85), obtenemos -  
una información homogénea en ambos enfoques y parcialmen  
te concordante con el esquema que reflejábamos en el pá-  
rrafo anterior. Así, para ambos indicadores se aprecia -  
un claro proceso de ascenso entre ellos a lo largo de la  
década de los cincuenta, una estabilización o leve des-/  
/

censo en el primer quinquenio de los sesenta, y un descenso bastante más acusado en los diez años finales de la época. Ello cuadra con el esquema de afianzamiento de una escuela pionera de investigación entre 1950 y 1960 y un cierto proceso de introducción de otras nuevas a principio de los sesenta, pero no parece ser indicativo de que ese intento innovador cuajara adecuadamente en los años posteriores. Más bien, se detecta la continuación del proceso de intentar crear nuevas orientaciones temáticas entre 1965 y 1975, lo cual no obvia de que el afianzamiento de las mismas haya podido conseguirse en algunos casos.

Ateniéndonos ahora a la evolución de un nuevo indicador, como es el índice de obsolescencia (ver Tabla 201, Gráfica 86), se detecta un alto grado de actualización cronológica en los trabajos llevados a cabo durante la primera mitad de los años cincuenta, aunque ya esas mismas investigaciones, puesto que las asimilamos al mismo equipo, parecen perder parte de su vanguardismo en el quinquenio siguiente, en el que el indicador se sitúa en un 4,7, a más de un punto de distancia del valor anterior. En los dos quinquenios siguientes el grado de obsolescencia de las referencias entra en un período de mantenimiento, aunque con una leve tendencia al aumento, el cuál sí que se produce en forma notable en los años -

setenta. Parece entonces que las presumibles nuevas escuelas que se formaban en esos años no lo hacían bajo los mismos parámetros de actualización de los contenidos que las pioneras del área.

#### b) Distribución idiomática

Bajo una perspectiva del área en su conjunto, es de señalar a este tenor, el dominio del inglés, idioma éste que abarca un 65,7 del total de las referencias, seguido del español con un 19,4 y ya con un nivel de significación bastante menor acusado, el francés, que abarca el 5,9%, y el alemán, con apenas un 1,4%. Otras lenguas diversas se reparten el 7,6% restante.

Comparando estas cotas porcentuales con las correspondientes a la distribución idiomática del conjunto de la Sociedad, observamos un alto grado de coincidencia para los idiomas inglés y francés, en tanto que para el español se detecta una bastante mayor significación en el área de FN (casi superior en cinco puntos) y una claramente menor en el alemán. Una vez más, se nos confirma la escasa incidencia germana en las áreas de desarrollo posterior a los años cuarenta. Destacable, asimismo, la alta relevancia alcanzada por el español.

Al revisar la evolución cronológica de este fenómeno por períodos anuales (ver Tabla 202) y quinque-

nales, éstos últimos bajo la doble perspectiva de cifras absolutas (ver Tabla 203) y porcentuales (ver Tabla 204, Gráfica 87), se ponen de manifiesto algunas cuestiones - interesantes. Como en apartados anteriores, en estos aná lisis rechazaremos la información procedente de los dos/ primeros quinquenios.

Es de observar en este terreno como tras un - dominio claro del inglés en el quinquenio 1950-54, se -/ produce una significativa baja en el nivel porcentual -/ del mismo en beneficio del español a lo largo de los dos quinquenios siguientes, en los que este último idioma al canza sus máximas cotas de toda la época. La situación - se invierte de nuevo entre 1965 y 1975. Los demás idio-/mas, salvo alguna aislada excepción mantienen regularmente sus niveles de significación a lo largo de toda la -/ época.

Una vez más, el esquema interpretativo de an- teriores apartados se nos confirma. La escuela pionera - de los cincuenta, tras buscar sus fuentes iniciales en - el área de influencia anglo-americana, consolida sus in- vestigaciones y crea un grupo estable de trabajo, lo cual se corresponde con la posibilidad de poder remitirse mu- cho más asiduamente a trabajos en español, posiblemente/ realizados por ellos mismos, según vimos. Proceso éste - que parece entrar en crisis a partir de 1965, y cuyo de-

senlace concreto no hemos podido centrar con precisión a lo largo de nuestra exposición, en la que sólo detectamos una posible eclosión de nuevas orientaciones investigativas por esos años. Si en efecto se dieron y cuáles - fueron en concreto, es algo a replantearse a la hora de realizar el análisis temático.

#### 4.7. Física Teórica

El interés que pueda tener el análisis de la producción llevada a cabo en el seno de la Sociedad dentro del área de Física Teórica, viene avalado por dos tipos de razones totalmente similares a las ya aducidas en áreas anteriormente estudiadas. Dichas razones podríamos catalogarlas como generales y particulares.

Desde un punto de vista general cabe reflexionar en torno a la gran trascendencia que la Física Teórica ha tenido en nuestro siglo, precisamente en el cual - ha sido cuando se ha desarrollado como un campo autónomo de investigación, campo que ha adquirido paulatinamente/ una diversificación tan fuerte que se ha desembocado en/ una subdivisión del mismo en varias disciplinas especializadas sólidamente separadas tanto a nivel temático, como a nivel institucional.

Asimismo, podemos citar bajo esta perspectiva global, la decisiva intervención que ha tenido la Física Teórica en varios de los hitos de la investigación del siglo XX. A través de la misma han sido canalizados algunos paradigmas esenciales de la Física actual (caso de la relatividad) y ha experimentado impulsos decisivos la articulación profunda de otros (caso del de la interacción nuclear).

Pero hay, a su vez, otras razones de índole más particular, referidas específicamente al contexto de la Sociedad, que nos realzan el interés del análisis de las investigaciones teóricas en ella realizadas. Así -/ como había un área, la de Óptica, que era la máxima re- / presentante de las investigaciones de la preguerra, y -/ una segunda, la Física Nuclear, que recogía el cuerpo bá- sico de investigación forjado en los años cincuenta y se- senta, la Física Teórica reúne las condiciones necesa- / rias para poder catalogarla como el área típicamente re- presentativa de las investigaciones correspondientes a - la última fase de la época franquista.

Para evaluar la afirmación anterior nos bastaría con recordar la evolución cronológica de la produc- / ción de este área, en la que se observaba un espectacu- / lar crecimiento durante los últimos años, proporcionalmen- te superior al de las restantes áreas. Pero esa circuns- tancia se ve reforzada por el hecho de que, cuando estu- diábamos el "impacto", tuvimos ocasión de comprobar como ese fuerte incremento de las cotas productivas debía es- tar notablemente aumentado a través de publicaciones en/ el extranjero, cuestión ésta que allí se detectaba con - una nitidez muy superior a la de las demás áreas.

#### 4.7.1. Artículos

Clasificables como trabajos de Física Teórica (FT), hay publicados en los Anales un total de 124 artículos, lo que supone un 9,4% del total de la producción/ de la Sociedad entre 1940 y 1975. Nuestra área queda entonces en el límite para poder ser considerada como una/ de las grandes, entre las cuales es la menos prepotente, pero su sólida ventaja sobre las inferiores a ella y su/ aproximación tan ajustada a la cota porcentual del 10% , que fue la que inicialmente nos fijamos para separar las grandes y pequeñas áreas, hacían muy aconsejable el considerarla entre las primeras.

Entrando en la distribución anual de estos -/ 124 trabajos (ver Tabla 205), son de señalar algunos detalles significativos. Vemos como hasta mediados de los/ cincuenta no se consigue normalizar la aparición sistemá/ tica de artículos año tras año, y como es en la serie -/ anual correspondiente a la fase final de la época, cuando por primera vez se consigue superar la cota de diez - artículos/año en varias ocasiones. El período anual de - 1969, con trece trabajos publicados, se manifiesta como/ el de mayor envergadura de toda la época estudiada.

El análisis de este mismo fenómeno por períodos quinquenales, reforzado con la evolución de la tasa/ de crecimiento relativo y del nivel de significación por

centual (ver Tabla 206; Gráficas 88 y 89), ofrece una -/ panorámica bastante más concreta, en torno a la cual parecen quedar delimitadas tres etapas claramente diferenciadas en lo que respecta a las cotas productivas, pero/ bastante equilibradas en cuanto a su extensión cronológica.

La primera de ellas se correspondería con los quince primeros años de la época, a lo largo de los cuales la producción en FT alcanza unos niveles simplemente testimoniales e irrelevantes, publicándose sólo cinco artículos durante esos tres períodos quinquenales. La se-/ gunda quedaría asimilada a los dos quinquenios incluidos entre 1955 y 1964, en ambos se supera medianamente la cota de los diez artículos, con lo que esta segunda etapa/ parece ser la de auténtico forjamiento de las investigaciones teóricas. La tercera y última corresponde a la década final de la época, en el primero de cuyos dos quinquenios se asiste a un crecimiento impresionante del número de artículos publicados, superándose los cuarenta - de ellos, en tanto que en el otro quinquenio el ritmo de crecimiento experimenta un notable frenazo, pero las cotas cuantitativas del quinquenio anterior son plenamente mantenidas.

Centrando ahora nuestra atención en el porcentaje que supone la producción en FT sobre la total de la

Sociedad en cada quinquenio, se observa un perfecto para lelismo con el esquema evolutivo trazado en el párrafo anterior. Así, vemos como el nivel de significación porcentual se mantiene irrelevante a lo largo de los tres primeros quinquenios, en los que jamás llega a rebasar el 2%, en el período 1955-64 se sitúa en la banda 7-10% y en la década final se llega a rozar el 18% durante el quinquenio 1965-69 para bajar unos cuatro puntos en el siguiente. Esto minimiza algo, aunque no excesivamente, la leve subida que se aprecia en el número de artículos para el último período quinquenal de la época.

Intentando ahora dar una base interpretativa a todos estos datos numéricos, lo primero que llama nuestra atención es la extraordinaria tardanza que se observa en el inicio del proceso de asentamiento definitivo de las investigaciones teóricas en el seno de la Socie-dad, el cual hemos estimado nada menos que en unos quince años. Circunstancia ésta tanto más extraña cuanto que se trata de un tipo de investigaciones que no necesita-ban una infraestructura material precisamente costosa. Tal vez su falta de aplicación práctica inmediata pudiera actuar como un elemento disuasorio para el apoyo a dicho tipo de investigaciones durante los años de postguerra, pero no parece lógico el haberlas marginado de una manera tan absoluta, máximo cuando las posibles aplica-ba

ciones de otros cuerpos globales de investigación cultivados durante esos años tenían también una proyección -/ práctica muy escasa.

A juzgar por la evolución observada en quin- / quenios posteriores todo parece apuntar hacia un lento - proceso de forjamiento de las primeras escuelas investi- gativas de FT a lo largo del período 1955-64. Proceso de forjamiento éste que se nos presenta también como espe- / cialmente dilatada, y no tanto por su duración en sí, co mo por la impresión que se obtiene al compararlo con el / observado en otras áreas de investigación, especialmente con el de Física Nuclear (verdaderamente fulminante) que tantas concomitancias presenta con la FT en el contexto / de la Sociedad. Pese a esta lentitud inicial la reacción final notada en los últimos diez años de la época para - este área, parece ser un claro indicador de que las es- / cuelas forjadas en la década anterior consiguieron un só lido asentamiento y desarrollaron una eficaz labor como / plataforma impulsora de nuevos grupos de investigación. / De todas formas, el averiguar hasta qué punto hubo conti- / nuidad temática entre las investigaciones de la segunda / y tercera etapas que convencionalmente hemos delimitado, es algo que no podrá esclarecerse hasta la realización - del análisis temático.

#### 4.7.2. Trabajos en equipo

La revisión de esta cuestión en los 124 artículos de FT nos hace ver que 69 de los mismos, es decir, un 55,6%, han sido realizados individualmente, en tanto que 55, el restante 54,5% lo han sido en colaboración. Entre estos últimos hay que distinguir los firmados por dos personas, que ascienden a 43 (34,7% del total), y los que portan tres o más firmas, los cuales son solamente 12 (9,6% sobre el total).

La impresión global que se obtiene al reflexionar en torno a estas cantidades es inequívoca. El área de FT se ha caracterizado por una tendencia al trabajo individual superior a la cualquier otra área en términos comparativos, a la vez que las colaboraciones dobles parecen tener un importante arraigo entre los investigadores teóricos en detrimento de las múltiples, las cuales alcanzan unos niveles inferiores a los observados en las restantes áreas.

Si dicha impresión global es, por tanto, negativa, el hecho queda más acentuado cuando se considera que la FT se desarrolló y forjó en unos años en los que, según vimos anteriormente, ya estaban sólidamente establecidas las colaboraciones dobles y múltiples como norma de trabajo entre los investigadores de la Sociedad. Pero en torno a esta cuestión hay algunas matizaciones -

a hacer, las cuales hacen referencia, especialmente, a la peculiar naturaleza de las investigaciones en FT. En efecto, al tener éstas una componente matemática de primera magnitud, en detrimento de su componente experimental, son unas investigaciones poco propicias al trabajo de equipo más allá de la pura labor de dirección maestro-discípulo, aunque la existencia de dicho proceso y el enorme volumen de cálculo a realizar en muchas ocasiones tienden a potenciar las colaboraciones dobles especialmente.

Cuando se estudia el fenómeno de la tendencia al trabajo en equipo bajo una perspectiva de evolución anual (ver Tabla 207), se obtienen algunos datos al menos dignos de mención. La potencia cuantitativa de lo individual queda patente a lo largo de toda la época, incluso en esos primeros años en los que la producción alcanzaba cotas irrelevantes. Los trabajos con dos firmas, el primero de los cuales es de 1955, parecen asentarse a partir de 1959, en tanto que los de colaboración múltiple lo hacen justo diez años más tarde, ya en el quinquenio final de la época, apareciendo el primero de ellos en 1962, lo cual es bastante significativo.

Trasladándonos ahora a una perspectiva de evolución quinquenal, ya sea bajo cifras absolutas (ver Tabla 208) o en términos porcentuales (ver Tabla 209, Grá-

fica 90), se obtiene un panorama algo más clarificado, - del cual, eso sí, rechazaremos la información correspondiente a los tres quinquenios iniciales, pues el escasísimo número de trabajos en ellos producido provoca una - muy fuerte distorsión de los pesos porcentuales. Nuestro origen de trabajo será, entonces, el año 1955.

La situación a reflejar puede ser perfecta--/ mente descrita mediante dos etapas. La primera abarcaría los dos quinquenios del período 1955-1964, y en ella se/ observa un predominio total de los trabajos individuales, los cuales rebasan siempre la cota del 70%, llegando has/ ta superar el 80% en tendencia creciente, los artículos/ realizados en equipo quedan, entonces, muy por bajo. El/ segundo de los dos quinquenios aludidos presenta la inno/ vación positiva de que hacen en él su aparición los artí/ culos en colaboración múltiple, pero esta circunstancia/ queda bastante minimizada por el fuerte descenso que se/ aprecia en los de dos autores, los cuales bajan su peso - porcentual en más de la mitad.

Una segunda etapa sería la correspondiente al período 1965-75, y en ella cambia notablemente el perfil de la tendencia al trabajo en equipo. A lo largo de esos años los trabajos individuales experimentan una continua y sensible baja en su nivel porcentual, el cual llega a/ ser al final de la época tan sólo de un 34,7%. Contrariau

mente, los realizados en colaboración suben en forma ostensible. En concreto, los firmados por dos autores llegan a elevar su cota porcentual hasta el 46,9% y los firmados por tres o más lo hacen hasta el 18,4%. Circunstancia esta última que se viene a dar justo en el quinquenio final de la época (1970-75), en el cual se detecta, por primera y única vez, desde la terminación de la guerra, una prepotencia del trabajo en equipo, considerado en su conjunto, frente al individual, para nuestra área de FT. Como vemos, la evolución quinquenal ha matizado de forma importante nuestras primeras afirmaciones pesimistas ante las cifras globales. Ciertamente que en FT la individualidad ha dominado, pero la tendencia evolutiva parece apuntar claramente en la dirección de superar esta circunstancia.

Para nuestra área en cuestión, y en contra de lo observado en otras, parece como si la tendencia a aumentar las colaboraciones hubiera incidido positivamente en el ritmo de producción de artículos. Basta para avalar esto el superponer las dos evoluciones quinquenales que hemos diseñado para uno y otro de estos dos indicadores bibliométricos. El paralelismo, salvo matices, es más que evidente.

#### 4.7.3. Procedencia institucional de los artículos

Al igual que ha ocurrido en otras dos áreas - anteriormente estudiadas, la de Física Nuclear y la de Electricidad-Magnetismo, al observar la procedencia institucional de los artículos de FT destaca como primera impresión el hecho de que han sido canalizados, en su gran mayoría a través de tres instituciones, el CSIC, la Universidad y la Junta de Energía Nuclear (JEN), apareciendo junto a ellas otro buen plantel cuya influencia ha sido, en este terreno que ahora estudiamos, notablemente menor.

Tomando en consideración las opciones múltiples que ofrece la clasificación de artículos con arreglo a la procedencia institucional, nos encontramos con que el CSIC recoge 17 opciones, lo que supone un 11,9% del total de las mismas, le sigue, según orden creciente de influencia la JEN, con un total de 38 opciones y un 26,7% de peso porcentual, en tanto que la Universidad se manifiesta como la institución más dominante, abarcando 74 opciones y un 52,1%. Las instituciones diversas recogen el restante 14,3%.

En las investigaciones teóricas la acción de la JEN es canalizada a través de su división de Física Teórica y Cálculo de Reactores. Por lo que respecta a las Universidades, las más destacadas han sido las de Va

lencia, Barcelona, Valladolid y Sevilla, aunque haya habido varias más. Los equipos de investigación de las mismas quedan coordinados a nivel institucional, ya bien -/ avanzada la época, mediante el llamado Grupo Interuniversitario de Física Teórica (GIFT), institución que desempeña un notable papel sobre todo en la fase final de la época.

La evolución quinquenal de la procedencia - / institucional de la producción en FT, tanto cuando se -/ aborda mediante cifras absolutas como, sobre todo, cuando se hace mediante el análisis de los porcentajes correspondientes (ver Tablas 210 y 211; Gráfica 91), arroja un panorama bastante ilustrativo, del cual eliminaremos los tres primeros quinquenios por las razones aducidas - en el apartado anterior. Los veinte años restantes pueden ser desglosados en tres etapas bien diferenciadas.

La primera etapa se correspondería con un - / único quinquenio, el de 1955-59, en el cual la JEN se manifiesta como la institución de máxima relevancia al - / abarcar por sí sola más de la mitad de las opciones - -/ (54,5%), le sigue el CSIC superando la cuarta parte de las mismas (27,3%), en tanto que la Universidad se coloca en un nivel porcentual significativo pero ostensiblemente distanciado de los otros dos (18,2%). Situación de partida que, como vemos, es altamente diferente a la re-

flejada en las cifras globales.

Una segunda etapa sería la asimilable a los dos períodos quinquenales siguientes (años sesenta), y en ella la tendencia general sufre un cambio importante. Durante esos diez años se asiste a un fortísimo ascenso/ en el peso porcentual correspondiente a los centros universitarios, que al final de esa década se sitúa en --/ 63,3%, convirtiendo a estos en la institución clave de/ la producción de artículos, para las otras dos, el CSIC/ y la JEN, se aprecia un descenso importante y simultáneo, más acusado en la primera de ellas que baja su nivel de/ significación hasta un 10,2%, en tanto que la segunda lo hace hasta 16,3%.

El quinquenio final de la época, correspon--/ diente a los años setenta, es el asimilable a la tercera etapa, en la que se aprecia una baja en el nivel porcentual de la Universidad aunque no demasiado acusada (de - unos nueve puntos), un nuevo descenso ostensible del - / CSIC, el cual situándose por bajo del 5% parece haber -/ perdido toda su pasada influencia en las investigaciones teóricas, y una sensible recuperación de la JEN que prácticamente dobra su peso porcentual.

Combinando la información que hemos ido elabo rando en los tres apartados hasta ahora tratados, pode-/ mos esbozar un primer esquema interpretativo global de -

la evolución del área de FT. Tras los primeros quince -/  
años en los que nuestra área es prácticamente un tema de  
investigación esporádico e irrelevante en el seno de la/  
Sociedad, se entra en un período de diez años (1955-64)/  
en el que comienzan a dejarse sentir las cotas producti-  
vas del área, dicho período viene, asimismo, asociado a/  
un claro predominio del trabajo individual y un cierto -  
confusionismo en la procedencia institucional de la pro-  
ducción, cuestión ésta en la que, con arreglo a lo ex--/  
puesto en el presente apartado, parecen haber varios - /  
equipos de trabajo en instituciones distintas sin que -/  
ninguno prevalezca notablemente sobre los demás. Pasada/  
ya esta etapa se entra en una nueva, correspondiente a -  
los diez años finales de la época, en la que el impulso/  
experimentado por los trabajos en equipo y la decanta--/  
ción de los centros universitarios como canalizadores bá-  
sicos de la procedencia institucional, parece ser indica-  
tivo de que por fin se han conseguido unas escuelas de -  
investigación estables de FT, las cuales por sí mismas y  
apoyadas por otras que posiblemente estuvieran forjándo-  
se en esa década final como reflejo de las primeras, pro-  
vocan el espectacular alza del número de artículos detec-  
tado en esos años.

#### 4.7.4. Autores

##### a) Distribución artículos-autor

Tras la aportación y elaboración de las cifras absolutas correspondientes a esta área de FT (ver Tabla-212) y su acumulación porcentual pertinente (ver Tabla -213, Gráfica 92), se obtienen unas cifras globales un -/ tanto distantes de las correspondientes el total de la - Sociedad, pero que no por ello dejan de ser claramente - significativas. En concreto, vemos como el 25% de los -/ autores de mayor producción llevan a cabo un 54,9% de -/ los artículos, en tanto que el 10% de aquellos producen/ el 36,8% de éstos y el 5% y 2% de autores más prolíficos son responsables, respectivamente, del 24,7% y 12,6% de/ la producción.

Pese al escaso número de años que las investi- gaciones teóricas llevaban asomándose a los Anales, da - la impresión de que han conseguido un aceptable grado de institucionalización a juzgar por los porcentajes ante- / riores. Impresión ésta que se ve reforzada al observar - que el modelo teórico de Lotka describe bien los datos - encontrados para FT, al obtener tras el ajuste pertinen- te la ley (ver Tabla 214, Gráfica 93):

$$A(n) = 55,8125 \cdot n^{-1,682}$$

cuyo exponente se aproxima relativamente al valor "-2",/ aunque las varianzas encontradas no sean despreciable.

Cuando se concreta más en esta contrastación, revisando al respecto individualmente las frecuencias, - vemos como la máxima discrepancia entre lo teórico y lo/ observado viene a darse en los autores más prolíficos, - de los cuales aparece un mayor número del esperado. Posiblemente la razón de ello sea achacable a causas púramente técnicas, pues como ya tuvimos ocasión de comprobar - en su momento, los máximos autores de FT publicaban mu-cho en el extranjero, ello puede inducir a que tengamos/ que considerar como autores prolíficos, en términos pro-porcionales, a varios de ellos cuyo número de artículos/ es relativamente escaso.

También el modelo de Rao podría ser utilizado en la presente área como expresión ajustable a nuestros/ datos observados, pues se obtiene para los mismos:

$$X^2 = 2,07088$$

y como es bien sabido, para el caso de los tres grados - de libertad correspondientes a los datos de este área:

$$P(X^2 \leq 7,81) = 0,95$$

lo que nos permitiría aceptar, con un nivel de significaca

ción del 5% la validez de la expresión:

$$A(r) = 92 \cdot P(r) = 9,548585 \cdot \frac{\Gamma(r-0,644455)}{\Gamma(r)} \cdot (0,543266)^{r-1}$$

como ley válida para describir la relación artículos-autor. Al comparar las frecuencias teóricas y observadas - una a una (ver Tabla 215) se recibe la misma impresión - que antes, aparecen mayores discrepancias al referirse a los productores prolíficos.

En definitiva, tanto con un modelo como con otro, parece quedar claro que las investigaciones teóricas, pese a su tardío surgimiento, al final de la época/ parecían haber alcanzado, o al menos estaban en claras - vías de ello, un buen nivel de institucionalización.

b) Clasificación e identificación de productores

Ajustándonos al índice de productividad -/ repetidamente manejado en capítulos y apartados anteriores, la distribución que se observa para los autores de/ FT (ver Tabla 216) es sensiblemente distinta a la encontrada en su momento para el total de la Sociedad. Así, - vemos como el área de FT no aporta ningún gran productor y los medianos productores suponen en ella un 3,6% del - total de autores del área, cifra que se aparta notable-/

mente del 6,7% correspondiente a la Sociedad. Los pequeños productores, considerados inicialmente en su conjunto, suponen para FT el 96,4%, cifra cercana al 92,4% del total, pero cuando desglosamos esta categoría en bajos y muy bajos productores, las diferencias sólidas entre el área y el global de la Sociedad vuelven a reproducirse. / Para bajos productores el porcentaje de FT es inferior al total (14,3% frente a 18,1%), dándose una tendencia contraria para muy bajos productores (82,1% frente a 74,3% respectivamente).

Todas las cifras anteriores nos hacen ver claramente que la aportación del área de FT al conjunto total de productores de la Sociedad, ha estado volcada en las categorías inferiores de productividad, si bien este dato es menos significativo que las restantes áreas por dos razones. De un lado, tenemos el tardío implantamiento de las investigaciones teóricas, lo que hace que los máximos investigadores de FT hayan dispuesto de un menor número de años para desplegar su labor con relación a los de las demás áreas. De otro, la naturaleza específica de las investigaciones en este campo, cuyo período de elaboración suele ser notablemente superior, en general, al de las experimentales.

Entrando ya en la identificación y caracterización de los productores más relevantes del área (ver -

Tabla 217), observamos como los dos máximos productores/son P. Pascual y A. Galindo, los cuales quedaban incluidos en su momento entre los de mayor relevancia de la Sociedad. Como es sabido, ambos distribuyen su producción/entre 1959 y 1972. Acompañan a esta pareja un total de -ocho autores, todos ellos incluidos en la categoría de -pequeños productores. Entre los mismos hay tres, L. M. -Garrido, F. García Moliner y P. Olijynchenko que concentran su producción en Anales entre finales de los cin--/cuenta y mediados de los sesenta, en tanto que los cinco restantes, J. L. Sánchez Gómez, E. Santos, J. J. Brey, -Juan de la Rubia y A. Tiemblo, no inician sus publicaciones en la revista de la Sociedad hasta 1968, estando todos en plena producción al final de la época.

Combinando la distribución cronológica de cada uno de los autores citados con la cuantía de la mis-/ma, parece lógico suponer que los tres citados en primer lugar hayan podido constituir el equipo forjador de las/investigaciones teóricas entre 1955 y 1964. Independientemente de esto, el hecho de que los dos máximos productores y cinco de los restantes estuvieran a plena producción al término de la época, confiere al área de FT unas perspectivas de futuro altamente positivas. Finalizare-/mos reflejando la fuerte especialización que se observa/en los investigadores de esta área, cuyas incursiones en

otros campos de trabajo son prácticamente inexistentes, / y cuando se dan casi siempre van dirigidas hacia Matemáticas.

#### 4.7.5. Referencias bibliográficas

##### a) Cuantificación y obsolescencia

Iniciaremos este apartado con la evaluación - del número de artículos portadores de referencias, los - cuales ascienden a 52 de un total de 55 muestreados para esta área, lo que arroja un peso porcentual de 96,4% de / trabajos con bibliografía. Este detalle, aparte de ser - síntoma positivo en cuanto a la calidad de la producción en FT, minimiza la importancia que pudieran tener las - / distribuciones anual y quinquenal del fenómeno que estudiamos (ver Tablas 218 y 219) de las cuales la informa- / ción más útil es la que se refiere al grado de representatividad de cada quinquenio a la hora de extraer otro - tipo de informaciones. Así, vemos como para los tres pri- / meros quinquenios se ha muestreado, en base a los criterios que en su momento se expusieron al respecto, tan - / sólo un artículo, lo que los excluye automáticamente a - partir de ahora de nuestros comentarios y conclusiones - en lo que resta de apartado. El quinquenio siguiente - / (1955-59), abarca sólo cuatro artículos, uno por ba- / jo de la cota de 5 que hemos aplicado en las áreas ante-

riores para estimar representativo a un período quinquenal, pero en ésta en particular, dada su proporcional es casez de artículos y la especial significación de dicho / quinquenio según lo visto hasta ahora, no rechazaremos - sistemáticamente la información que provenga de él, aunque sí la iremos matizando adecuadamente. Los tres res- / tantes períodos quinquenales son claramente significati- vos.

Pasando ahora al volumen de referencias, tanto en su distribución anual y quinquenal (ver Tablas - / 220 y 221) como en su relación con el número de artícu- / los (ver Tabla 222, Gráfica 9<sup>1</sup>), observamos un comporta- miento perfectamente definido. Si a lo largo de toda la / época se han rendido en los artículos un total de 550 re ferencias y ello ofrece una media de 10 referencias/artí- culo, dicho promedio ha sido mantenido con una regulari- dad bastante notable a lo largo de todos los quinquenios, entre los que sólo destaca una pequeña anomalía como es / la baja a 7,7 de promedio en el período 1965-69. Por - / otro lado, el valor global de "10" destaca un tanto so- / bre los observados para otras de las áreas estudiadas. - Las investigaciones teóricas, tal vez por haberse desa- / rrollado en la fase segunda de la época, se nos muestran como abundantemente documentadas.

Para profundizar en el fenómeno de surgimien-

to y consolidación de escuelas de investigación dentro - del área vamos a estudiar, como siempre, el porcentaje - que representan las autorreferencias con respecto al to- tal de las referencias en su evolución quinquenal (ver - Tabla 221, Gráfica 96) y el número de autorreferencias - por artículo bajo igual perspectiva cronológica (ver Ta- bla 222, Gráfica 95). De ambos indicadores bibliométrí- cos se obtiene, en nuestro caso, una información bastan- te similar.

Ateniéndonos de momento exclusivamente a las/ cifras, vemos como el porcentaje de autorreferencias to- ma un valor excepcionalmente alto en nuestro quinquenio/ de partida (1955-59), situándose en casi el 14%, para ba- jar notablemente en el siguiente a 5,3% y mantenerse en/ esa cota un nuevo período quinquenal, si bien cuando nos adentramos en el quinquenio final de la época se detecta una suave baja de algo más de un punto. Por lo que res-/ pecta al número de autorreferencias/artículo también ob- servamos un alto valor de partida en el período 1955-59, concretamente 1,3, que baja a 0,5 en el quinquenio si-// guiente y se mantiene casi rigurosamente en los dos res- tantes.

Los altos valores encontrados en el quinqu-// nio de partida, si bien es de suponer que han sido dis-// torsionados en su cuantía absoluta por el escaso número/

de artículos muestreados, no por ello dejan de ser indicativos de un proceso de forjamiento de escuelas investigativas durante esos años, aunque dicho proceso, como nos hacen ver las cifras de los quinquenios siguientes, no sea tan espectacular como indican los valores iniciales. Asimismo, son de destacar la notable regularidad de las cifras en unos valores discretos, lo que nos hace ver -/ que esas escuelas investigativas han arraigado, y la leve baja del quinquenio final podría venir asociada a la aparición de nuevas escuelas o a un reajuste interno de los contenidos temáticos, si bien la escasa magnitud numérica del proceso de baja indicaría que cualquiera de estas dos posibilidades que se hubiera dado estaría en ciernes.

Dirigiendo, finalmente, nuestra atención al índice de obsolescencia de las referencias bajo una perspectiva de evolución quinquenal (ver Tabla 223, Gráfica/97), si marginamos de ella la información del quinquenio 1955-59, nos encontramos con una disminución continuada/ en el mismo, desde el valor 13,4 al de 6,1, lo cual nos indica claramente que las investigaciones teóricas han seguido un proceso de actualización creciente conforme avanzaba la época. De nuevo un indicador de calidad muestra una evolución netamente positiva en el caso de FT, - área que, en su conjunto, ha ofrecido hasta ahora una -/

buena estructuración desde la perspectiva bibliométrica. No cabe duda que en esta cuestión debe haber influido -/ notablemente su tardío surgimiento, circunstancia que ha provocado un desarrollo del área a lo largo de unos años en los que la investigación científica estaba mejor es-/ estructurada a nivel estatal que en la postguerra cercana/ y media, ello, sin embargo, nos está obligando a desen-/ volvernos en una perspectiva cronológica un tanto exigua.

#### b) Distribución idiomática

Al analizar el idioma correspondiente a todas y cada una de las 550 referencias bibliográficas del área de FT nos encontramos con una distribución global fuertemente polarizada. Un total de 384 de las mismas (69,8%), corresponden al inglés, los otros tres idiomas que normalmente hemos venido explicitando, francés, español y alemán, reciben cantidades mucho más reducidas, respectivamente 25 (4,6%), 38 (6,9%) y 42 (7,6%), en tanto que la opción genérica de "otras lenguas" recibe una cantidad - algo mayor, 61 (11,1%).

La absoluta prepotencia del inglés no es de - extrañar, máxime teniendo en cuenta, una vez más, los -/ años a lo largo de los cuales se desarrolló la presente/ área. De las cifras restantes tal vez lo más significativo sea la exigua cota recibida por el español y la rela-

tivamente alta asignada a las lenguas diversas, circunstancia esta última que requiere una aclaración, la mayor parte de las referencias asimilables a ese apartado no es que correspondan a idiomas más o menos exóticos sino/ que han sido canalizadas a través de revistas normalmente muy prestigiadas pero en las que no existe una lengua predominante, son las que en su momento llamábamos "revistas eclécticas".

La absorción que protagoniza el idioma inglés en nuestra área hace poco propicio el extraer conclusiones notables de la evolución anual y quinquenal de la distribución idiomática de las referencias, la cual ha sido de todos modos estudiada en términos absolutos (ver Tablas 224 y 225) y porcentuales (ver Tabla 226, Gráfica 98). De la misma eliminaremos la información referente al quinquenio 1955-59, tomando, entonces, el siguiente como origen de trabajo.

Podemos observar a este tenor como el inglés arranca de ya de una cota muy alta, cercana al 50%, y experimenta una potente y rápida subida hasta casi el 84%. Francés y alemán siguen una evolución muy similar entre sí, parten de unas cotas no desdeñables en el período 1960-64, relativamente cercanas al 10% y bajan fortísimamente en los dos quinquenios finales hasta hacerse irrelevantes (3% ó menos). El español sigue un ca-

mino muy parecido al de los dos últimos idiomas citados, pero la tendencia que se aprecia en él es bastante más acusada, pues baja desde una cota levemente superior al 20% hasta el casi inapreciable 1,8% del quinquenio final.

Como ya hemos indicado antes, el abrumador dominio del inglés y la escasa influencia del francés y -/ alemán podría, perfectamente, venir asociada al hecho de que, cuando se desarrolla la FT, nuestro país está ya a nivel económico y político bajo influencia norteamericana, pero la evolución del español no es tan clara. Si -/ nos atenemos a las cifras vemos que es ésta la única - / área en la que no hay paralelismo entre el porcentaje de referencias españolas y el de autorreferencias en gene- / ral. Esto indicaría que, posiblemente, ha habido una tendencia a publicar en el extranjero por parte de los físicos teóricos mucho más acusada que en los investigadores de las áreas restantes, cosa además que ya barruntábamos cuando se estudió en "impacto".

#### 4.8. Análisis factorial conjunto de las grandes áreas de investigación

Tras haber llevado a cabo un análisis bibliométrico exhaustivo de todas y cada una de las grandes áreas de investigación, vamos a intentar en el presente apartado llevar a la práctica una integración de los resultados parciales que hemos ido obteniendo anteriormente, y ello con el objeto de conseguir tanto una caracterización global de las distintas áreas, como una clasificación de las mismas según su afinidad respecto a los valores tomados por las principales magnitudes bibliométricas que hemos ido estudiando.

Un objetivo de la naturaleza del presente no puede ser atacado rigurosamente si no es mediante la utilización de técnicas estadísticas complejas. Entre las diversas existentes para ello, nos ha parecido la más indicada el análisis factorial, cuyos fundamentos metodológicos expusimos en capítulos anteriores detalladamente. Ahora nos limitaremos a aplicar todo aquello a los datos concretos que hemos ido aportando.

A tal respecto, la primera cuestión a plantearnos es, indiscutiblemente, la elección de las variables de nuestro problema. Parece lógico el considerar de entrada como tales aquellos indicadores bibliométricos que

hayan demostrado en apartados anteriores tener una potente capacidad interpretativa, y así lo haremos, pero asi-mismo podría ser interesante el ampliarlos con nuevos indicadores que sean combinaciones sencillas de otros ya -manejados y que puedan aportar nuevos matices al estudio que vamos a realizar.

Nuestra elección se centra según ésto, en un/total de veinte variables (ver Tabla 227), las cuales -/clasificaríamos inicialmente en dos grandes grupos, las/destinadas a medir la institucionalización de la produc-ción científica en cada área, (Porcentuación de la cuan--/tía de artículos, trabajos en equipo, autorreferencias,/referencias en español y artículos realizados en las instituciones clave, así como los parámetros de la ley de -Lotka) y las destinadas a caracterizar cuantitativa y -/cualitativamente a dicha producción (relaciones artícu--/los/autor y referencias/artículo, número de líneas de investigación y de quinquenios con producción significati-va, índices de impacto, obsolescencia y productividad de los autores relevantes y porcentuaciones sobre los artí-culos portadores de referencias, los merecedores de ci--/tas en el SGI y cuantía de productores prolíficos); tal/vez la ubicación de las variables en uno u otro grupo -/sea más bien convencional, pero el desarrollo del análi-sis factorial se encargará de reajustar esta clasifica--/ción en forma más precisa y objetiva.

La recopilación de los valores tomados por esas veinte variables en todas y cada una de las seis áreas fundamentales de investigación, da lugar a una matriz inicial de datos (6 x 20) (ver Tabla 228), de la cual, y previa informatización la totalidad del proceso, se genera la matriz de correlación de variables, todo ello según las pautas generales que marcábamos en su momento como pasos esenciales de cualquier análisis factorial.

Tras el cálculo de los autovalores y autovectores de la matriz de correlación, siguiendo el criterio usual de rechazar aquellos autovectores cuyo autovalor correspondiente no supere la unidad, nos encontramos con que en nuestro caso hay que considerar un conjunto de cinco factores (ver Tabla 229). Refiriendo, a continuación, a ellos las variables obtendremos la matriz variables-factores (6 x 20), la cual, una vez rotada adecuadamente al objeto de completar el proceso de absorción de varianza, da lugar a la matriz rotada de factores (6 x x 20) (ver Tabla 230), que será la que nos sirva de base para conseguir una interpretación conceptual de los factores.

Al objeto de estructurar ordenadamente dicha interpretación, vamos a ir destacando en cada uno de los cinco factores las variables que presentan una mayor con

tribución cuantitativa al mismo tanto positiva como negativa, indicando a continuación cuál habría de ser en consecuencia la interpretación de ese factor y la utilidad/ que el mismo pueda presentar en el conjunto de nuestro estudio, a la vez que, de esta forma habremos decando -/ cuáles eran las variables que son auténticamente útiles/ a la hora de caracterizar globalmente a las distintas -/ áreas de investigación.

Así, vemos como en el factor 1 ( $F_1$ ), intervienen fundamentalmente las siguientes variables (ver Tabla ):

- $X_1$  : porcentaje de artículos (0.72)
- $X_3$  : " trabajos en equipo (0.82)
- $X_4$  : " colaboraciones múltiples (0.89)
- $X_8$  : " productores relevantes (0.91)
- $X_9$  : Promedio índice productividad de los cinco máximos productores (0.91)
- $X_{13}$  : Porcentaje artículos citados en el SCI (0.67)
- $X_{17}$  : Relación autorreferencias/artículo (0.63)
- $X_{18}$  : Porcentaje de autorreferencias
- $X_{19}$  : " referencias en español

Este factor  $F_1$ , que por ser el eje principal del proceso de absorción de varianza es siempre el más -

importante, parece venir caracterizado básicamente por - variables indicativas del grado de institucionalización/ que alcanzan las investigaciones del área que en cada momento se considere, tanto desde el punto del estilo de - trabajo ( $X_3$  y  $X_4$ ), como desde el de asentamiento de es - cuelas investigativas ( $X_{17}$ ,  $X_{18}$  y  $X_{19}$ ), como desde el de acaparación de la producción cuantitativa y cualitativ - vamente ( $X_1$ ,  $X_8$ ,  $X_9$  y  $X_{13}$ ). Por tanto,  $F_1$  nos medir - rá la magnitud de la institucionalización que alcanzan - las investigaciones del área en cuestión.

Pasando ahora al factor 2 ( $F_2$ ), nos encontram - mos con que en él tienen un papel destacado las variables:

- $X_5$  : Porcentaje artículos realizados en CSIC (0.87)
- $X_{12}$  : Número líneas investigación (0.88)
- $X_6$  : Porcentaje artículos realizados en la Universidad (-0.90)
- $X_7$  : Porcentaje de artículos portadores de referencias (-0.74)

A tenor de lo cual el factor  $F_2$  parece ser - básicamente indicativo de la procedencia institucional - de la producción, pues las dos variables no asimilables/ a ello ( $X_{12}$  y  $X_7$ ) presentan un significado nada homo- - géneo entre sí. No parece, por tanto, éste un factor es- - pecialmente importante a la hora de las conclusiones fi-

nales del análisis factorial, dado que la procedencia -/ institucional ya fue integrada en su momento para el con junto de todas las áreas.

Por lo que respecta al factor 3 ( $F_3$ ), cabe -/ destacar como principales variables contribuyentes al -/ mismo las siguientes:

- $X_2$  : Número de quinquenios significativos (-0.69)
- $X_{10}$  : Pendiente de la expresión de Lotka (-0.73)
- $X_{20}$  : Índice de obsolescencia (-0.92)

Ello parece indicarnos que este factor tiene/ su importancia pese al exiguo número de variables que lo conforman. El  $F_3$  vendría a medirnos la potencia (combi- nación de  $X_2$  y  $X_{10}$ ) y grado de obsolescencia ( $X_{20}$ ) - de la producción.

Pasando ahora al factor 4 ( $F_4$ ), vemos que las principales variables del mismo son:

- $X_{13}$  : Porcentaje de artículos citados en el SCI (0.69)
- $X_{14}$  : Índice de impacto del máximo productor (0.97)
- $X_{16}$  : Relación referencias/artículo (0.88)
- $X_{17}$  : Relación autorreferencias artículo (0.69)

En base a lo cual cabría interpretar  $F_4$  como medidor del impacto de la producción ( $X_{13}$  y  $X_{14}$ ) y de la base documental de la misma ( $X_{16}$  y  $X_{17}$ ), lo que le da también un grado de importancia nada desdeñable en el conjunto total de nuestro estudio.

Finalmente, centraremos nuestra atención en el factor 5 ( $F_5$ ), para el que cabe señalar como variables fundamentales:

- $X_2$  : Número quinquenios significativos (0.67)
- $X_{11}$  : Ordenada en el origen de la expresión de Lotka (0.95)
- $X_7$  : Relación artículos/autor (-0.66)

El significado de las mismas no es muy operativo, pues nos encontramos con mensaje puramente complementarias veces (caso de  $X_{11}$ ), y repetitivo en otras ( $X_2$  y  $X_7$ ) que irían en la dirección, ya apuntada en  $F_3$ , sobre la potencia de la producción. A consecuencia de todo ello no tomaremos en consideración este último factor en el resto del estudio, centrándonos exclusivamente en los cuatro primeros.

Una vez terminada la interpretación de los factores estamos ya en condiciones de abordar la última fase, la verdaderamente fundamental, del análisis facto-

rial , cual es referir los casos (áreas de investigación) a los factores e interpretar el resultado obtenido. En nuestro caso particular la referencia antes señalada nos lleva a la matriz de casos-factores (6 x 5) (ver Tabla - 231), la cual al tener una representación gráfica completa en un espacio pentadimensional nos obliga a analizarla gráficamente mediante la proyección de la nube de puntos que representa a los distintos planos determinados por todas las parejas posibles de factores. A partir de ellas será posible el ir extrayendo las conclusiones básicas del análisis factorial (ver Gráficas correlativas/ de la 99 a la 104).

El estudio detallado de dichas gráficas nos lleva a ver, aunque esta apreciación tenga un cierto grado de inevitable subjetividad, que el área 5 (FN) aparece siempre muy próxima al factor 1 en relación con las demás, lo cual viene a indicarnos que es ese factor el auténticamente discriminador de dicha área de las restantes, cuando se toman en consideración conjuntamente las principales magnitudes bibliométricas. Esta circunstancia no tiene nada de extraño pues tuvimos ocasión de ver como la FN acaparaba la casi totalidad de los grandes productores y la mayor parte de la producción total de la Sociedad, por lo que su característica diferenciadora es precisamente el grado de institucionalización.

Asimismo, puede verse como las áreas 3 y 6 -/ (EM y FT respectivamente) son discriminadas de las demás esencialmente por los factores  $F_3$  y  $F_4$ , lo que nos - / obliga a destacar tres cuestiones ya reflejadas en el -/ análisis bibliométrico de estas áreas pero que ahora toman una especial relevancia, como era el que ambas áreas presentaban unas pendientes muy similares en el modelo de Lotka, tenían unos índices de obsolescencia bastante - / cercanos y no se diferenciaban excesivamente en el estudio de las relaciones número de referencias/artículo y - número de autorreferencias/artículo, así como se apreciaba en ambas una escasísima entidad en los indicadores de impacto. Constituyendo estas magnitudes un eje que acabamos de ver , une entre sí a estas dos áreas como portadoras de una potencia de producción y un impacto singularmente diferente a la de las restantes. La única contra-/ dicción a reflejar en este terreno sería la fuerte disparidad que se observa al considerar el número de quinquenios de producción significativa en ambas áreas.

Análogamente, es de notar como las áreas 1, - 2 y 4 (respectivamente, OPT, CFS y QF) quedan separadas de las demás en exclusiva por el factor  $F_3$  , aunque de - una manera menos clara que en el caso anterior. A este - respecto, podría ser útil recordar que consideradas dos/ a dos entre estas tres áreas, se daban notables coinci-/

dencias en los indicadores de potencia de producción. - / Así las de QF y CFS mostraban un comportamiento muy homogéneo tanto en la relación referencias/artículo como en la de autorreferencias/artículo, en tanto que OPT y CFS/ se aproximaban en el índice de obsolescencia y las tres/ presentaban, conjuntamente, una distribución de quinquenios significativos muy similar. Sin embargo, cuestión / esta que las diferencia de las áreas de EM y FT, los indicadores de impacto de las tres eran muy distantes.

Pero fuera ya de todas estas conclusiones particulares sobre la caracterización de las áreas por factores concretos, la idea más importante es la que se deriva de reflexionar sobre el conjunto de las seis gráficas simultáneamente. En todas, sin excepción, se aprecia la separación de las áreas en tres grupos, uno constituido en solitario por el área 5 (FN), otro que incluye a las áreas 3 y 6 (EM y FT), y un tercero conformado por las áreas 1, 2 y 4 (OPT, CFS y QF), clasificación ésta que ya había quedado claramente sugerida al establecer la caracterización de las áreas por los factores.

La distribución de los grupos de áreas encierra un detalle a nuestro juicio fundamental: las tres áreas paradigmáticas de las fases de postguerra, media y final de la época, que eran respectivamente las de OPT, FN y FT, aparecen en grupos distintos bajo la consideración de la totalidad de las variables bibliométricas ma-

nejadas en el análisis factorial.

Intentemos profundizar en esta cuestión. Según hemos tenido ocasión de reflejar en capítulos anteriores, el franquismo en general y la Sociedad en particular viven entre 1940 y 1975 tres etapas bien diferenciadas entre sí y bastante coincidentes cronológicamente tanto en uno como en otra. Estas tres etapas eran las de autarquía y aislacionismo, la de apertura al exterior y estabilización y la de desarrollismo y tecnocracia. En cada una de ellas los miembros de la Sociedad desarrollaban preferentemente una de las tres áreas de investigación antes citadas. Pues bien, en base al análisis factorial estamos ahora en condiciones de añadir que, en concordancia con algunas ideas ya apuntadas anteriormente - en este sentido, ese cambio de disciplina científica preferencial va acompañado de una caracterización global - distinta de los indicadores bibliométricos considerados - en su conjunto y bajo el riguroso tamiz de un potente modelo matemático. Es decir, que al pasar de una etapa a la siguiente no solo se asiste a un cambio temático de las investigaciones sino que el mismo viene acompañado por un profundo cambio de estilo en la manera de trabajar de los investigadores. Sencillamente, al cambiar la situación político-económica cambia simultáneamente en su fondo y en su forma la investigación científica. Afir

mación que desde ahora podemos sostener no como un pre-/  
supuesto ideológico nuestro, que nunca ocultamos lo fue,  
sino con las matemáticas en la mano.

v

ANALISIS TEMATICO DE LA PRODUCCION  
EN FISICA

## 5. ANÁLISIS TEMÁTICO DE LA PRODUCCIÓN EN FÍSICA

Una vez terminado el análisis de la producción en Física bajo la perspectiva bibliométrica, labor que - hemos desarrollado tanto a nivel general como por gran- / des áreas de investigación, vamos a ultimar dicho análi- / sis de la producción completándolo con una amplia des- / cripción crítica de los contenidos temáticos.

El mismo será llevado a cabo fundamentalmente a través de las que hemos considerado como grandes áreas, pero también incluirá algunas otras minoritarias por la / especial significación que encierran en el contexto de - la Sociedad y que en su momento iremos explicitando. La / técnica a utilizar fue ampliamente descrita en el capítu / lo dedicado a los aspectos metodológicos, pero conviene / recordar que, en líneas generales, procederemos por divi / siones sucesivas de los artículos conformantes de cada - área, procurando clasificarlos en grupos coherentes cada vez más concretos e intentando seguir siempre la labor - desplegada por los principales equipos de trabajo que - se vayan poniendo de manifiesto.

Al final de cada área de investigación elaboraremos siempre una valoración crítica global, con lo - / que nuestro principal objetivo no será tanto el ofrecer / una relación cronológica y nominal de los logros obteni-

dos, como el analizar las líneas generales seguidas por/  
la producción científica de la Sociedad y su evolución -  
con el tiempo.

### 5.1. Optica

El área cuyo estudio temático iniciamos presenta, según vimos en su momento, una serie de singularidades sociológico-bibliométricas bastante significativas. De entre ellas, nos limitamos a recordar que son las investigaciones sobre este tema las de mayor importancia - cuantitativa de las desarrolladas en Física durante los años inmediatos a la guerra civil, siendo esto ya una - primera razón de peso para realzar la importancia del - estudio de los contenidos del área.

A nivel temático, se incluyen aquí todas aquellas investigaciones que, de una forma u otra, hagan referencia al estudio de la naturaleza, propagación y de la luz, o también, aquellas que tengan como objetivo - central el análisis y mejora de los elementos materiales destinados a la reconstrucción instrumental de imágenes/ exteriores a ellos, elementos éstos que pueden ser corporales (órganos oculares) o artificiales (instrumentos).

De esta definición, y pese a su enorme generalidad, es ya posible intuir las muy diversas aplicaciones, no exclusivamente científicas, que este tipo de investigaciones pueden conllevar. Este hecho, unido al peso específico que tienen en la investigación española algunas de las figuras más descollantes de esta área, son/

nuevas razones para abundar en el interés de la misma.

Como quiera que los artículos conformantes del área ofrecen una gran variedad de contenidos, hemos distinguido cuatro líneas generales de investigación, de de igual peso cuantitativo, pero de clara diferenciación temática. Irán referidas a los aspectos fundamentales de las investigaciones llevadas a cabo, respectivamente, en Optica geométrica, fisiológica, tecnológica y física.

Asimismo, no debe perderse de vista el hecho/ de que este área de investigación , fue trabajada en la/ primera época de la Sociedad, lo cual permitirá una ulterior comparación que podría ser fuente de interesantes - conclusiones. Centrada ya, con ésta y con las anteriores razones aducidas, la significación global de las investi- gaciones en Optica en el contexto general de las lleva- das a cabo en la Sociedad, entremos en el estudio porme- norizado de las mismas.

#### 5.1.1. Líneas de investigación

Una revisión detallada del total de artículos del área, hace ver que, preferentemente, los miembros de la Sociedad que despliegan su labor en estas cuestiones, han dirigido su atención hacia cuatro temas genéricos de investigación. Ellos son, según ya se indicó anteriormen- te, la Optica Geométrica, la Optica Fisiológica, la Opti

ca Tecnológica y la Optica Física, campos globales en -/  
los cuales, dada la gran amplitud de su contenido, habrá  
posteriormente que matizar en detalle los temas que han/  
sido tratados en concreto.

Refiriéndonos de entrada a los valores cuanti-  
tativos globales alcanzados por las cuatro líneas en el/  
conjunto de toda la época, son de resaltar algunas dife-  
rencias. La Optica Geométrica (OG) destaca como la línea  
más preeminente abarcando 65 artículos y un 33,2% del to-  
tal, seguida, a no demasiada distancia, de la Optica Fi-  
siológica (OF), la cual incluye 57 artículos, lo cual re-  
presenta un 29,1%. Ya más distanciada aparece la línea -  
de Optica Tecnológica (OT), a la que corresponden 45 ar-  
tículos, lo que supone un 22,9% del total, siendo la Op-  
tica Física (OF) la línea de menor envergadura, con sólo  
29 artículos y un peso porcentual del 14,8%.

Así pues, se observa una tónica general de -/  
cierto equilibrio entre las investigaciones desarrolla-/  
das en las tres primeras líneas, en tanto que la última/  
aparece como mucho menos trabajada, si bien, dado que en-  
tre la OG y la OT se dan interrelaciones no desprecia--/  
bles, esta primera reflexión global apunta hacia un domi-  
nio de las investigaciones de corte geométrico e instru-  
mental, las cuales vendrían a representar casi el 60% -/  
del total.

Pasando al análisis anual y quinquenal del -/ número de artículos por línea (ver Tablas 232 y 233; Gráfica 105) y la evolución quinquenal de los porcentajes - (ver Tabla 234, Gráfica 106), la situación queda algo -/ más concretada, aunque las diferencias no sean tan acusa das en este terreno como las que se observan en otras -/ áreas. Como advertencia inicial debe señalarse la nula - significación de las cifras correspondientes a los dos - últimos quinquenios, pues en ellos el bajísimo número de artículos del área en su conjunto, distorsiona fuertemen te los porcentajes. Así pues, prescindiremos de ellos en los comentarios al respecto a la vez que, para la inter pretación de este fenómeno, nos remitimos a lo ya expues to en capítulos anteriores.

Refiriéndonos ya a la línea de OG, observamos como tras partir de un buen porcentaje en el primer quin quenio se convierte en la línea más potente en los dos - siguientes, pasados los cuales parece entrar en un claro proceso de baja que al final del quinto quinquenio es ya muy acusado. Queda entonces caracterizada como un tema - de investigación venido a menos y con casi nulas perspec tivas de futuro en el marco de las investigaciones de la Sociedad.

La línea que dijimos presentaba ciertas conco mitancias temáticas con ésta, la de OT, presenta, a su -

vez, un comportamiento parecido aunque algo más irregular. Así, es de observar como tras mantener en los dos primeros quinquenios unas cotas cuantitativas notables, entra a continuación en un proceso de baja, quebrado en el cuarto quinquenio, pero netamente confirmado en el quinto, al final del cual llega a ser la línea menos influyente cuantitativamente.

Revisando entonces lo expuesto para las líneas de OG y OT, puede inferirse claramente un importante de ce n s o al transcurrir del tiempo de las investigaciones de corte instrumental y geométrico, las cuales van siendo marginadas por los miembros de la Sociedad con tanta fuerza como al principio las impulsaron.

Por lo que respecta a la línea de OFL, el panorama es sustancialmente distinto. Tras comenzar de forma un tanto irregular, al pasar de ser la línea más pre mi n e n t e en el primer quinquenio a su baja cota en el segundo, esta línea se sitúa de forma regular en unos val o r e s porcentuales bastante sólidos en los tres quinquenios siguientes, finalizados los cuales aparece como la de mayor envergadura cuantitativa, siendo ésto un claro s i n t o m a de ser un tema de investigación aún bastante atractivo para los investigadores de la Sociedad.

Finalmente, consideraremos la línea de OFS, que es la que presenta unos cambios más llamativos en su

evolución cuantitativa. Prácticamente irrelevante en los tres primeros quinquenios, experimenta un fortísimo impulso en los dos siguientes, hasta el punto de superar - netamente a las de OG y OF, a la vez que se coloca en - los mismos niveles que la OFL. Parece ser pues esta lí-  
nea la más sugestiva para los investigadores de la Socie-  
dad en las últimas décadas de la época, acaparando duran-  
te ellas las cotas más relevantes (174).

#### 5.1.2. Óptica geométrica

Como es bien conocido, esta parte de la Óptica hace referencia a la investigación de las propiedades relativas a la propagación de la luz, haciendo abstracción de su naturaleza.

Los miembros de la Sociedad han trabajado profusamente en este campo genérico de investigación hasta el punto de que, como anteriormente hemos comprobado, es el que alcanza un mayor peso cuantitativo a nivel global. Como es natural, dentro de este tema general las investigaciones han sido concretadas en ciertos capítulos particulares que, a continuación, intentaremos reflejar de la manera más clara posible, al matizar las sublíneas y - / apartados, no siendo viable el hacerlo en una breve apreciación inicial debido a su amplia gama temática.

Las investigaciones sobre estas cuestiones han

sido llevadas a cabo, casi en su totalidad, en dos grandes centros de producción, la Sección de Optica Geométrica del Instituto "Daza de Valdés" (CSIC, Madrid) y en la Sección de Optica del Instituto "Alonso Santa Cruz" - -/ (CSIC, Madrid), aunque esporádicamente puedan detectarse algunos artículos realizados en otras instituciones.

Si bien en cada sublínea irán siendo identificados los autores más significativos, destacan, a nivel/ de toda la línea en su conjunto, los nombres de J. Casas, A. Durán, M. Egües, P. Jiménez-Landi, J. Barcala y C. Morais, algunos de los cuales vimos en su momento tenían - una alta significación en la Sociedad.

El grueso de las investigaciones desarrolla- das en esta línea han sido agrupadas en una primera sublínea titulada Optica Geométrico-instrumental, a la vez/ que considerábamos una segunda que recoge las técnicas - auxiliares de investigación y los aspectos teórico-mate- máticos correspondientes a los métodos usualmente maneja- dos en la primera, de la cual, por tanto, es complementaria. Creemos que, pese al desigual peso cuantitativo de/ ambas sublíneas, la diferenciación cualitativa entre - / ellas es tan sólida, que su tratamiento por separado es- tá de sobra justificado.

En otro orden de cosas, y teniendo en cuenta/ la distribución cronológica correspondiente a esta línea,

no parece arriesgado el afirmar que estas investigaciones son las más representativas de las llevadas a cabo - en el área de Optica durante buena parte de la postguerra.

#### 5.1.2.1. Optica geométrico-instrumental

Agrupamos bajo esta denominación a todo el -/ conjunto de artículos que tiene como objeto principal -/ de su investigación tanto el estudio de las aberraciones en los sistemas ópticos, como la determinación de las -/ condiciones de tolerancia y óptimo rendimiento en el diseño y utilización de los instrumentos ópticos.

Tradicionalmente, las investigaciones en este campo han sido efectuadas mediante la exclusiva utilización de los métodos de naturaleza geométrico-matemática, y en esta forma han sido llevadas a cabo por la gran mayoría de los miembros de la Sociedad, si bien se han hecho algunas incursiones en métodos más originales, como/ sería la utilización de interferómetros.

Atendiendo a criterios de homogeneidad temática, pueden distinguirse cuatro apartados, los cuales, -/ por otra parte, no presentan diferenciaciones importantes a nivel institucional y de autores.

- a) Investigaciones relativas a la corrección simultánea de diversos tipos de aberraciones

Desde un punto de vista general, los artícu-/

los aquí considerados versan en torno a la investigación de las causas, medida, tolerancia y corrección de varias aberraciones simultáneas, geométricas y/o cromáticas. A nivel más particular, han sido tratados los siguientes temas:

- Influencia de la razón de las focales parciales en el estado de corrección de distintos tipos de oculares, en un intento de mejorar el rendimiento del idealizado por Kellner, y el obtenido mediante la rectificación introducida en 1915 por Erfle añadiendo una tercera lente al anterior (175).

- Análisis teórico de la influencia de todas las superficies en varios tipos de aberraciones en sistemas ópticos centrados, con posterior contrastación experimental de las fórmulas obtenidas (176).

- Estudios de tipo general en torno a las leyes de formación de las aberraciones de  $r$ -ésimo orden, con posterior concreción a los órdenes séptimo y noveno (177).

- Investigaciones dispersas sobre temas conexos como máxima tolerancia en las aberraciones de los sistemas ópticos (con rectificación del criterio, generalmente aceptado, de Lord Rayleigh), empleo de superficies esféricas en la corrección de aberraciones, mejoría

de la imagen visual en relación con el poder resolutivo, diseños para la optimización de oculares de dos componentes y otros similares (178).

La labor llevada a cabo en este apartado se plasma en un total de 19 artículos, cuyos autores coinciden plenamente con los considerados al principio como -/ destacados para toda la línea, salvo quizá A. Durán.

b) Investigaciones concretas sobre la aberración esférica

Aunque en algunos casos sean difíciles de distinguir de los considerados en el primer apartado, son - de destacar un total de quince artículos destinados al - estudio monográfico de la aberración esférica, dentro de los cuales pueden encontrarse pequeñas series coherentes de trabajos.

- En colaboración con otros autores, J. Catalá/ publica algunos artículos (179) en los que ofrece la utilización del interferómetro de Ronchi para abordar el estudio de la aberración esférica simple mediante el método de las franjas de sombra, obteniendo unos buenos resultados que posteriormente compara con los obtenidos mediante métodos geométricos. Introduce con ello en España la línea investigadora de la Escuela de Florencia.

- C. Morais y colaboradores aportan unos artícu

los en torno al límite de tolerancia de la aberración esférica admisible para ser compatible con la perfección óptica del aparato, y también algunos estudios sobre la aberración esférica de tercer orden y la utilidad para el análisis de la misma de los sistemas ópticos con cuádricas de revolución (180).

- Debidos a A. Durán y colaboradores son de señalar, asimismo, unos trabajos (181) referentes a la resolución del problema del cálculo de la aberración esférica angular y de la condición de isoplanasia en sistemas telescópicos, concepto éste sobre el que se elabora una posterior generalización.

c) Investigaciones concretas sobre aberraciones/no esféricas

A través de un variado conjunto de autores, entre los cuales C. Morais es el firmante más asiduo, se observan un conjunto de ocho artículos (182) dedicados al estudio monográfico del resto de las aberraciones geométricas y las de tipo cromático.

Entre ellas han sido tratados problemas relativos a la elección de vidrios para la obtención de objetivos apocromáticos (con la elaboración de criterios para la consecución de una buena elección de las lentes), así como otros referentes a la corrección del coma, la -

utilización de esféricas en la corrección del astigmatismo, estudios sobre la minimización de la curvatura de campo en instrumentos binoculares y eliminación de aberraciones en sistemas catadióptricos.

d) Investigaciones sobre análisis instrumental

Si bien es verdad que buena parte de estas investigaciones pueden ser encajadas dentro del tema general de la corrección de aberraciones, no parece ser éste el objetivo central de las mismas. Por contra, van fundamentalmente dirigidas a la determinación de las condiciones de tolerancia de potencia, radios y características de los vidrios en general, de los elementos componentes de sistemas ópticos básicos.

Hemos incluido en este apartado un total de siete artículos (183), uno de ellos relativo al estudio del simplete de dos lentes pegadas y los restantes dirigidos a diversos estudios sobre tripletes. Entre ellos destacan los publicados por el profesor F. Weidert sobre sus sistemas de ecuaciones para anteproyectos paraxiales de tripletes, los cuales son posteriormente prolongados por autores españoles estudiándose la variación de las potencias de la lente del triplete como función del espesor y la relación de dispersión de los vidrios elegidos.

#### 5.1.2.2. Técnicas auxiliares y aspectos teóricos

En correspondencia con el enunciado de la - / sublínea, consideramos aquí aquellos artículos cuya finalidad sea la aportación de técnicas auxiliares, experimentales o de cálculo, que sirvan de apoyo a las investigaciones de tipo general. Asimismo, se incluyen las que - / tratan sobre aspectos teóricos muy concretos que no tengan clara posibilidad de ser incluidos en los apartados / anteriores. Sin embargo, y sobre todo por lo que se re- / fiere a las investigaciones de este último tipo, es preciso advertir que su distinción con las de análisis instrumental es, a veces, dificultosa y un tanto subjetiva. En cualquier caso, dada la escasa entidad cuantitativa - de ambos con relación al total de la línea, un cambio - / de ubicación en alguno de los artículos sería irrelevante en las apreciaciones globales sobre la misma.

Por lo que se refiere a la técnicas auxilia- / res, son de señalar cinco artículos, debidos en buena - / parte a investigadores importantes, que giran en torno a instrumentos de medida, métodos matemáticos para la abre- / viatura de cálculos o la posible adaptación de los mismos a ordenadores, diseños de máquinas para tallado y contras- / te de vidrios (184).

A nivel de estudios teóricos se abordan, en -

forma general, aspectos sobre las condiciones de validez en su aplicación para diversas formulaciones teóricas de la Óptica geométrica y métodos matemáticos para la determinación de elementos básicos en sistemas ópticos cualesquiera.

Concretando más, se abordan problemas como -/ métodos para la determinación de la distancia focal y el mantenimiento de la misma al variar algunas de las condiciones ópticas del sistema, así como otras cuestiones relativas a la propagación de la luz en medios anisótropos (de utilidad en el estudio de la propagación de microondas), límite de la validez de las fórmulas de Seidel en función de la abertura del objetivo, sistemas de doble reflexión y otros temas afines.

Estas investigaciones son recogidas en un conjunto de dieciseis artículos cuyos autores, si bien son/ muy diversos, no por ello dejan de darse entre ellos los nombres más prestigiosos de la línea. Cronológicamente, / estos artículos (185) se extienden incluso hasta mediados los años sesenta, momento en el cual, según se vió, / este tipo de investigaciones parecía ya estar en decadencia.

### 5.1.3. Optica fisiológica

Como es bien conocido, en esta parte de la -/ Optica tienen cabida aquellas investigaciones cuyo objeto fundamental es el estudio del ojo humano como instrumento óptico. Tema general éste que abarca una amplia gama de investigaciones más particulares, a algunas de las cuales, como enseguida habrá ocasión de comprobar, han dedicado sus esfuerzos importantes investigadores de la/ Sociedad.

Institucionalmente, casi todos los trabajos - de esta línea han sido llevados a cabo en la Sección de/ Optica Fisiológica del Instituto de Optica del CSIC - -/ "Daza de Valdés" (Madrid), presentando los mismos una -/ distribución cronológica bastante equilibrada a lo largo de casi toda la época.

A nivel de autores, el peso de estas investiga- ciones bascula en torno a dos figuras centrales, J. Ote- ro y M. Aguilar, si bien junto a ellos firman un amplio/ plantel de investigadores, los cuales, aunque ofrecen -/ una producción cuantitativamente menor, no por ello de-/ jan de tener también una notable importancia. Nos referi- mos a L. Plaza, E. Sauras, M. Gómez, A. Durán, J. Yunta, J. Oliva y otros, que junto a los citados inicialmente - abarcan la casi totalidad de la producción en esta línea.

Del análisis pormenorizado de los artículos - realizados en este terreno se desprende la delimitación/ de tres amplias sublíneas, dedicadas, respectivamente, - al rendimiento óptico del ojo como instrumento, a los defectos de la visión humana y a la elaboración de modelos teóricos sobre la naturaleza de la retina ocular.

#### 5.1.3.1. Rendimiento óptico ocular

Dentro de la consideración del ojo como instrumento óptico, el grupo general de artículos aquí considerado intenta determinar tanto los valores límite de ciertas magnitudes de la visión ocular en diversas condiciones de experimentación, como el mejorar las técnicas necesarias para ello a nivel metodológico e instrumental.

Como norma general, las determinaciones experimentales son llevadas a cabo mediante la utilización - de tests ópticos de diversos tipos, (continuos-discontinuos, simétricos-antisimétricos, etc...), pudiéndose - / distinguir, en mayor grado de matización, cuatro apartados distintos de investigación.

- a) Investigaciones sobre umbralómetros y aspectos de tipo general

Recogemos aquí cinco artículos (186) que giran en torno a la elaboración de umbralómetros destinados, -

fundamentalmente a posteriores investigaciones sobre el rendimiento óptico del ojo a bajas luminosidades, así como a la conveniencia de la utilización de filtros fisiológicos (por su selectiva disminución de las longitudes de onda) frente a los físicos y la influencia del factor fisiológico en el rendimiento de los aparatos.

b) Investigaciones sobre la determinación de valores umbrales

Estos valores umbrales son determinados en -/ visión mono y binocular. Los trabajos dirigidos a este tema, seis en total (187), hacen referencia a cuestiones un tanto diversas: así podemos encontrar artículos dedicados a la influencia del sonido en el umbral absoluto - de recepción óptica (magnitudes para las que se encuentra una dependencia lineal), sobre umbrales estereoscópicos, sobre la determinación de umbrales de visión en test concretos y sobre el cambio de valores umbrales al pasar de la visión mono a la binocular.

c) Investigaciones sobre la dependencia óptica - interocular

Este apartado es el menos trabajado, con tan/ sólo cuatro artículos (188), en los que se trata monográficamente un mismo tema, la influencia del estado de - / adaptación de un ojo en el umbral diferencial del otro, /

dentro del cual se va estudiando tanto la interacción -/  
binocular bajo diversas condiciones, como la incidencia/  
de luces de distinto color y en visión escotópica y me-/  
sópica.

#### d) Investigaciones sobre la agudeza visual

Estas investigaciones son iniciadas en 1943 -  
con algunos artículos en torno al estudio de la agudeza/  
visual bajo la influencia de luces de diversa frecuencia  
y la determinación de sus valores mínimos. Posteriormen-  
te se interpreta el problema de la agudeza visual como -  
un caso particular de umbrales diferenciales y se estu-/  
dia su dependencia con el test empleado, especialmente/  
en lo referente a la influencia sobre el mínimo percepti  
ble del área y forma del mismo. Finalmente, se analiza la  
influencia en el fenómeno de la agudeza de otras cuestion  
es como el color del campo de adaptación, la luminancia  
y la extrafovealidad. Estos trabajos se plasman en ocho/  
artículos (189).

#### 5.1.3.2. Defectos de la visión

Uno de los principales temas de investigación  
dentro del estudio físico global del ojo humano es el -/  
análisis y posible corrección de sus defectos de visión,/  
campo de investigación éste al que han dirigido su aten-

ción importantes miembros de la Sociedad y en el que se han obtenido relevantes resultados.

Las investigaciones en este terreno fueron comenzadas al poco de terminar la guerra, concretamente en 1942 aparecen los primeros artículos al respecto, si bien, y en contra de lo ocurrido en la línea anterior en la que se extendían a lo largo de toda la época, aquí dejan prácticamente de publicarse trabajos sobre el tema a finales de la década de los cincuenta.

La gran mayoría de los artículos están dedicados al estudio de un singular defecto de la visión, la llamada miopía nocturna, descubierta por los propios miembros de la Sociedad e investigada posteriormente en profundidad; en tanto que el total de artículos dedicados a defectos de otro tipo es, aproximadamente, la mitad que el anterior. Esto nos indujo a plantear nuestro análisis mediante dos apartados dedicados, respectivamente, a cada una de las cuestiones antes expuestas.

#### a) Investigaciones sobre la miopía nocturna

El fenómeno de la miopía nocturna, dado a conocer por los investigadores Otero y Durán a principio de los años cuarenta, consiste, en líneas muy generales, en la constatación de que en condiciones de baja iluminación el ojo normal se comporta como un ojo miope de dos/

dioptrías negativas. Independientemente del interés púra-  
mente científico que la investigación del fenómeno pudie-  
ra tener, es evidente que también presentan estas inves-  
tigaciones un matiz práctico, pues al poder ser evitado/  
mediante un cambio de enfoque en instrumentos telescópi-  
cos, puede lograrse un considerable aumento en el rendi-  
miento fotométrico de los mismos.

A raíz de ser dado a conocer este fenómeno en  
los Anales, son varios los autores españoles y extranje-  
ros que se sienten atraídos por el mismo, centrando la -  
atención en su mensuración y, sobre todo, en su posible/  
interpretación. El intercambio subsiguiente de investiga-  
ciones alcanza rápidamente un tono polémico, con artícu-  
los cruzados que se rebaten mutuamente las interpreta--/  
ciones ofrecidas, alcanzando la polémica tonos de cierta  
acritud al entablarse entre algunos autores españoles -/  
(190).

Entre los profesores extranjeros que tercián/  
en la cuestión aparecen figuras tan prestigiosas como -/  
Weidert, Stipa, Kühn, Ronci, Tousey e Ivanoff, los cua-/  
les ofrecen diversas interpretaciones; algunas totalmen-  
te rechazadas por la escuela española, como las debidas/  
a Tousey e Ivanoff, quienes defienden, respectivamente, -  
que se debe exclusivamente a aberraciones o a la conver-  
gencia binocular; y otras parcialmente aceptadas por la/

misma, como la debida a Ronci, para quien la miopía nocturna es debida al efecto Purkinje combinado con la aberración cromática del ojo.

La escuela española defenderá en 1949 que la causa fundamental del fenómeno es la inhibición del poder de acomodación del cristalino al adquirir éste su posición de reposo ante la falta de estímulo luminoso. Si bien, y en otro orden de cosas, no será la interpretación de la miopía nocturna el único objeto de investigación sobre la misma que se detecte en la escuela española, los componentes de la misma, como Plaza, Jiménez-Landi, Cabello, M. Aguilar, Otero Durán y otros, centrarán también su atención en otras cuestiones como la determinación de los valores umbrales de la miopía nocturna, su relación con la agudeza visual, su influencia en el incumplimiento de algunas importantes leyes fotométricas, siendo de señalar también algunas investigaciones relativas al reciclaje de los aparatos telescópicos para la superación de este peculiar defecto en los casos de visión nocturna.

En conjunto llegan a publicarse quince artículos sobre este tema (191), los cuales forman uno de los cuerpos de investigación más claramente coherentes y de más trascendencia exterior de todos los que pueden encontrarse en los Anales durante la segunda época de la Sociedad.

b) Investigaciones sobre otros defectos

Ya con una entidad cuantitativa notablemente menor pueden encontrarse, fundamentalmente a lo largo de los años cincuenta, una serie de artículos destinados al estudio de diversos defectos de la visión ocular distintos al de la miopía nocturna.

Cabe destacar, en este terreno, una serie -/coherente de cinco artículos (192), debidos a M. Aguilar, J. Yunta y colaboradores, en los que se estudia monográficamente el fenómeno del astigmatismo nocturno. Al - -/cual, después de varias investigaciones, se le achaca como causa fundamental el hecho de que la visión nocturna/sea extrafoveal, a la vez que se estudia posteriormente/la influencia de la geometepia de los test en este tipo de investigaciones.

Aparte de lo anterior, son también de señalar cuatro artículos aislados (193), sobre otras cuestiones, como las ametropías nocturnas, la medición de la fatiga/visual, la interdependencia entre la luminiscencia y la/aniseiconía y la comprobación experimental sobre la no -influencia paralizadora de la atropina en el poder de -/acomodación del ojo, resultado éste que, previamente obtenido por Palacios, contradice las opiniones oftalmológicas.

### 5.1.3.3. Modelos retinianos

Desde un punto de vista temático, la investigación en este campo tiene como punto central la elaboración y contrastación de un modelo retiniano concreto propuesto, en sucesivos trabajos, por los investigadores -/ M. Aguilar, J. Oliva y J. Yunta, aunque sobre el tema -/ expuesto firman bastantes autores más, con una produc--/ ción total de diez artículos (194) casi todos en los - / años cincuenta.

Este modelo, tras sufrir algunos retoques sobre su concepción inicial, preconiza la existencia de -/ dos tipos de agrupaciones de fotorreceptores en la retina, dentro de su zona extrafoveal. Un primer tipo es el llamado de agrupaciones primarias de bastones, en las -/ que se da una sumación total de estímulos recibidos, - / existiendo un segundo tipo, las agrupaciones secundarias, en las que no se da esta característica sumatorial. Las/ secundarias se forman bajo la reunión de varias prima--/ rias, actuando las amacrinas como causantes de la liga-/ zón.

Estas ideas iniciales son avaladas experimentalmente y utilizadas con posterioridad para la descripción más detallada o interpretación más sólida de diversos fenómenos de la visión ocular. Así son tratados bajo este prisma problemas de interrelación entre las áreas -

de un test y los umbrales absolutos de visión, los valores de la agudeza visual, en diversos estados de adaptación para que los valores de las magnitudes anteriores - puedan ser tomados como absolutos e independientes de -/ las dimensiones del campo y otros temas parecidos. Como/ es natural también se abunda en el tema de mayor profun- dización en el conocimiento del modelo inicial, ahondan- do en la forma y distribución de las unidades sensoria- les en la perifovea, parafovea y extrafovea. En los artí- culos iniciales se llega a criticar algunas concepciones cuánticas de los problemas de la visión.

#### 5.1.4. Optica tecnológica

Bajo una primera aproximación, entenderemos - por Optica tecnológica a aquél conjunto de investigacio- nes que tiene como objeto fundamental la aplicación de - las leyes y principios de la Optica a la resolución de - problemas de naturaleza industrial, abarcando en este -/ término a industrias de carácter civil o militar.

Normalmente, estas investigaciones no van diri- gidas a cuestiones básicas, sino a aspectos prácticos -/ cuya aplicación se prevee, por lo general, a corto o me- dio plazo. Dándose, además, la circunstancia de que los/ problemas que se abordan no surgen siempre en industrias ópticas.

Al igual que ya ha sucedido en otras líneas - anteriores, las máximas cotas de investigación en este - campo se alcanzan en los años cuarenta y cincuenta, si - bien la procedencia institucional de los artículos es -/ ahora mucho más variada que en los casos anteriores.

Al revisar los trabajos correspondientes a la línea quedan claramente delimitadas tres sublíneas, las/ cuales presentan netas diferencias a nivel temático, - / institucional y de autores, a la vez que un volumen cuan- titativo de producción bastante equilibrado.

#### 5.1.4.1. Fotoelasticidad

Esta sublínea, que también cabría el haberla/ considerado como parte de la Optica Física, es debida, // en forma casi exclusiva, a la obra de un sólo investiga- dor, Leonardo Villena, el cual desarrolla su labor a tra- vés del Laboratorio Central de Ensayo de Materiales y de la Sección de Optica Física del Instituto "Daza de Val- / dés" del CSIC. Junto a él firman, y en forma harto espo- rádica, tan sólo tres colaboradores.

Estas investigaciones tienen como objeto el - estudio de los efectos de tensiones y deformaciones su- / fridos por materiales mediante métodos ópticos, como pue- den ser los fotográficos o radiográficos, con el poste- / rior tratamiento matemático pertinente.

Así pues, las posibles aplicaciones de estos trabajos al estudio, mejora y utilización óptima de todo tipo de materiales son evidentes, a la vez que la Foto-elasticidad se manifiesta como una clara alternativa para evitar la interposición de dinamómetros entre el modelo y la carga, lo cual puede ser complicado e incluso -llegar a falsear los resultados.

Las investigaciones en este campo son iniciadas en 1944, con unos trabajos dedicados al estudio fotoelástico de rótulas de hormigón armado y a la determinación de la torsión y momentos flectores. Incidiendo poco después en la utilización de los métodos foto-gravimétricos (estudio estereográfico de las fotografías tomadas en un modelo antes y después de ser sometido a carga para fines similares a los anteriores), pudiéndose, asimismo, observar la aparición de algunos artículos relativos a técnicas auxiliares, instrumentales y matemáticas, de este campo general de investigación.

Tras nueve años de ausencia en los Anales, aparecen en 1957 y 58 dos nuevos trabajos sobre el mismo, -relativos a diversas determinaciones ópticas, mediante métodos fotoelásticos, en materiales viscoelásticos, como plásticos y resinas sintéticas.

En conjunto, este laborioso repertorio de investigaciones, notablemente originales y debidas, como -

ya se dijo, casi en exclusiva a una sólo persona, es - /  
plasmado en catorce artículos (195).

#### 5.1.4.2. Fotografía

Realizados en su mayor parte a través de la -  
Sección de Fotografía del Instituto "Daza de Valdés" - /  
(CSIC, Madrid), aunque también puedan verse algunos rea-  
lizados en distintos centros de Valencia y Alicante, apa-  
recen publicados un total de catorce artículos sobre es-  
te tema (196), cuya posible proyección tecnológica es -/  
más que evidente.

Son varios los autores firmantes de los artí-  
culos, si bien entre ellos destaca como la más prolífica  
M. T. Vigón, quien aparece como la pionera de estas in-/  
vestigaciones, las cuales no son cultivadas en la Socie-  
dad hasta el inicio de la década de los cincuenta, extin-  
guiéndose prácticamente el tema unos diez años más tar-/  
de.

La autora arriba citada y algunos colaborado-  
res presentan a lo largo de esos años algunas series de/  
artículos de contenido monográfico, siendo la más exten-  
sa de ellas la dedicada al estudio de las variaciones de  
la imagen latente durante el intervalo de tiempo que pre-  
cede al revelado, en torno a lo cual se introducen algu-  
nas hipótesis y se ofrecen varias determinaciones experi-

mentales. Es de señalar también otra serie de artículos/ dedicada a la variación de las dimensiones de las imágenes fotográficas en función de la exposición, las cuales experimentan siempre un aumento que es relacionado por los autores con el fenómeno de la difusión de la luz en/ la emulsión y el poder absorbente de la misma.

Fuera de estas series coherentes hay también/ otros artículos aislados referidos a temas como la inves tigación de los factores que determinan la curva caracte rística de una emulsión, la influencia de la densidad -/ por zonas de la misma en el contraste y efectos de regre sión en la densidad y sensibilización de materiales som etidos a repetidas exposiciones.

Ya debidos a otros investigadores, y con una/ fuerte dispersión en su contenido, son de señalar algu-/ nos artículos, realizados en su mayor parte por autores/ que destacan en otras áreas de investigación, sobre pro- blemas de nitidez, sensibilización, supresión de parási- tos y otras cuestiones. La impresión que se recibe al re visar estas últimas investigaciones es que se refieren - a incursiones efectuadas en el tema, sugeridas a sus au- tores, en base a los trabajos que los mismos realizan en otros campos.

#### 5.1.4.3. Instrumentos y aplicaciones diversas

Agruparemos aquí todas las investigaciones dirigidas bien a la construcción de instrumentos destinados a ser utilizados, de forma inmediata, para un fin muy concreto, bien a la mejora de los elementos materiales que componen esos instrumentos con vistas a optimizar su utilización.

Podría pensarse, al escuchar la definición temática que acabamos de dar, que esta sublínea es asimilable a la dedicada a las investigaciones en Óptica geométrico-instrumental, pero esta apreciación no sería correcta. Las investigaciones allí consideradas tenían un fin mucho más remoto que las aquí tomadas en cuenta y, además, donde allí imperaba una metodología geométrico-matemática en base a la cual se obtenían los márgenes de tolerancia teórica de los dispositivos ópticos, aquí nos referiremos siempre a una metodología básicamente experimental que intenta reciclar instrumentos ya construídos, o innovar otros, para los que ya son conocidas las tolerancias teóricas.

A nivel temático, pueden distinguirse en la sublínea tres apartados de investigación, bien diferenciados en sus objetivos finales y todos ellos de baja en tidad cuantitativa.

a) Láminas antirreflectoras

Realizados por varios autores, entre los que destaca como figura más prolífica P. de la Cierva, y trabajando generalmente a través del Instituto "Daza de Valdés", son de destacar un conjunto de siete artículos - / (197), que tienen como objeto fundamental el aumentar el rendimiento óptico de los instrumentos minimizando las - pérdidas de luz por reflexión, cuestión ésta que, según/ los propios autores, es en ese momento de interés nacional.

Salvo dos de estos artículos dedicados al - / plateado de espejos y al sombreado de instrumentos como/ medio de aumentar el rendimiento fotométrico, el resto - de ellos es dedicado a láminas antirreflectoras, sobre - las que se aportan elementos (no originales) en torno a/ su construcción por evaporación de fluoruros en el vacío, procedimientos para medir su transparencia y tratamiento matemático del poder absorbente de las mismas.

b) Prismáticos y otros instrumentos ópticos

En el Laboratorio y Taller de Investigación / del Estado Mayor de la Armada (L.T.I.E.M.A.), A. Durán y colaboradores, realizan un conjunto de siete artículos - (198) en su mayor parte dedicados al diseño, reforma o - construcción de prismáticos y anteojos con característi-

cas muy concretas y de claro interés militar. Asimismo, hay también algunos estudios sobre aparatos de otra naturaleza, como periscopios y estefanógrafos.

### c) Medidas de índices de refracción

Consideramos aquí cuatro artículos (199) dedicados a la medida de índices de refracción de diversos compuestos naturales o artificiales, como son el agua del mar (de clara utilidad en pesca), piezas acabadas, lentes (mediante inmersión) y cuerpos sólidos no tallados (de clara utilidad en instrumentación óptica) y de microesferas de vidrio (de clara utilidad en pinturas de señalización).

Son debidos a autores o instituciones muy diversas y, al igual que los incluidos en apartados anteriores son realizados, casi totalmente, en los años cuarenta.

### 5.1.5. Optica Física

Como es natural, incluiremos en esta línea todas aquellas investigaciones en las que, de una forma directa o indirecta, sea básico el partir de hipótesis preestablecidas sobre la naturaleza de la luz.

Según se indicó en su momento es esta la línea que presentaba una mayor pujanza al final de la época

ca, pero su peso cuantitativo era más bien reducido, circunstancia ésta que nos inducirá a no matizar sublíneas, aunque si serán considerados algunos apartados de investigación.

Pese a su pujanza final, esta línea no aparece como un campo de investigación sólido y cuajado. Según vamos a comprobar enseguida los temas de investigación son aislados, la procedencia institucional de los artículos dispersa y la gama de autores variada.

Del estudio pormenorizado de los artículos se desprende la existencia de dos apartados de investigación más o menos coherentes y un tercero de contenido aleatorio.

a) Investigaciones sobre fenómenos de interferencia y difracción

Desarrolladas entre finales de los cuarenta y principios de los sesenta, debidas a un amplio conjunto de autores e instituciones, algunos/as extranjeros/as, - incluyen un total de nueve artículos (200).

Su contenido, totalmente disperso, hace referencia a temas tan inconexos como medidas de la alteración de la intensidad de la luz a su paso por sistemas polarizadores (dando un proyecto de filtros interferenciales), fenómenos de difracción en microscopios de contraste de fase, límites del poder separador en microsco-

pía, sistemas de láminas múltiples, determinación de espesores por medios interferométricos y otras cuestiones/similares.

b) Investigaciones sobre Optica electrónica

Es este el único apartado de investigación -/coherente dentro de los de Optica física, si bien su inclusión temática en este campo hemos de reconocer que es un tanto discutible, pues dada la fuerte interdisciplinariedad de sus artículos, bien pudieron incluirse en Física de los Sólidos o incluso en algún apartado de Electricidad (al menos algunos de los artículos), pero el que - parte de su contenido sea afín a la Optica y el que procedan casi todos, institucionalmente hablando, del Instituto "Daza de Valdés", nos inclinó a proceder de esta -/forma.

Desde el punto de vista de autores, el firmante más asiduo es F. Catalina, aunque junto a él podemos/encontrar numerosos colaboradores. Temáticamente van dirigidos al estudio y aplicaciones del microscopio electrónico, siendo esta segunda cuestión la que es, con mucho, la más trabajada a lo largo de los diez artículos - (201) que conforman el apartado, publicados casi todos - entre finales de los 50 y mediados de los sesenta.

Sobre el estudio del aparato podemos ver un -

par de artículos referidos a filtros analizadores electro-  
-ópticos, y sobre aplicaciones pueden verse varios más -  
dedicados a fotólisis de sales de plata, control óptico/  
del espesor de láminas delgadas de materiales dieléctri-  
cos en proceso de evaporación en el vacío, estudio de su  
perfiles de vidrio, reconocimiento de minerales mediante  
métodos ópticos y otras.

c) Investigaciones sobre otros aspectos

Consideraremos, finalmente, un conjunto de -/  
nueve artículos (202), muy variados a nivel institucio-/  
nal y de autores, con una también muy desigual distribu-  
ción cronológica (se extienden por toda la época) y con/  
un contenido temático disperso.

Entre ellos son de señalar una serie de tres/  
dedicada al estudio y aplicaciones de la colorimetría y/  
una de dos referente a investigaciones sobre Optica cohe-  
rente, que vienen a aparecer al final de la época como -  
tema de estudio rigurosamente original en la Sociedad.

De los otros cuatro, absolutamente inconexos,  
puede señalarse, por su actualidad temática, aunque fue/  
publicado en 1957, el dedicado a evaluar cuál sería el -  
rendimiento de una batería solar en España en base a - /  
nuestras cotas normales de insolación.

### 5.1.6. Valoración crítica global

A la hora de introducirse en el balance global de lo que han supuesto las investigaciones en Optica (OPT), es obligado el iniciarlo con el sorprendente contraste que se observa al compararlas con las llevadas a cabo, en la primera época de la Sociedad, en este mismo terreno.

Esta área de investigación, que alcanzó un peso porcentual considerable en los primeros quinquenios de vida de la Sociedad, fue perdiendo paulatinamente significación hasta desaparecer de los Anales a finales de los años veinte. Resurge aparentemente de la nada una vez concluida la guerra, con una fuerza tal, que durante casi veinte años será el área de mayor envergadura cuantitativa.

Cuando este mismo fenómeno se estudia desde el punto de vista de los contenidos temáticos, la situación queda bastante más matizada. Como hemos tenido ocasión de comprobar, el alza en la producción de artículos de OPT en la postguerra inmediata, es debida fundamentalmente a la eclosión que se produce en las investigaciones de OG, las cuales son posteriormente desplazadas por las de OFL. Pues bien, si nos atenemos a lo realizado en los últimos años de la primera época en los que aún se investiga en OPT, observamos una ruptura más que conside

rable.

En el segundo decenio de siglo el investiga-  
dor Martínez Risco inició una línea de investigación so-  
bre magneto-óptica, para lo cual aportó algunos artícu-  
los confirmados por Zeeman. Esto suponía el introducirse/  
en un terreno totalmente vanguardista para el que se ca-  
recía de un adecuado equipamiento por aquellos años. An-  
te esta circunstancia, se observa como Martínez Risco -/  
desvía su atención hacia algunos aspectos de OG, en con-  
creto hacia el estudio de la aberración esférica. Asimis-  
mo, son de señalar la aparición en los años veinte de -/  
tres artículos referidos a la experiencia de Michelson -  
y a los métodos de evaluación de la velocidad de la luz,  
cuestiones que, como es lógico suponer, no son ajenas a/  
la eclosión que por esos años experimentan las investiga-  
ciones de corte relativista. En resumen, se asiste a un/  
claro desplazamiento, si bien no exclusivo, hacia unos -  
temas de candente actualidad en ese momento a nivel in-/  
ternacional.

Tras la guerra civil observamos como se da un  
cambio radical en el panorama de las investigaciones - /  
ópticas. Abandonando los aspectos innovadores y vanguar-  
distas que encerraban las investigaciones óptico-físicas  
anteriores, al menos cuando las referimos al contexto de  
nuestro país, se aprecia un giro radical hacia las dedi-

cadras a cuestiones geométrico-instrumentales, las cua-//  
les absorben el mayor potencial investigador de la post-  
guerra. Se abre, así, una nueva línea de investigación -  
si no totalmente obsoleta al menos no de carácter van--/  
guardista.

Podría contraargumentarse que este giro que-/  
daría justificado por el hecho de que las necesidades na  
cionales a lo largo de los cuarenta apuntaban hacia ese/  
terreno. En el marco de la política autárquica y con - /  
riesgo de entrar en la guerra mundial, estas investiga-/  
ciones presentarían una excelente proyección hacia la -/  
construcción y mejora de la industria bélica. Pero en es  
te terreno es de reflejar la paulatina pérdida de influenu  
cia que, en proporción a las investigaciones geométricas,  
alcanzan las de carácter óptico-tecnológico, cuya aplicau  
ción instrumental es bastante más concreta e inmediata./  
Llamando, asimismo, la atención el escaso papel que en -  
su conjunto representan los trabajos llevados a cabo en/  
el L.I.T.E.M.A., centro dependiente directamente de los/  
organismos de la Defensa Nacional, y que debían haber te  
nido una mayor significación si lo que se pretendía era/  
realzar las investigaciones de aplicación militar.

Como quiera que, además, por esos años la in-  
dustria óptica no desempeñaba ningún papel especialmente  
destacado en el contexto general del proceso de incipienu

te industrialización desplegado a nivel nacional, nos -/  
encontramos con que el máximo cuerpo de investigación de  
sarrollado en la Sociedad durante la postguerra, distaba  
mucho de contribuir a la imbricación investigación cien-  
tífica-necesidades nacionales que tan altisonantemente -  
proclamaban como objetivo prioritario las primeras Jun-/  
tas Directivas.

Tal vez fuera lo decisivo en esta cuestión el  
hecho de que los países con quienes la Sociedad intentó/  
en la postguerra un máximo contacto, Alemania e Italia,/  
impulsaban este tipo de investigaciones, en aras de sus/  
perentorias necesidades en el terreno militar. Circuns-/  
tancia ésta que abocó, en cierto modo, a los físicos es-  
pañoles a introducirse de lleno en su mismo campo de in-  
vestigación.

Trasladándonos ahora a un contexto más púra-/  
mente científico, el panorama global de las investigacio-  
nes ópticas presenta algunas facetas positivas que com-/  
pensan en parte lo antes expresado. Así, junto a la cir-  
cunstancia negativa de iniciarse la segunda época de la/  
Sociedad, en lo que a esta área se refiere, con una lí-/  
nea de investigación obsoleta y desligada de las necesi-  
dades del país en buena parte, tenemos como contraparti-  
da positiva el afianzamiento de la línea de OFL. En la -  
cual, y fuera ya de su evidente proyección práctica en -

una sociedad como la española de los años cuarenta tan -  
deficientemente estructurada a nivel sanitario, se obtie-  
nen algunos éxitos de alcance internacional, como es, en  
concreto, el caso del fenómeno de la miopía nocturna.

Se aprecia que, en esta línea de investiga--/  
ción, la escuela española trabaja en unos temas genera-/  
les que si bien no son temas "punta" sí pueden conside-/  
rarse como firmemente establecidos a nivel internacional,  
pues ya en la primera década del siglo inicia Gullstrand  
sus investigaciones sobre el funcionamiento óptico del -  
ojo y los defectos de la visión, apareciendo después los  
trabajos de C. von Hesse sobre acomodación ocular y los/  
de H. Pirenne y E. Baumgart sobre la interpretación cuán-  
tica de los umbrales de la visión; temas todos ellos que  
según reflejamos anteriormente han sido tocados por los/  
investigadores de la Sociedad.

Por tanto, estas investigaciones, pueden ser/  
catalogadas como las de mayor entidad entre las llevadas  
a cabo en OPT. Tal vez el descubrimiento e interpreta--/  
ción de la miopía nocturna no sea comparable a alguno de  
los logros de la primera época, como por ejemplo el des-  
cubrimiento de los multiplanes, pero no dejó de ser un -  
fenómeno, y así creemos haberlo reflejado, bien recibido  
internacionalmente y que denotó un aceptable nivel de -/  
trabajo en este campo. Ello hace más lamentable el hecho

de que esta línea de OFL desaparezca de los Anales en -/ los diez últimos años de la época.

Otro aspecto positivo al que cabría hacer referencia, es el giro final que se observa hacia la potenciación de las investigaciones en OFS, iniciándose tímidamente la incursión en algunos temas de investigación - (como los láseres) de candente actualidad. Con todo, el nivel de producción en los Anales es tan bajo en esos -/ años que difícilmente se puede extraer ninguna consecuencia seria del mismo. Un análisis de otras fuentes de producción de ésta área, sería fundamental para clarificar/ la dirección que adopta al final de la época. Tema de investigación que dejamos abierto.

## 5.2. Cristalografía y Física de los Sólidos

Desde un punto de vista temático serán incluí dos en este área todos aquellos artículos publicados en/ los Anales cuyo contenido haga referencia, en términos - generales, a la aportación de datos cuantitativos y cua- litativos sobre interacción de la radiación energética - con la estructura sólido-cristalina de diversos compues- tos, a la innovación o reforma de las técnicas de inves- tiguación adecuadas para ello y, más globalmente, a la in terpretación de una gran parte de las propiedades físi-/ cas inherentes al estado sólido y al aprovechamiento de/ éstas ya sea con fines púramente científicos o con miras a su posible aplicación en procesos tecnológicos.

Como es natural, la enorme amplitud de la de- finición asignada a este área irá siendo concretada y ma tizada según se vaya profundizando en el análisis parti- cular de las distintas líneas que la constituyen. Convie- ne ya advertir, aunque posteriormente se abunde en ello/ más detalladamente, que algunos artículos de otras áreas podrían incluirse en ésta, pero razones de procedencia - institucional y la pretensión de resaltar siempre, en la medida de lo posible, la coherencia interna de los distin- tos equipos de trabajo de la Sociedad, nos indujo a ac-/ tuar de esta manera. En cualquier caso, ésto no tiene na

da de extraño dada la fuerte interdisciplinariedad de -/  
las modernas investigaciones sobre Estado Sólido.

Independientemente del peso cuantitativo que/  
este área pueda tener, el hecho de que sea una de las -/  
más tradicionales dentro de la Sociedad y el prestigio -  
de algunos de los autores más significativos dentro de -  
los que trabajan en ella, realzan la importancia de su -  
estudio temático en notable proporción.

#### 5.2.1. Líneas temáticas de investigación

Tras someter a cuidadosa revisión los 155 ar-  
tículos correspondientes a este área, y siguiendo la pau-  
ta marcada en la definición global dada para la misma, -  
parecen quedar determinadas tres claras líneas de inves-  
tigación dentro de ella: Una dedicada a la Determinación  
de Estructuras Cristalinas (DEC), otra que trata sobre -  
los diversos Métodos de Investigación de la Materia Cris-  
talina (MI) y una tercera referente a las Propiedades del  
Estado Sólido (PES).

Desde un punto de vista global cuantitativo -  
las tres líneas no presentan unas diferencias excesiva-/  
mente grandes. Así a DEC le corresponden 42 artículos, -  
lo que supone un 27,1%, en tanto que a MI le correspon-/  
den 60, un 38,7%, y a PES 53, es decir, un 34,2%. Contem-  
plando pues panorámicamente la distribución por líneas -

en el conjunto de toda la época, se observa un cierto dominio, aunque no muy acentuado, de las dos últimas. Esta cuestión no deja de ser un tanto chocante, pues si bien/parece lógico que las investigaciones sobre Estado Sólido alcancen un nivel significativo al ir avanzando la -/época, dado el fuerte prestigio que esta rama de la Fisica ha ido adquiriendo a lo largo de nuestro siglo, se -/muestra en cambio como algo no excesivamente claro el hecho de que se de un porcentaje tan alto en una línea como la MI, cuyo contenido es de claro apoyo a la de DEC,/y no se observe un crecimiento paralelo en las investigaciones de esta última.

Cuando la distribución de artículos por línea es analizada anual y quinquenalmente (ver Tablas 235 y -236; Gráfica 107), y a través de su evolución porcen--/tual (ver Tabla 237, Gráfica 108), la situación queda, -como es natural, algo más concretada. Dejando aparte el/primer quinquenio, por la insignificancia de su produc-/ción, se observa un comportamiento un tanto heterogéneo/de las tres líneas. Así, la línea DEC sigue una tónica -de leve ascenso entre 1945 y 1959, para descender en los diez años siguientes y experimentar un inesperado impul-so en el último quinquenio. Esta situación, como ya indicamos, no guarda un paralelismo demasiado lógico con la/evolución de la línea de MI, que tras unos primeros años

de atonía experimenta un espectacular cambio positivo -/ durante el quinquenio 1950-54, en el que a lo largo de - todos y cada uno de sus años las cifras indican claramente que esta línea se convierte en el máximo foco de atención entre los investigadores del área, si bien ocurre - que este impulso experimentado en las técnicas de investigación cristalográfica, lejos de venir asociado a una/ aplicación inmediata de éstas para incrementar las investigaciones sobre la determinación de estructuras sólido--cristalinas, viene seguido por un importante descenso - en ellas, lo que parece denotar una no muy buena estructuración global en las investigaciones de este área. Es/ presumible que el análisis descriptivo de las líneas - / aporte datos clarificadores sobre la situación que ha sido reflejada.

Otra consideración a realizar sobre la línea/ MI, sería la relativa al carácter un tanto engañoso de - su peso porcentual global, pues dicha línea tiene concentrada el 75% de su producción en la década de los cin--/ cuenta, por lo que su importancia cuantitativa se debe a un corto período de auge y no a un aumento regular y contínuo en la producción. De hecho, en los últimos quince/ años analizados, esta línea es, con mucho, la de menor - productividad de las tres que constituyen el área.

En cuanto a la línea PES, es de señalar como/

datos más significativos, su tardío surgimiento, dado -/  
que no parece cuajar hasta mediada la década de los se-/  
senta, y su espectacular crecimiento final, lo que le in-  
fiere el carácter de línea más productiva y de mejores -  
perspectivas al finalizar la época ya que a partir de -/  
1960 las investigaciones sobre Estado Sólido representan  
del orden del 60% del total del área.

En resumidas cuentas, y manteniéndonos siem-/  
pre en el nivel global de esta primera aproximación ha-/  
cia el contenido temático del área, ésta se caracteriza/  
por su materialización en tres líneas de investigación -  
bien equilibradas, de las cuales prevalecen dos (DEC y -  
MI) hasta 1960, año en el que entra en escena una terce-  
ra (PES), cuyo peso proporcional alcanza niveles protago-  
nistas desde ese momento, detectándose, asimismo, una -/  
primera impresión de desacoplamiento entre la evolución/  
cuantitativa de las investigaciones para las dos prime-/  
ras líneas.

Pasemos ahora al análisis temático detallado/  
de cada una de las tres líneas de investigación que han/  
sido consideradas, intentando, en cada caso, matizar más  
los contenidos, detectar los principales equipos de in-/  
vestigación y su ámbito de actuación a nivel temático, -  
geográfico e institucional.

### 5.2.2. Determinación de Estructuras Cristalinas

Las investigaciones de esta línea son en parte una continuación de las iniciadas en la primera época de la Sociedad; no es, por tanto, de extrañar que sea la línea pionera y, aunque bajando notablemente su importancia cuantitativa, se extiende cronológicamente a lo largo de toda la época.

El objetivo básico de los artículos que la -/constituyen es el de aportar datos sobre la disposición geométrica y composición química de los constituyentes - fundamentales de la materia cristalina; así, normalmen- /te, en cada uno de los compuestos estudiados viene a determinarse el sistema de cristalización, el tamaño y ángulos de la celdilla fundamental, las coordenadas de los vértices de ésta y la naturaleza química de los iones - /que las ocupan.

Las determinaciones son generalmente efectuadas mediante las técnicas de Patterson y Buerger, aun- /que a veces sean utilizadas puntualmente, en casos donde las primeras puedan manifestarse poco adecuadas, otras - técnicas distintas como el método de diagramas de Debye. La impresión inicial que se recibe al revisar este tipo /de trabajos es que no conforman un cuerpo de investiga- /ciones donde abunden los elementos originales metodológi

cos, constituyendo más bien una aplicación sistemática - de métodos de investigación preestablecidos que aportan/ datos sobre una amplia colección de compuestos. Si bien/ no parecen , por tanto, investigaciones que encierren -/ una alta cota de dificultad teórica, sí que se manifiestan como minuciosas y verdaderamente laboriosas, aún - / cuando se recurra a métodos informáticos, los cuales, se gún se refleja en más de una ocasión, son programas disñados por Universidades extranjeras adaptados posteriormente a ordenadores españoles.

Aunque no aparezca explícitamente como autor - de trabajos en esta línea, es de señalar que en muchos - de sus artículos se hace constar el agradecimiento a J./ Palacios por la sugerencia del tema o la lectura crítica del manuscrito. A lo largo de toda la época parecen quedar establecidos sólidamente dos importantes equipos de/ trabajo, que abarcan la casi totalidad de la producción/ y que conviene tratar por separado a la hora de concre-/ tar sus ámbitos de actuación.

Un primer equipo a considerar sería el formado por L. Rivoir, S. García-Blanco y colaboradores. Desarrolla sus investigaciones en la Sección de Rayos X del Instituto Alonso Santa Cruz, del CSIC, y en el también Instituto del mismo organismo Gregorio Rocasolano de Química-Física. Cronológicamente publican en toda la época estudiada, aunque la década de los cincuenta constituye su

período de mayor producción en los Anales.

Temáticamente, trabajan en torno a la estructura cristalina de una amplia gama de compuestos, a saber, los nitrato, iodato, bromato y clorato taliosos, el ditionato bórico e hipofosfito magnésico bihidratados, el ortoarseniato magnésico y sulfato de amonio-cobalto hexahidratados, y otros como la sal doble de cloruro amónico y ditionato amónico, el clorato de rubidio, el metaborato de zinc, el imidazol, el ácido 3-5 dimetilbenzoico, el diborato de zinc, el acetilacetonato de vanadio y el borato de níquel. Independientemente de lo novedoso que pudiera resultar el análisis estructural de estos compuestos concretos, se observa alguna leve aportación original como la proposición de una celdilla elemental más sencilla a la tradicionalmente aceptada para el ditionato bórico bihidratado y la rectificación que se efectúa, frente a datos contrarios aportados por publicaciones extranjeras, en torno a la estructura cúbica del hipofosfito de magnesio hexahidratado, la cual se defiende es tetragonal.

Este equipo lleva a cabo un total de veinticinco trabajos publicados en Anales (203) los cuales se extienden cronológicamente desde el inicio de la época hasta recién comenzados los años setenta.

El segundo equipo de trabajo al que se hacía/

anteriormente referencia tiene como figura central a L./ Brú, quien con un buen grupo de colaboradores, entre los que cabe destacar a M. Pérez Rodríguez, lleva a cabo su/ actividad investigadora en los laboratorios de la Univer/ sidad de Sevilla adscritos al Instituto Alonso Santa - / Cruz del CSIC. Desde el punto de vista cronológico se da una distribución irregular, pues tras una primera serie/ de trabajos correspondientes a los últimos años de la dé/ cada de los cincuenta, este equipo deja de publicar so-/ bre estos temas estructurales hasta los años setenta.

A nivel temático las investigaciones son diri/ gidas, tanto en uno como en otro de los dos períodos en/ los que actúa este equipo, a la determinación estructu-/ ral sistemática de una serie de compuestos orgánicos, co/ mo son el 4-arabo-tetrahidroxibutil-imidazol, al que se/ dedican varios trabajos y es analizado bajo sus modifica/ ciones cristalinas A y B, y otros como en 4-bromo-fenil- -4,5 (d-glucofurano)-imidazolina-2-tiona o como el - -/ 4-( $\beta$ -d-eritro-furanosil)-imidazolina-2-tiona, el dietil -ditiocarbamato de selenio el cual es sometido a un aná- lisis estructural cristalino y molecular. También son es/ tudiados otros compuestos, entre ellos uno desconocido - de tiourea y plomo para el que se propone una fórmula y/ se da una estructura.

Son doce en total los trabajos debidos a este equipo (204), los cuales son publicados a finales de los

cincuenta y a principios de los setenta.

Finalmente, y fuera ya de la labor de los dos equipos anteriormente citados, cabría considerar un total de cinco artículos aislados (205) sobre temas diversos de determinación estructural. Son referidos al estudio de la estructura de geles y porcelanas, variedades del crisotilo y análisis de la estructura espiral magnética del  $\text{MnO}_2$  mediante difracción de neutrones y la variación con la temperatura del momento magnético y de los parámetros reticulares de este compuesto.

### 5.2.3. Métodos de investigación de la materia cristalina

Paralelamente a las investigaciones estructurales de la línea anterior son llevadas a cabo otra serie de investigaciones, cuyo apogeo según se vió corresponde a la década de los cincuenta, que tienen como objetivo básico el proporcionar una metodología experimental y unos medios adecuados para la investigación de las estructuras cristalinas.

Aunque, inicialmente, se investiga en este terreno en torno a la difracción de rayos X para establecer los métodos a utilizar en los análisis estructurales de la materia cristalina, se puede observar una paulatina aplicación de las técnicas que van siendo establecidas a otros problemas físicos ajenos al inicial. Si lo -

primero ofrece un complemento adecuado a las investiga-/  
ciones de la línea anterior, lo segundo puede verse como  
un intento de transportar estas investigaciones a otras/  
ramas de la Física, lo cual parece perfilar un estado de  
transición hacia el abordaje de los problemas más genera-  
les del Estado Sólido, cosa que no se logrará hasta trans-  
curridos unos años más.

Consideraciones de índole temático, hacen pro-  
cedente dividir el contenido de los sesenta artículos -/  
constitutivos de esta línea, en tres sublíneas claramen-  
te diferenciadas pese a la aparente coincidencia nominal  
de las dos primeras.

#### 5.2.3.1. Técnicas experimentales de investiga- ción

Las investigaciones en este terreno son lleva-  
das a cabo, en exclusiva, por el equipo de trabajo de L.  
Brú en la Universidad de Sevilla bajo el apoyo del CSIC.  
En su casi totalidad son realizadas en el primer quinqu-  
enio de los años cincuenta, si bien se extienden desde -/  
1949 hasta 1958.

Temáticamente son algo heterogéneas, lo cual/  
nos induce a dispersarlas en varios apartados, aún a cos-  
ta de introducir alguno cuya entidad cuantitativa es ver-  
daderamente mínima. Entrando ya en ello, distinguiremos/

los siguientes temas de investigación:

- a) Estudio sobre las analogías formales entre -/  
los fenómenos de difracción por rayos X y la/  
difracción de la luz

Se estudia esta cuestión de forma directa - /  
(mediante el método de Fourier) e inversa (método de - /  
Bragg rectificado), con buena concordancia en la analo-/  
gía, a través de un conjunto de cuatro artículos dedica-  
dos al estudio del microscopio de rayos X (206), en la -  
misma línea de trabajo, y mediante el método llamado - /  
"Fly's eyes" (simulación de estructuras cristalinas me-  
diante una lámina de plástico en la que se incrusta un -  
sistema de pequeñas lentes), pueden encontrarse dos nue-/  
vos artículos en los que se aplica lo establecido a la -  
determinación de la estructura del rutilo y un tercero -  
que trata sobre las condiciones de homometría de dos re-  
des (207).

- b) Técnicas de utilización del fotosumador de -/  
Eller

La máquina de Eller, que evita el uso de cal-  
culadoras económicamente inasequibles en los laborato--/  
rios modestos, es profusamente utilizada por el equipo -  
de la Universidad de Sevilla, el cual dedica varios tra-  
bajos a investigar sus posibilidades de aplicación como/

elemento auxiliar en varias de las técnicas de investigación cristalográfica.

En concreto se estudia y completa la aplicación del fotosumador de Eller a la obtención de la función producto de Buerger, al cálculo de los factores de estructura (concretamente cuando no son constantes y tras someter a la máquina a una rectificación adecuada), al "afinado" de estructuras cristalinas y al cálculo de funciones de distintos tipos que se presentan en diversos problemas de determinación estructural.

Un total de ocho artículos (208), publicados todos ellos en los años cincuenta, conforman este apartado.

### c) Técnicas de Patterson

Recogemos aquí tres trabajos relativos a la utilización del método ideado por Patterson para evitar la dificultad que supone la no aparición en placas de los máximos correspondientes a átomos ligeros, debido al efecto de enmascaramiento de los grandes. Dicho método es aplicado a la determinación de estructuras concretas y se aportan métodos para simplificar los "mapas" en los que deriva bajo ciertas condiciones geométricas de la estructura (209).

- d) Analogías entre la difracción de la luz y la difracción de electrones mediante moléculas gaseosas

Bajo este tema aparecen unos pocos artículos (210), en los que se desarrolla un interesante y original método sobre la simulación de la difracción electrónica mediante la sufrida por la luz al atravesar un conjunto de rendijas previamente dispuestas de forma que su periodicidad y área sean las adecuadas. El método se aplica a casos concretos, como el del benceno y el tetracloruro de carbono, y en su puesta en práctica se recurre también al fotosumador de Eller.

#### 5.2.3.2. Técnicas auxiliares de investigación

Vamos a considerar aquí todos aquellos artículos cuyo contenido va destinado a facilitar a los investigadores aquellos elementos materiales y técnicas de cálculo que son de aplicación concreta en las investigaciones cristalográficas.

Basta con leer esta definición para entender que alguno de los apartados de artículos anteriormente considerados podrían haberse incluido aquí. Nos referimos, naturalmente, al dedicado a las técnicas de utilización del fotosumador de Eller. El hecho de haberlo situado en la sublínea anterior ha sido debido a nuestro pro-

pósito de agrupar en forma compacta toda la labor desarrollada por el equipo de la Universidad de Sevilla.

Dejando de lado esta particularidad y retomando la cuestión de partida, cabe indicar que las investigaciones que consideraremos fueron realizadas en su totalidad durante los años cincuenta, siendo, como era de esperar por su propia naturaleza, un tanto heterogéneas en cuanto al contenido temático y al grado de dificultad. - Esta heterogeneidad se materializa, inicialmente, en la existencia de dos equipos de trabajo bien diferenciados.

Un primer equipo sería el dirigido por J. L. Amorós, el cual junto con sus colaboradores ofrece una serie de artículos entre 1950 y 1953, realizados casi todos ellos en el Departamento de Cristalografía y Roentgenografía de la Universidad de Barcelona, de contenido un tanto disperso.

A excepción de los últimos artículos, publicados ya en 1953, y en los que se abordan problemas de focalización de rayos X con muestra plana, intentando evaluar la influencia de la focalización de los rayos en la anchura e intensidad de las rayas impresionadas en la placa, el resto es una simple recopilación de investigaciones realizadas por otros autores, extranjeros generalmente, que se considera deben ser divulgadas en nuestro país; o bien son consideraciones críticas muy generales/

sobre las técnicas de investigación cristalográfica más/  
manejadas internacionalmente, cuando no son elaboracio-/  
nes de pacientudas tablas o la exhaustiva descripción de  
aparatos de laboratorio traídos por primera vez a Espa-/  
ña.

En conjunto, pues, esta serie de artículos, -  
formada exactamente por catorce de ellos (211), no pare-  
ce encerrar un grado de nivel e interés precisamente al-  
to.

El otro equipo al que hacía inicialmente refe-  
rencia es el del grupo de investigación de la Sección de  
Radiaciones del Instituto Alonso Santa Cruz, del CSIC, -  
en Madrid. Junto a algún artículo aislado debido a otros  
autores y que viene a encajar aquí automáticamente, casi  
todos son debidos a F. Huerta y colaboradores. También -  
despliegan su labor a primeros de los años cincuenta y -  
sus aportaciones parecen más sólidas que las del equipo/  
anterior.

A ellos se debe la introducción de algunas -/  
técnicas gráficas y matemáticas para la interpretación -  
de diversos tipos de diagramas que pueden surgir en in-/  
vestigaciones cristalográficas, así como algunas aporta-  
ciones instrumentales, en concreto, el diseño de máqui-/  
nas electrónicas adecuadas para el cálculo de estructu-/  
ras cristalinas y una cámara de rayos X con movimiento -

helicoidal. Siendo, también, incluidos dos trabajos dedicados a la utilización de las series de Fourier como instrumento de cálculo de estructuras.

Son en total ocho los artículos debidos a este grupo de trabajo (212), entre los cuales abundan los agradecimientos a los profesores Abbad y Rivoir.

#### 5.2.3.3. Técnicas para aplicaciones diversas/

Esparcidos cronológicamente a lo largo de toda la época, aparecen una no desdeñable serie de artículos dedicados al estudio general de posibles aplicaciones de la difracción de radiaciones a cuestiones de índole científica o tecnológica, aunque más bien abundan los dedicados a la primera.

Son artículos muy variados y no parecen proceder de equipos coordinados de trabajo. La variedad de autores y temas que encierran es muy alta, lo cual dificultará la labor de intentar dar una visión global de su contenido. Como es lógico, lo mismo cabe afirmar de su procedencia institucional, si bien, una mayoría no excesivamente acentuada procede del Instituto Alonso Santa Cruz a través de diversos centros.

Tal vez el grupo de artículos más compacto, temáticamente hablando, sea el dedicado a las aplicaciones de los rayos X al análisis químico. En este tema se/

hacen notar cuatro trabajos (213) llevados a cabo durante los años cuarenta, entre cuyos autores L. Rivoir es el que más se repite. Se trabaja sobre análisis químicos cuantitativos intentando rectificaciones sobre leyes ya conocidas que relacionan la cantidad de átomos existentes de un elemento en la muestra, con la intensidad de las líneas impresionadas en la placa. Se introduce un método original en este terreno, el de la raya testigo.

Hay luego pequeñas series de artículos sobre temas muy diversos. Así, pueden verse investigaciones sobre las técnicas de interpretación de la difracción por vidrios y geles arcillosos, otras sobre las diversas formas de detectar y evaluar mediante difracción la estructura y faltas de homogeneidad en materiales metálicos (los cuales pueden ya considerarse como un esbozo de introducción en el Estado Sólido), otras sobre el estudio por difracción de cristales de calcita y berilio para su posterior uso como monocromadores de neutrones, y otras pocas, a las que se dedica un sólo artículo, ya excesivamente puntuales para que valga la pena citarlas. Son varios los trabajos dedicados a esta amplia gama de temas (214).

#### 5.2.4. Propiedades del Estado Sólido

El final de la década de los cincuenta y la década de los sesenta marca un punto de inflexión en las investigaciones cristalográficas. Hasta entonces la atención de los científicos hacia ellas había girado en torno a un eje central: el análisis y la determinación de estructuras. A partir de ese momento la investigación toma un giro más ambicioso. No sólo interesa ya la determinación de los parámetros estructurales y las técnicas para ello, sino que se intenta profundizar en la influencia de esa ordenación interior sobre las propiedades macroscópicas del cuerpo en cuestión. Con ello se va paulatinamente relegando, que no abandonando, el exclusivismo temático de las investigaciones cristalográficas durante las primeras décadas de la época, para irse éstas inter-nando en lo que ya por entonces se conocía desde años atrás con el nombre de Física del Estado Sólido.

Las investigaciones en este campo, que como ya se dijo anteriormente pasan a convertirse en las de máximo protagonismo en los últimos quinquenios de la época, llegan a alcanzar una variedad temática considerable, lo cual hace procedente el dividir las en varias sublíneas para obtener un mayor grado de concreción en su descripción. Atendiendo no sólo a consideraciones temáticas, sino también a las de conseguir una distribución de

sublíneas cuantitativamente equilibrada, cabe distinguir tres de ellas.

#### 5.2.4.1. Dinámica y anomalías de la estructura cristalina

Como es sabido, cualquier pequeña anomalía en la ordenación de una red cristalina puede tener una influencia decisiva en las propiedades del material en cuestión, las cuales pueden sufrir alteraciones muy positivas desde el punto de vista tecnológico. De ahí que las investigaciones sobre cualquier tipo de imperfecciones de las redes cristalinas, ya sean consecuencia de átomos vacantes, intersticiales o sustituidos, así como las debidas dislocaciones, conformen un capítulo fundamental dentro de las referentes globalmente al Estado Sólido.

Dentro de la Sociedad estas cuestiones han sido trabajadas, aunque modestamente desde el punto de vista cuantitativo, por medio de dos equipos bien diferenciados tanto temática como institucionalmente, los cuales han desarrollado su labor, ambos, ya a finales de los sesenta e inicio de los setenta.

Tal vez el equipo mas destacado sea el de la J.E.N., del que la figura mas prolífica es F. Agullo-Lopez, aunque el firmante de mas significación en el orden interno de la Sociedad seria C. Sanchez del Río.

Trabajan fundamentalmente, aunque de forma exclusiva, sobre cristales de  $\text{ClNa}$ , en los cuales se analizan detalladamente la dislocación que se produce en la estructura de este compuesto al propagarse la hendidura/ que se produce al cortarlo en pequeñas muestras, la in-/fluencia del proceso de atrapamiento de vacantes anió- cas sobre la cinética del centro de masas, y el efecto - de dislocación estructural y la curva de coloración en - su proceso de enfriamiento por temple. Asimismo, y debi- dos también a este equipo, hay dos artículos referidos,/ respectivamente, al endurecimiento por temple del  $\text{FLi}$  y/ a las propiedades térmicas de las sales haloideas con impurezas catiónicas. Publican un total de seis trabajos - (215).

El otro equipo al que se hacía referencia de- sarrolla su labor a través del Laboratorio de Microscopía Electrónica (Cátedra de Estado Sólido) en la Complu- tense de Madrid. Publican cuatro trabajos (216), debidos a L. Brú, J. Serna y colaboradores, en los que se ofre- cen observaciones microscópicas de defectos en cristales de moscovita, algunos estudios mineralógicos mediante ra yos X y estudios en torno a la influencia de los defec- tos puntuales de la red sobre la movilidad de las dislo- caciones en el  $\text{FLi}$  y sobre la utilización del llamado mé todo de decoración en microscopía electrónica.

Han sido también incluidos en esta sublínea - un par de artículos, ambos de firma extranjera, sobre -/ las anomalías en el proceso de cristalización del ioduro de cesio y sobre la interconexión entre el mecanismo de/ crecimiento de los cristales y las imperfecciones de la/ red en el óxido cuproso semiconductor, y uno español so- bre la localización mediante lanegramas de las zonas ex- tremas de vibración térmica en compuestos de estructura/ conocida (217).

#### 5.2.5. Análisis de films y emulsiones median- te difracción de electrones

Son precisamente las investigaciones de este/ tipo las que abren en 1959 el primer bloque de artículos cuyo contenido puede ser catalogado auténticamente de Es tado Sólido. Tanto desde el punto de vista de autores -/ como del institucional, pueden distinguirse dos equipos, si bien, temáticamente no existe entre ambos una separa- ción tan fuerte como suele darse en estos casos, pues al gunos de los firmantes trabajan en ambas direcciones - / (la de films y la de emulsiones) pertenecientes, en prin- cipo, cada una de ellas a un equipo distinto.

Las investigaciones sobre films son llevadas/ a cabo a través del Instituto del CSIC de Optica "Daza - de Valdés", interviniendo también varios centros de la - Universidad de Madrid y algunos extranjeros, fundamental

mente ingleses. Junto a unas investigaciones iniciales - de R. Márquez sobre difracción electrónica de películas/metálicas y su posible utilización como soportes en microcodificación electrónica, son realizados una importante serie de trabajos dedicados al estudio de películas delgadas de compuestos no-metálicos en general, condensadas en el vacío. Aparte de su entidad científica estos trabajos encierran una posible proyección práctica, ya que del estudio de la película considerada intentan normalmente extrapolarse las propiedades de los materiales/masivos correspondientes. Este equipo de trabajo, en el que destacan F. Ramos y L. Brú, intenta llenar el vacío/existente en la bibliografía sobre la realización de investigaciones de este tipo en materiales de naturaleza no metálica. Trabajan de forma prácticamente monográfica sobre compuestos halógenos, ofreciendo una producción total de once artículos (218), casi todos ellos publicados en los años sesenta.

Por lo que respecta a las investigaciones sobre emulsiones, las hay de dos tipos bien diferenciados/temáticamente y separados cronológicamente. En el 1959, publica L. Brú unos trabajos (219), realizados en Laboratoire de Microscopie et Diffraction Electronique, de Bellevue (Francia), en los que utilizando técnicas de microscopía y difracción intenta aportar datos sobre la na

tural<sup>u</sup>za de las membranas de las gotas de aceite que quedan en el alpechín, en vías a conseguir repescar dicho aceite, lo cual representa una vieja ambición altamente demandada por la industria. Junto a estos artículos, pero ya en los años setenta, surge un equipo en la Universidad de Valladolid, en el que destacan J. Casanova y J. A. de Saja, el cual realiza una serie de trabajos (220) sobre emulsiones fotográficas de alcohol polivinílico, del que se estudia su formación, características cristalográficas, distribución del tamaño del grano en la emulsión, efectos sobre ella del  $I^-$  y otras cuestiones, investigaciones éstas que vienen complementadas con otras sobre haluros de plata. Dada la tradición investigadora del profesor Casanova en Física Fotocorpuscular, es de suponer que este tipo de emulsiones sean de utilidad en los trabajos de esta especialidad.

#### 5.2.6. Propiedades macroscópicas de los sólidos

Han sido recogidas en esta sublínea todas las investigaciones que tienen como objeto esencial la interpretación y análisis de varias de las propiedades macroscópicas de los sólidos. Aunque han sido consideradas propiedades de diversos tipos, la mayoría de los artículos van dirigidas hacia las de naturaleza térmica y óptica,

siendo las de naturaleza eléctrica las únicas que han -/ sido sistemáticamente apartadas, al objeto de incluirlas globalmente en el área de Electricidad y Magnetismo, dado que su importante peso cuantitativo y procedencia - / institucional así lo aconsejaba.

Por lo que se refiere al tratamiento de las - propiedades térmicas, pueden observarse algunos grupos - reducidos de artículos de contenido coherente. Así, a -/ través de la cátedra de Estado Sólido de la Universidad/ de Madrid, L. Brú y colaboradores ofrecen tres artículos (221) dedicados al estudio general de los fenómenos de - epitaxia en diversos compuestos y, más concretamente, a/ su interrelación con los parámetros térmicos fundamenta- les. También son de señalar otros tres artículos (222) - provinientes de la Universidad de Allahabad (India) tem- peraturas de Debay y resistividad térmica en cuerpos me- tálicos, y algunos otros aislados sobre temperaturas de/ Curie y dilatación térmica en diversos compuestos (223).

Referente al estudio de propiedades ópticas,/ el núcleo más importante de trabajos es el debido a S. - Terol y M. J. Otero sobre la luminiscencia de boratos de Zinc anhidros (224), realizados a través del Instituto - Daza de Valdés del CSIC, en los que se estudia este fenó- meno bajo la activación de diversos elementos, intentán- dose, inicialmente, dar la correspondiente fórmula quími

ca correcta, la cual es comparada con la obtenida mediante difracción de electrones. Debidos a éstos y otros autores pueden verse también algunos otros trabajos sobre catodoluminiscencia, piezobirrefringencia y determinación de constantes de fluorescencia y coeficientes piezo ópticos (225).

Cabe citar, finalmente, un par de trabajos sobre cuestiones magnéticas llevados a cabo en el Centro de Investigaciones Físicas de Madrid (226), los cuales podrían también haber sido considerados en otras áreas, habiéndolos incluido en ésta por la identidad de sus autores.

#### 5.2.7. Valoración crítica global

Posiblemente sea esta área de investigación la que presenta una mayor continuidad en su enfoque temático con relación a lo hecho en la primera época de la Sociedad, al final de la cual era la más destacada a niveles cuantitativos.

Pocos años después de la guerra civil, ya aparece en los Anales una serie de artículos que no presenta solución de continuidad, a nivel temático general, con una de las líneas de trabajo practicadas en la preguerra, la determinación de la estructura y el establecimiento de la fórmula química para compuestos orgánicos e

inorgánicos.

Estas investigaciones van acompañadas, según/ hemos hecho ver anteriormente, con otras dirigidas hacia el perfeccionamiento de las técnicas necesarias para - / ello. Con esta doble línea de acción transcurren los - / veinte primeros años de la segunda época.

Por lo que respecta a las investigaciones de/ corte estructural, cabe efectuar una valoración adecuáda mente matizada. En la primera época tuvieron una signifi cación bastante relevante, no ya por la excepcionalidad/ que pudiera tener su contenido, sino por lo que suponían en áreas del cambio que con ellas se materializaba en el soporte experimental y metodología de nuestra investiga- ción científica de por aquellos años. Además que, en el momento en que surgieron en los Anales, podían muy bien/ considerarse algunas de ellas (concretamente las dedica- das al estudio de cristales orgánicos) como auténticamen te vanguardistas.

En cambio, las realizadas en esta segunda épo- ca no pueden ser juzgadas con el mismo rasero. Lo que en un primer momento pudo ser una línea novedosa de investi- gación, a lo largo de los años cuarenta y cincuenta se - reduce a una labor de recopilación sistemática de datos/ sobre diversos compuestos, la cual habría recibido un -/ eficaz aldabonazo si esas investigaciones paralelas, a -

las que antes hacíamos referencia, sobre el perfeccionamiento de las técnicas de investigación de la materia -/ cristalina, hubieran tenido una potencia operativa superior a la conseguida.

Es innegable la existencia entre estas investigaciones de corte metodológico de algunas con una calidad contrastada, como pudieron ser las de Brú y colaboradores sobre las analogías entre la difracción de la luz/ y la de los electrones en su difusión por moléculas ga-/ seosas, pero la mayor parte de las mismas hacen referen- cia a aspectos púramente auxiliares, ya sea a nivel ins- trumental o de técnicas de cálculo.

No podemos, asimismo, olvidar la circunstan-/ cia ya constatada, de que precisamente cuando la eclosión experimentada por las investigaciones metodológicas en - los años cincuenta hacía preveer un aumento paralelo de/ las de tipo estructural, se da justamente el fenómeno -/ contrario. Lo cual avala de forma indirecta las impresio- nes que hasta ahora hemos ido manifestando sobre la ina- decuada orientación de las primeras.

Con todo, es de advertir el interesante giro/ que a finales de los cincuenta, empiezan a tomar algunas de las investigaciones estructurales. Nos referimos en - concreto a las primeras que incluimos en la línea de Es- tado Sólido sobre películas de elementos no-metálicos -/

condensadas en el vacío y sobre la composición y estructura de los alpecines, que se salen de la tónica general temática tradicional de este tipo de investigaciones y presentan una importante proyección práctica y tecnológica.

Sin embargo, esta línea de acción no llega a cuajar, y justo a partir de esos años es cuando se inflexiona la investigación de esta área hacia el estudio directo de las propiedades generales de los sólidos. Sobre esta nueva orientación cabe concretar un par de apreciaciones. De un lado, su retraso sobre el contexto internacional que podríamos evaluar, aproximadamente, en una década. Afirmación ésta que aplicamos sólo al momento en que dichas investigaciones aparecen en los Anales y no a la mayor o menor actualidad del tema concreto sobre el que se trabaja. Así, por ejemplo, el estudio de dislocaciones por el método de decoración y mediante el análisis de imágenes de microscopio electrónico, fueron establecidas, respectivamente, por Mitchell y Hirsch y Whelan en la segunda mitad de los años cincuenta, no siendo utilizados por los miembros de la Sociedad hasta finales de los sesenta.

La otra apreciación a la que hacíamos referencia anteriormente va dirigida hacia la escasa consistencia cuantitativa que presentan algunas de las investiga-

ciones de Estado Sólido, especialmente las dedicadas al estudio de las propiedades ópticas y térmicas, las cuales aparecen como escasamente arraigadas y en franco período de iniciación. Circunstancia ésta que explicita la existencia de importantes lagunas en el conjunto de las investigaciones sobre Estado Sólido, pese al no desdeñable avance que ha supuesto la diversificación temática de las mismas en los últimos años de la época.

En resumen, nos encontramos ante un área de investigación con unos matices muy dispares. Habiendo tenido una significación muy positiva en su surgimiento y habiéndose caracterizado en ese momento por una fuerte actualización de su contenido, vemos como al entrar en la segunda época de la Sociedad, pierde fuerza cualitativa al replegarse a unas líneas de investigación que adolecen de ser o excesivamente descriptivas o excesivamente superficiales, siempre, claro está, hablando en términos generales.

En el momento en que parecía que ese tipo de investigaciones recibía un giro adecuado, se entra en una nueva orientación, más ambiciosa, en la que aún se debatía al final de la época, apreciándose un cierto grado de obsolescencia y una falta de afirmación en determinados temas de trabajo dentro de ella. Da la impresión, entonces, de que los investigadores de este área no han/

tenido, durante varios años, claramente definida su línea de acción, si bien, parece que al final de la época/ tienden a integrarse en temas de investigación más cotizados internacionalmente. Giro positivo, pero en el que se arrastra el lastre de haber perdido demasiado tiempo, / posiblemente, en incidir sobre las investigaciones sistémico-descriptivas iniciadas en la primera época.

### 5.3. Electricidad y Magnetismo

A tenor de los que fueron nuestros criterios/ iniciales de clasificación global, han sido considerados como pertenecientes a este área los artículos dedicados/ al estudio de las leyes del electromagnetismo y de las - propiedades eléctricas y magnéticas de la materia, así - como todos aquellos cuyo contenido hacía referencia al - estudio de los elementos básicos de la electrónica y su/ proyección hacia la construcción de instrumentos electr<sup>o</sup> nicos complejos.

El enorme contenido de la definición anterior, forzosamente vago por su gran generalidad, irá siendo -/ adecuadamente particularizado conforme se vaya avanzando en la descripción temática, pero conviene ya de entrada,/ matizar una cuestión. El Electromagnetismo constituye -/ una de las herramientas profusamente utilizada en la - / construcción de los modelos teórico-interpretativos de - casi todas las disciplinas físico-químicas trabajadas en nuestro siglo, de ahí que, con frecuencia, puedan haber/ criterios diversos sobre la clasificación temática de ar tículos correspondientes a esta rama de la Física. Para/ salvar esta dificultad hemos intentado ser exigentes, -/ desde el punto de vista del contenido del artículo, para incluirlo en esta área, pero ello no obsta para que hu- bieran podido también considerarse en ella algunas se--/

ries de trabajos correspondientes a otras, especialmente a Química-Física.

El hecho de que el área de Electricidad-Magnetismo sea una de las trabajadas en profundidad durante la primera época de la Sociedad y de que en esta segunda haya mantenido regularmente, quinquenio tras quinquenio, una magnitud de producción importante, serían razones sobradas para seguir con atención su desglose temático; pero además la enorme fecundidad que han demostrado sus aplicaciones en la tecnología, añade un importante ali-ciente más para ver cuál ha sido su desarrollo concreto, a nivel de contenidos y de aplicación de éstos, en un país como el nuestro tan necesitado de una innovación tecnológica importante a lo largo de todo el período que estudiamos.

### 5.3.1. Líneas temáticas de investigación

La primera impresión que se recibe al analizar el contenido de los 209 artículos constituyentes de esta área, es el de una fuerte dispersión temática, pero una segunda visión más detallada permite distinguir unas pocas líneas de investigación coherentes con un nivel de producción significativo y varios bloques de artículos aislados de mucha menor entidad cuantitativa.

Las líneas concretas a las que antes se hacía

referencia son tres. Una primera en la que se incluyen - todas las investigaciones efectuadas sobre Electrónica - y Automática (EA); una segunda que recoge todos los trabajos dedicados a Instrumentación Electrónica (I.E.), y/ una tercera que englobará lo referente a las investiga- ciones sobre las Propiedades Eléctricas y Magnéticas del Estado Sólido (P.E.M.E.S.). La amplia gama de bloques de artículos dedicados a temas heterogéneos, a la que antes aludíamos, dada su entidad numérica global, han sido in- cluidos en una cuarta línea, a la que nos referiremos co mo Aspectos Diversos (A.D.).

Fijándonos en el peso porcentual con respec- / to al total de artículos del área, la línea más preemi- / nente es la de E.A., que representa un 35,9%, seguida, - ya a una distancia apreciable de I.E., que alcanza el - / 25,4, siendo las dos restantes de un nivel casi equiva- / lente, pues PEMES abarca el 20,6% y AD el 18,2%. Pese a / las diferencias cuantitativas reflejadas es de señalar - que todas las líneas alcanzan valores significativos, lo cual, si tenemos en cuenta la doble vertiente del título dado a la primera de las líneas y la amplitud de los - / otros tres, parece indicarnos que nos encontramos ante - un área temáticamente rica.

Estudiando el mismo aspecto desde un punto de vista anual y quinquenal, ya sea en cifras absolutas - /

(ver Tablas 238 y 239; Gráfica 109), o porcentuales - //  
(ver Tabla 240, Gráfica 110), se observa, inicialmente, /  
una mayor consistencia proporcional de EA e IE durante -  
la mayor parte de la época, lo cual confiere a estas dos  
líneas la categoría de ser, en cierto modo, las más re- /  
presentativas de las investigaciones llevadas a cabo en /  
nuestro país sobre Electricidad y Magnetismo, ya que am-  
bas juntas han alcanzado siempre, excepción hecha del - /  
primer quinquenio y el último, una magnitud del orden - /  
del 60% ó más.

A la hora de estudiar la evolución particular  
de cada una de las líneas, excluirémos la llamada AD, - /  
pues dada la heterogeneidad de su contenido, aunque será  
en su momento analizada temáticamente, no parece lógico /  
considerarla al mismo nivel que las portadoras de temas /  
coherentes de investigación arraigados durante varios - /  
años y desarrollados por equipos de trabajo perfectamen-  
te definidos.

Entrando ya en la evolución de la línea de - /  
EA, se observa un comportamiento un tanto irregular. - /  
Tras dos quinquenios iniciales de mantenimiento en nive-  
les cuantitativos similares, se da un cambio de pauta en  
los tres siguientes, durante los que esta línea sufre su  
cesivos altibajos que llegan incluso a poner en duda su /  
futura pervivencia tras el bajón experimentado entre - /

1960 y 1964, si bien, con la potente reacción que experimenta en los dos últimos quinquenios, parece quedar definitivamente asentada y con un sólido porvenir al final de la época.

El comportamiento de la línea de IE es, curiosamente, casi exactamente complementario a la de EA, - / pues justo en los quinquenios donde una sube la otra baja, y viceversa. Da la impresión, realizada por el ya conocido hecho de que estas dos líneas han constituido durante gran parte de la época el "corpus" central de las investigaciones en Electricidad y Magnetismo, de que los investigadores de la Sociedad no acabaron de decidirse por una u otra hasta bien entrada la época.

Como es natural con arreglo a lo dicho, esta línea de IE, tras una fuerte alza en el quinquenio 1960-64, presenta una muy fuerte caída de importancia conforme se avanza hacia el final de la época, momento en el cual su cota numérica es ya prácticamente irrelevante.

Finalmente, y por lo que respecta a la línea de PEMES, es de señalar un comportamiento mucho mejor de finido que las dos anteriores. Hace su aparición a primeros de los sesenta y tras mantener una cota similar en el quinquenio siguiente, experimenta un fortísimo impulso en el último, donde pasa a ser ya la segunda en importancia, lo que la coloca con unas envidiables posibilidades

des de cara al futuro. Es de señalar como la entrada en/escena de las investigaciones de Estado Sólido en la - / Electricidad se da con un leve retraso con relación a su aparición en otros campos, retraso que viene a ser de un quinquenio, pero también la coincidencia con ellas en el irresistible ascenso que experimentan una vez asentadas/ y sus excelentes perspectivas futuras.

### 5.3.2. Electrónica y Automática

Dentro de su área, y como ya se reflejó, es esta la línea más importante desde el punto de vista cuantitativo, teniendo, además, un contenido temático de alto interés y unos autores muy prestigiados. El hecho de/contener unas investigaciones distribuídas a lo largo de toda la época y de presentar una fuerte relevancia al final de ella, realzan la importancia del estudio pormenorizado de los contenidos de esta línea.

Desde el punto de vista de los autores, aparece en los inicios como figura destacada A. González del/Valle, surgiendo poco después el que podría considerarse como principal investigador de la línea (y posiblemente/ de toda el área), J. García Santesmases, el cual forja - los primeros equipos de trabajo que posteriormente darán vida a la mayor parte de las investigaciones en este terreno. Entre sus discípulos cabría destacar a J. L. Llo-

ret, quien crea a su vez un importante equipo investigador en Valencia, pudiendo también asociarse a esta línea otros nombres como los de A. Civit, M. Mellado, G. Pardo, J. R. Perán y otros que posteriormente irán siendo resaltados.

A nivel temático incluiremos aquí una gama de artículos muy amplia, como son todos los dedicados al estudio de las leyes e instrumentos básicos de la elctrónica y a su utilización en las diversas aplicaciones generales de ésta, destacando entre ellas las referidas a los procesos de automatización. De dichas aplicaciones excluiremos, no obstante, las referidas a la instrumentación científica con fines concretos, las cuales, por su importancia cuantitativa y cualitativa, formarán línea aparte.

De una visión pormenorizada del total de artíclulos de la línea quedan delimitadas, a su vez, tres sublíneas, las cuales, si bien presentan un número de artíclulos bastante dispar ofrecen unos contenidos temáticos/ perfectamente distinguibles dentro de una tónica global/ armoniosa.

#### 5.3.2.1. Fenómenos de ferrosresonancia

Al parecer, bajo sugerencia previa del eminente

te Terradas, inicia apenas entrados los años cuarenta -/  
J. García Santesmases en el Laboratorio de Física de la/  
Universidad de Barcelona, sus primeras investigaciones -  
sobre fenómenos de ferresonancia en paralelo, con cir-  
cuitos constituidos por un condensador, una bobina de -/  
autoinducción con núcleo de hierro y una resistencia. -/  
Tras unos estudios iniciales en los que se aborda la re-  
lación analítica de los materiales intervinientes (cur-/  
vas  $I = f(C)$ ,  $V = f(I)$ , expresión analítica de la -//  
 $I_{ef}$  que circula por la bobina, estudio de la curva de -  
magnetismo del núcleo), inicia este autor en el Computa-  
tion Laboratory de la Universidad de Harvard, una serie/  
de investigaciones en torno a la rectificación del cir-/  
cuito disparador de Eckles-Jordan basándose en los cir-/  
cuitos de ferresonancia en paralelo, circuitos estos -  
que pueden ser de gran utilidad en las máquinas electró-  
nicas de cálculo. Estas investigaciones son proseguidas/  
hasta los años sesenta por Santesmases y otros colabora-  
dores, entre los que destacan Lloret y Alique Pague, en/  
sucesivos intentos de rectificación y mejora de los lo-/  
gos iniciales. Son llevadas a cabo en el Instituto de -  
Electricidad y Automática del CSIC y tratan de diversos/  
aspectos como la combinación de circuitos ferresonan-/  
tes en paralelo para la consecución de circuitos biesta-/  
bles, sistemas de transmisión de información de una uni-//

dad ferrosresonante a otra y desarrollo de circuitos lógi-  
cos. Es de señalar la ayuda que presta a este tipo de in-  
vestigaciones la Fuerza Aérea Americana mediante la - -/  
European Office and Development Command (227).

En estas investigaciones surge a finales de -  
los cincuenta un problema adicional; la consideración, -  
dentro de los fenómenos de ferrosresonancia, de la histé-  
resis del material magnético que forma la bobina. Este -  
problema, abordado por primera vez a nivel internacional  
por el equipo de Santesmases, según ellos mismos hacen -  
constar, da lugar a varios trabajos que, a su vez, deri-  
van a problemas adicionales como el de la expresión ana-  
lítica de los ciclos de histéresis. Lo primero tiene co-  
mo objeto el evitar despreciar las pérdidas no lineales/  
debidas a la histéresis del material magnético del nú--/  
cleo de la bobina, pudiéndose así abordar el estudio del  
circuito ferrosresonante desde un punto de vista más com-  
pleto. Lo segundo representa el papel de técnica de apo-  
yo a las investigaciones más generales del primero. Por/  
su concordancia temática han sido también incluídos aquí  
un par de artículos dedicados a dispositivos medidores -  
de ciclos de imanación de cuerpos ferromagnéticos (228).

El número total de artículos dedicados por el  
equipo de Santesmases a estas dos direcciones de investi-  
gación dentro de los fenómenos de ferrosresonancia, es de

diecinueve. Este equipo, de gran trascendencia en las -/  
investigaciones globales del área, volverá a citarse en/  
otros apartados y sublíneas posteriormente consideradas.

#### 5.3.2.2. Procesos de automatización y control

Las investigaciones de esta sublínea se desar-  
rollan, preferentemente, en la última década de la épo-  
ca, excepción hecha de un singular grupo de artículos, -  
debidos a González del Valle, realizados en los años cua-  
renta y sobre los que más adelante habrá que formular al-  
gunas matizaciones.

Desde el punto de vista temático pueden ser -  
consideradas, en general, como el siguiente paso adelan-  
te de las realizadas en épocas anteriores sobre elemen-/  
tos electrónicos de posible aplicación a las computado-/  
ras (las de fenómenos de ferresonancia serían un buen/  
ejemplo). Llegadas estas investigaciones a un cierto ni-  
vel, los científicos de la Sociedad dirigen su atención/  
hacia este tipo de máquinas, iniciando una serie de in-/  
vestigaciones de aplicación inmediata en ellas. La mate-  
rialización de esos esfuerzos se plasma en dos campos -/  
muy concretos: las calculadoras analógicas y los siste-/  
mas de control automático, ambos serán detallados más -/  
adelante.

Al objeto de proceder cronológicamente en la descripción, la iniciaremos con la consideración de los trabajos pioneros de González del Valle durante los años cuarenta. Son éstos unos trabajos de temática variada y de contenido bastante general. No obstante, y pese a estar muy separados cronológicamente del resto de los considerados en esta sublínea, el hecho de ser los primeros publicados en la segunda época de los Anales que hagan referencia al diseño global de máquinas calculadoras, -/ nos ha parecido que era razón suficiente para incluirlos en esta línea, aunque tocan otras cuestiones cuya conexión con lo que aquí tratamos es más bien indirecta.

En una labor individual y profusa, y a lo largo de toda una década, ataca el profesor del Valle, en forma crítica y original, el problema de la correspondencia general entre sistemas mecánicos y eléctricos. Tras refutar opiniones de otros autores al respecto, establece su particular principio de equivalencia, mediante el cual relaciona la dependencia que liga las fuerzas y velocidades de un sistema mecánico con la que liga la intensidad y la diferencia de potencial en una malla eléctrica obtenida por medio de las equivalencias por él establecidas. Tras abordar a través de estas ideas el problema de la inversión de estructuras de impedancia, co-/

mienza a aplicar sus investigaciones al diseño de máquinas para el cálculo y gobierno automáticos, así como al estudio de los fenómenos de piezoelectricidad y magnetostricción. La impresión que se recibe al revisar toda la serie de artículos publicada por este autor (229), es el de ser portadoras de un alto nivel de dificultad y un no menor grado de profundidad, contrastando con el nivel normal de los artículos publicados en esa época en ésta y en otras áreas.

Saltando ya a finales de los cincuenta, y centrándonos en las investigaciones relativas al cálculo analógico, se observa que son llevadas a cabo en varias instituciones perfectamente localizadas, el Instituto de Electricidad y Automática de Madrid, donde destacan J. González Ibeas y García Santesmases, el Departamento de Electricidad y Electrónica de la Facultad de Ciencias de Granada, con G. Pardo y R. Román, y los departamentos homónimos de Sevilla, con A. Civit y colaboradores, y Valencia, con M. Vicens y J. Espí como firmantes más asiduos.

Desde el punto de vista de los contenidos se observa como tema central la obtención de unidades no lineales de las calculadoras de tipo analógico, sobre todo generadores de funciones, circuitos multiplicadores y conversores analógico-digitales. En un grado de mayor

concreción cabría citar pequeñas series de artículos dedicados a multiplicadores a cuatro cuadrantes (de aplicación en la resolución de ecuaciones diferenciales no lineales), a circuitos divisores, a generadores de polinomios, a generadores de funciones circulares (de clara aplicación en Cristalografía), a generadores periódicos/ y sincrónicos de funciones programables y a sistemas de conversión mutua analógico-digital mediante el sistema de doble rampa. Pueden ser encontrados, dentro de este tema de investigación, hasta un total de dieciocho artículos (230).

El otro cuerpo de investigaciones al que se hacía inicialmente referencia, realizadas a lo largo de los años setenta, son las dedicadas a Sistemas de Control Automático. Cabe distinguir dos equipos de trabajo, uno en la Universidad de Valladolid, con V. Aleixandre y J. R. Perán como elementos más destacados, y otro en el Instituto de Electricidad y Automática de Madrid, con M. Mellado como firmante más asiduo. Como es lógico, desde un punto de vista temático los esfuerzos se dirigen a la optimización del funcionamiento de los sistemas de control, incidiendo el segundo de los equipos en los sistemas de muestreo aperiódico. Este tema es desarrollado mediante doce artículos (231).

Hemos incluido también en esta sublínea una -

pequeña serie de artículos (231), debidos a autores heterogéneos, y que tratan diversos aspectos generales sobre ordenadores. Pueden ser resaltados dos de ellos en los que se abordan problemas relativos al reconocimiento de caracteres por parte de la máquina (concretamente caracteres alfanuméricos) y la simulación por parte de ésta de técnicas de aprendizaje, uno de ellos realizado con intervención del Departamento de Defensa de EEUU. Lo sugestivo del tema y la constatación de que ya había miembros de la Sociedad capacitados para abordar estas cuestiones no deja de ser significativo.

#### 5.3.2.3. Elementos electrónicos

Consideraremos incluidas en esta sublínea - / aquellas investigaciones realizadas en torno a diversos elementos básicos de la electrónica, siendo las válvulas y filtros los más trabajados en este sentido. También serán considerados aquellos artículos que tienen como objeto no sólo la profundización en el conocimiento científico de estos elementos, sino también su aplicación práctica directa y la optimización del funcionamiento de los mismos.

En realidad la misión fundamental de esta sublínea es la de recoger los trabajos que siendo claramente de electrónica (al menos su gran mayoría), no encajan

en los temas de investigación considerados anteriormen- / te. Su contenido, por tanto, es altamente heterogéneo, y aún cuando se haga referencia a investigaciones desarro- lladas por un mismo equipo, no se aprecia una clara con- tinuidad, salvo aisladas excepciones, a nivel de conteni- dos.

Las investigaciones a las que hacemos referen- cia son desarrolladas en la parte final de la época. Aun- que son llevadas a cabo en diversos centros, destaca co- mo único equipo coherente el del Departamento de Electri- cidad y Electrónica de la Universidad de Valencia, sien- do J. Espí y J. L. Lloret los firmantes más destacados.

El equipo de Valencia publica un total de - / ocho artículos (233) sobre temas diversos. Dos artículos aislados sobre una reinterpretación crítica del efecto - Miller y sobre diseño de controles de tono con amplifica- dores operacionales. Una serie de cuatro, iniciada con/ uno referido al comportamiento inductivo de un circuito/ transistorizado, con el que se intenta obviar el tener - que utilizar elementos inductivos en aparatos al no haber podido ser reducido su tamaño, que es posteriormente co- nectado, en mayor o menor medida, con otros tres referi- dos a las propiedades reactivas de la configuración - - / Darlington, conversores de impedancias negativas y pará- metros híbridos de un transistor. Y, finalmente, dos ar-

tículos más sobre diseño de filtros activos.

Completan la sublínea cinco artículos (234) - de autores y procedencia institucional diversa, referidos a microondas, servosistemas estabilizadores, estudios sobre el diodo y elementos de investigación auxiliares - para el estudio de transistores.

Con esta reducida sublínea, complementaria temáticamente de las dos anteriores, damos por finalizado el estudio de la línea de Electrónica y Automática.

### 5.3.3. Instrumentación electrónica

Esta nueva línea de investigación que iniciamos, de menor entidad cuantitativa que la anterior, guarda temáticamente una estrecha relación con ella. En realidad el manejo de las leyes y los elementos básicos de la Electrónica es la herramienta fundamental de los investigadores de esta línea, pero las investigaciones que aquí se abordan parecen tener, todas ellas, una finalidad mucho más concreta que las anteriores, puesto que en lugar de ir dirigidas a la creación o perfeccionamiento de un bagaje científico general que presumiblemente será útil en el diseño de futuros instrumentos, van dirigidas concreta y directamente al diseño de un aparato específico o a su mejora en un aspecto determinado.

Según esto, desde el punto de vista temático/

serán incluidos en esta línea aquellos artículos que tengan como objetivo central el diseño, corrección, elaboración y comprobación de dispositivos electrónicos cuya finalidad sea claramente instrumental y, generalmente, bastante concreta.

Cronológicamente las investigaciones de la línea, aunque aparecen distribuidas a lo largo de toda la/época, alcanzan su punto máximo en los años sesenta, - /perdiendo mucha fuerza, según vimos, al final de ésta.

Dentro de las investigaciones de este tipo, - sólo hay una que haya sido atacada de una forma organizada y sistemática: la construcción de dispositivos elec-/trónicos destinados al apoyo de investigaciones nuclea-/res. Con los artículos relativos a él formaremos la pri-mera sublínea, agrupando en la segunda todas las investi-gaciones instrumentales que, con fines distintos al ante-rior, han sido elaborados de forma más o menos esporádi-ca por los componentes de equipos normalmente dedicados/a otras líneas de investigación.

Como tónica general, y según se desprende de/un análisis de los artículos, los instrumentos diseñados van destinados en forma preferente a ser utilizados con/fines de investigación científica, siendo relativamente/secundaria su posible proyección industrial.

Pasemos ya al estudio de las dos sublíneas an

tes citadas, en las que se procederá a una mayor matización temática y se citarán los principales investigadores e instituciones dedicadas a este campo.

#### 5.3.3.1. Electrónica Nuclear

Este tema general de trabajo es llevado a cabo, de forma casi exclusiva, en el Laboratorio de Electrónica de la Junta de Energía Nuclear. Es iniciado a finales de la década de los cuarenta, desarrollado con bastante profusión en los años cincuenta y sesenta, presentando un decaimiento ya en los setenta.

Destaca como figura más relevante y prolífica Antonio Tanarro, siendo de destacar también otros investigadores como Agustín Tanarro, R. Segovia y J. A. Pajares.

A nivel de contenidos el objetivo central de estas investigaciones es la elaboración de equipos instrumentales dedicados a la detección, selección, control automático y recuento de los impulsos electrónicos que tienen lugar ya sea en las emisiones radiactivas de muestras materiales o como consecuencia de la actividad de los reactores nucleares.

Por su propia naturaleza, este tema de investigación, pese a su más que evidente autoconsistencia te

mática, desempeña un perfecto papel de apoyo a otras investigaciones relativas a diversos aspectos de la Física Nuclear, las cuales han sido también objeto de atención/ por parte de otros equipos de trabajo de la Sociedad y - reciben su tratamiento pertinente en el análisis de esa/ área.

El considerable número de artículos que con-/ forman esta sublínea y la diversidad de su contenido nos inducen a distinguir, a su vez, dos apartados de investi- gación.

a) Detectores y contadores

Fueron las investigaciones en este terreno -/ las pioneras en la Electrónica Nuclear. Abarcan un con-/ junto total de diecinueve artículos (235), que se ini--/ cian con los dedicados a la construcción de contadores - Geiger y de equipos electrónicos que se utilicen en la - comprobación de los mismos, llegándose a diseñar un de-/ tector y medidor portátil de radioactividad que es per-/ feccionado sucesivamente a lo largo de los años. Junto a estos artículos hay otros dedicados a la construcción y/ diseño de dosímetros, contadores de cátodo externo y es- cintilómetros, éstos últimos destinados a la detección - de la radiación  $\gamma$  y aplicables a prospecciones.

Son de señalar también un bloque de tres artí

culos sobre la elaboración de circuitos que permitan la entrega de datos en la base decimal (y no en la binaria) y otros, también en bloques de dos o tres artículos dedicados a investigaciones sobre detectores-contadores de más envergadura que las practicadas al principio. Tratan sobre circuitos de coincidencias y anticonincidencias, analizadores monocanales transistorizados y medidores de frecuencia de impulsos aperiódicos, en los cuales se utilizan ordenadores.

#### b) Otros equipos electrónicos

Son considerados en este apartado un total de trece artículos (236) cuyo contenido, aún siendo a veces el complemento de alguno de los desarrollados en el apartado anterior, se aparta en mayor o menor medida según el artículo que se considere de los problemas relativos a la detección o el recuento de impulsos.

Los temas más trabajados sobre esta cuestión han sido la construcción de generadores de impulsos, la creación de un dispositivo de disparo para el acelerador Crockcroft-Walton de 150 kV de la JEN, el cual es rectificado posteriormente, la construcción de equipos espectrométricos  $\gamma$  y el diseño y puesta en práctica de equipos de control automático para los sistemas de seguridad de reactores nucleares. Observándose, finalmente, algu-

nos artículos aislados sobre características generales - de los equipos electrónico-nucleares, servoanalizadores/ y diseño de una fuente estabilizada para el caldeo de filamentos en un tubo de rayos X.

#### 5.3.3.2. Investigaciones instrumentales diver sas

Incluiremos aquí un conjunto de trabajos cuya finalidad, aún siendo claramente instrumental, se aparta de las aplicaciones nucleares de la Electrónica o no la/ tiene como objetivo primario. Dado que se aceptan todo - tipo de aplicaciones el contenido de la sublínea será, - por fuerza, muy heterogéneo.

A excepción de unos pocos autores, que firman dos o tres trabajos a lo sumo, todos los demás publican/ sólo uno. La lista sería entonces muy prolija y su utilidad prácticamente nula. Nos limitaremos, por tanto, a citar algunos célebres en otras líneas y que aportan algún artículo a ésta, como son J. Baltá, M. Mellado, J. Gar-/ cía Santesmases y G. Pardo. Exactamente la misma apreciación es aplicable a la procedencia institucional.

Como era también de esperar, hay una enorme - variedad temática, pero está tan atomizada que no tiene/ sentido alguno el formar apartados. Nos limitaremos en-/ tonces a citar los temas que parecen más importantes.

Entre los artículos de la sublínea los hay sobre osciladores ultrasonoros y sus aplicaciones, dispositivos electrónicos para aplicaciones en espectroscopios, generadores de funciones matemáticas de tipo electrostático, materializadores de las líneas isoclasas en los circuitos de TV, sistemas analógicos de resistencias para la resolución de ecuaciones diferenciales en derivadas parciales en problemas de simetría cilíndrica, fluxómetros de utilidad en espectroscopía magnética nuclear, magnetómetros de alta sensibilidad, utilización de diafragmas piezorresistivos como transductores, osciladores con amplificadores operacionales y estudios sobre amplificadores magnéticos de autosaturación y algunas de sus aplicaciones a la construcción de instrumentos.

Toda esta serie de temas, y aún otros más que se han omitido, son desarrollados a través de veintinueve artículos (237).

#### 5.3.4. Propiedades eléctricas y magnéticas del Estado Sólido

Dentro de las investigaciones generales sobre Estado Sólido, que reciben su descripción completa en el área de Cristalografía y Física de los Sólidos, hemos separado todas aquellas referentes a la caracterización y posible interpretación de las propiedades eléctricas y -

magnéticas de los sólidos cristalinos, pese a que también podían haber sido incluidos allí.

Pero el hecho de que tuvieran un potente peso cuantitativo, presentaran un plantel de autores muy diferenciado al que desarrolla su labor en Cristalografía y tuvieran una procedencia institucional claramente distinta a las investigaciones de este campo nos indujo a considerarlas aparte. Por otro lado, su contenido temático, imbricado profundamente en los principios y métodos del Electromagnetismo, más que en los relativos a las consideraciones de tipo estructural, casi forzaba a la inclusión de este tema general de trabajo en el área que tratamos.

Tal y como ya fue someramente comentado en su momento, las investigaciones sobre las propiedades electromagnéticas del estado sólido comienzan a ser cultivadas en la Sociedad un tanto tardíamente, más o menos a mediados de la década de los sesenta. Cuando se contempla bajo una perspectiva histórico-cronológica su introducción, da la sensación de que es un tema de investigación al que se "resisten" a entrar los miembros de la Sociedad, pues ya en los años cuarenta se detectan un par de artículos debidos a S. Senent, J. Baltá y J. García-Santesmases, en los que se trazan interesantes panorámicas sobre los aspectos electromagnéticos de la Física -/

del Estado Sólido y se anima a los futuros investigadores a introducirse en ellos. Sin embargo, es de suponer que/ lo autónomo y novedoso del tema y la falta de medios adecuados para su puesta en marcha, retrasaron ésta casi en veinte años.

Con todo, al final de la época estas investi- gaciones presentan claros síntomas de afirmación, lo -// cual es bastante positivo, tanto por lo que conlleva de/ actualización del aparato investigador de la Sociedad, - como por lo que se refiere a las grandes aplicaciones in dustriales de esta pujante rama de la Física.

La línea que vamos a considerar incluye un to tal de cuarenta y tres artículos, los cuales serán rea-/ grupados en dos sublíneas, si bien en la segunda se da - una cierta heterogeneidad de contenido.

#### 5.3.4.1. Ferroelectricidad y Ferromagnetismo

Aparecen las primeras investigaciones sobre - este tema en 1966, extendiéndose ya hasta el final de la época, destacando a nivel institucional tres centros de/ investigación claramente diferenciados, como son la Uni- versidad de Navarra, la Universidad Autónoma de Madrid - y, aunque con un menor aporte de artículos, el Instituto de Investigaciones Físicas "Leonardo Torres Quevedo". -/ Asimismo, de señalar el hecho de que se aprecian algunas

colaboraciones de centros extranjeros, tal vez con una frecuencia superior en proporción a la de otras líneas, que en su momento irán siendo reflejadas.

Temáticamente estas investigaciones son ricas, varían bastante no sólo de un centro de producción a otro sino incluso dentro del mismo centro. Parece entonces procedente no hacer consideraciones globales sobre esta cuestión y pasar directamente al análisis del contenido de los artículos producidos en cada uno de los centros anteriormente citados.

En Navarra destacan como productores J. González Ibeas y A. del Moral, trabajando este último en colaboración con la Universidad de Southampton (Inglaterra). Su producción global consta de trece artículos (238) que son desarrollados temáticamente en torno a dos cuestiones generales, los fenómenos de conmutación en cristales ferroeléctricos con tiempo de tránsito no despreciable y los fenómenos de imanación.

Por lo que respecta a la primera cuestión se intenta elaborar una teoría que de cuenta del pulso de conmutación, producido a través de una resistencia en serie con el cristal que conmuta, cuando se le somete a un impulso rectangular. En el segundo se estudian los retardos anómalos de la imanación del material por las corrientes de Foucault y algunos aspectos sobre susceptibilidad

reversible y comportamientos magnetoresistivos, ambos -/  
en materiales concretos.

Por su parte, en el Instituto "Torres Quevedo" son producidos cuatro artículos (239), debidos a B. Jiménez, E. Maurer y colaboradores, que se dedican al estudio del campo coercitivo del solenito ácido de litio, - lo que es tanto como decir que se estudian fenómenos de inversión de la polarización, y otras investigaciones referidas a la influencia de ciertas impurezas en las propiedades dinámicas (como la conmutación y el ciclo de -/ histéresis) y eléctricas en cristales del ferreléctrico/ T.G.S.

En la Autónoma de Madrid se dan diversas in-  
vestigaciones en torno a fenómenos ferromagnéticos. Son/ sus autores más destacados A. Trueba y A. Hernando, aunque los firmantes sean varios más. Son desarrolladas en/ los años setenta y abarcan ocho artículos (240).

Temáticamente tratan sobre dominios ferromagnéticos, funciones de trabajo de superficies sólidas, -/ efectos magneto-ópticos y determinaciones de la permeabilidad bajo campos exteriores, siendo el tema más trabajado el que se refiere a los monocristales alargados de -/ hierro (los "whiskers"), en los que se hacen estudios sobre la dinámica de la pared de Bloch, de la que se intenta relacionar su velocidad de propagación con el lado me

dio de los cristales, sobre su imanación y sobre la construcción de magnetómetros útiles en este tipo de investigaciones.

Por su contenido específico cabría incluir -/ también en esta sublínea otros cuatro artículos (241), - realizados todos ellos por autores españoles de Valencia y Bilbao y en el Instituto de Tecnología de Zurich sobre transiciones antiferromagnéticas, energías de imanación/ y constantes de anisotropía en materiales ferromagnéti- /cos, así como sobre las propiedades dieléctricas de los/ cristales ferroeléctricos.

#### 5.3.4.2. Semiconductores y otros temas

Las investigaciones sobre el tema de semiconductores, aunque esbozadas ya en una pareja de artículos realizados en las dos primeras décadas de la época, no toman auténtica consistencia hasta los años sesenta, prolongándose luego hasta el final de la época, no siendo de todas formas un tema de investigación excesivamente - prodigado por los miembros de la Sociedad.

La realización de los artículos correspondientes ha sido canalizada básicamente a través de dos instituciones españolas, el Instituto de Física "Alonso Santa Cruz" del CSIC y la Universidad de Navarra y varias ex- / tranjeras, como son las Universidades de Harvard y - -/

Massachusetts y los IBM Laboratorios de New York. Este volumen de colaboraciones extranjeras, para un total de once artículos, parece ser un claro indicador de una fuerte laguna de infraestructura española para la investigación de este tema. Conviene también reflejar que, en este caso concreto, las firmas de autores extranjeros son frecuentes, lo cual parece a su vez indicar que hay pocos miembros de la Sociedad dedicados a estas cuestiones; cosa negativa, si se tiene en cuenta la importante atención que las mismas reciben en las publicaciones internacionales.

La mayor parte de las investigaciones sobre semiconductores van dirigidas a los de naturaleza metálica. Son varios los temas tratados, entre ellos, la elaboración de aparatos para medir mediante técnicas de sondeo la posición de junturas p-n con respecto a la superficie del cristal, características eléctricas de las heterojunturas, corrientes de recombinación fluctuaciones electrónicas, diversos tipos de "ruido" en semiconductores y efecto fotomagnetoeléctrico, cuestiones todas ellas tratadas a través de ocho artículos (242), observándose tres más (243) sobre semiconductores amorfos, materializados en láminas delgadas de compuestos cuaternarios.

Aparte del tema de los semiconductores incluí

las de J. A. Gómez García sobre la obtención de soluciones aproximadas en las ecuaciones diferenciales planteadas en el problema de cálculo en la corriente de bobina/saturable, y las de otros autores sobre tratamientos numéricos en problemas de dieléctricos y sobre análisis de armónicos en tensiones periódicas no sinusoidales. Incluyen hasta un total de diez artículos (249).

f) Aspectos teóricos y generales

Investigaciones de J. Baltá y J. A. Gómez García sobre el estudio de una lente electrostática cilíndrica y de otros autores sobre triboelectricidad, cálculo de la energía mecánica en ciertos circuitos, métodos para la medida de constantes y pérdidas dieléctricas en los líquidos, campos estacionarios de corrientes cilíndricas y electrónica cuántica. Son un total de ocho artículos (250).

5.3.6. Valoración crítica global

Una de las cuestiones a plantearse con absoluta prioridad a la hora de efectuar el balance de los logros obtenidos en esta área, es si en las investigaciones de la misma tuvieron o no continuación los trabajos del que fue la máxima figura de la primera época, Blas Cabrera. La naturaleza de los trabajos de este autor, re

mos aquí una serie de siete trabajos (244) dedicados a - otros aspectos del Estado Sólido estrechamente relacionados con el contenido general de la línea. Nos referimos/concretamente a tres artículos sobre electrónica del Estado Sólido, que tratan temas como el de diodos electroluminiscentes y componentes de circuitos integrados, dos sobre la construcción de un montaje experimental para el estudio sobre anisotropía en emisiones electrónicas desde la superficie de metales y semiconductores y otros -/dos sobre efecto hall y resistividad en aleaciones fé--/rreas binarias y efectos superficiales en superconductores, en el que se intenta relacionar el estado físico de la supervicie con su capacidad para el transporte de corriente y su imanación.

Pese a que en estas últimas investigaciones - todos los firmantes son españoles, se sigue observando - una clara influencia institucional extranjera, lo que -/connota aún más lo dicho anteriormente sobre el escaso - arraigo entre los miembros de la Sociedad de este tipo - de temas.

#### 5.3.5. Aspectos diversos

Pese a que con la línea dedicada a Estado Sólido se culminan los grandes bloques coherentes dentro - de las investigaciones sobre Electricidad y Magnetismo, /

ello no obsta para que aparezcan también una importante/cantidad de reducidos bloques de artículos dedicados a - una gran variedad de temas.

Dada su entidad numérica, ascienden a un to-/tal de 38 trabajos, nos ha parecido procedente su inclu-sión en una sublínea que permita, siguiera someramente,/caracterizarlos y clasificarlos.

Como es de suponer, la distribución cronológi-ca, temática, institucional y de autores, es bastante -/heterogénea. Al objeto, entonces, de dar una mejor vi--sión de conjunto, haremos una división en varios aparta-dos.

a) Propiedades eléctricas de los medios materia-les

Se recogen en este apartado las investigacio-nes de J. Palacios y A. Espurz sobre dieléctricos perma-nentemente electrizados ("electretes"), y las de otros -autores sobre medida de corrientes de absorción y de la/constante dieléctrica del agua. Agrupan cuatro artículos (245).

b) Propiedades magnéticas de los medios materia-les

Consideraremos aquí las también investigacio-nes de Palacios sobre el fenómeno de magnetostricción, -

referidas a la variación de las dimensiones en el seno - de los campos magnéticos, y las de otros autores sobre - la minimización de pérdidas por histéresis en materiales magnéticos. Las conforman seis artículos (246).

c) Simulaciones biológicas

Investigaciones de J. García Santesmases y -/ otros sobre analogías electrónicas de elementos neurona- les, simulación del reflejo condicionado y modelos elec- trónicos de inhibición lateral en el ojo del *Límulus*. In- cluyen un total de cuatro artículos (247).

d) Aplicaciones geofísicas y meteorológicas

Investigaciones de varios autores sobre méto- dos de prospección mediante corriente continua, registro magneto-fotográfico de los terremotos, medidas de conduc- tividad eléctrica en el aire y estudio de los atmosféri- cos mediante registro electromecánico. Las forman cinco/ artículos (248).

e) Técnicas matemáticas auxiliares

Se incluyen en este apartado las investigacio- nes de J. Mañas sobre teoremas en torno a la transforma- ción de Laplace y sobre circuitos para derivación e inte- gración (de aplicación en *Optica Electrónica*), así como/

lativos como es bien sabido, en su gran mayoría, a las - propiedades magnéticas de la materia, habrían tenido su/ continuación natural en el área de Electricidad-Magnetismo o en la de Química-Física.

Si a juzgar por lo que se expone en la de Química-Física la labor de Cabrera es allí casi totalmente/ marginada, podemos ya plantear, en base al análisis temático efectuado, que en la presente área las investigaciones de este prestigiado autor no tienen el menor atisbo/ de continuidad. Cuestión que, si bien era de esperar da- do el tratamiento que recibió Cabrera por parte de los - vencedores de la guerra civil, viene a constatar defini- tivamente el hecho de que ya de entrada, en la segunda - época de la Sociedad, se comenzó tirando por la borda, - olímpicamente, la labor científica más prestigiada y completa de todas las realizadas en Física a lo largo del - primer tercio del siglo.

La circunstancia que acabamos de constatar es tanto más penosa cuando, según concretaremos enseguida,/ buena parte de los investigadores que trabajaron en Electricidad durante la postguerra, dieron señas de poseer - unas aptitudes y capacidad muy aceptables.

Si bien durante los cuatro años siguientes a/ la terminación de la guerra las investigaciones de corte electromagnético quedan literalmente abandonadas, no tarta

dan en hacer su aparición, según hemos tenido ocasión de comprobar en el análisis temático, las primeras series - coherentes de artículos dedicados a unos temas de investigación absolutamente novedosos en los Anales.

De un lado tenemos la aislada de González del Valle, con sus estudios sobre la equivalencia de los sistemas eléctricos y mecánicos, de alta originalidad y - / abordada en profundidad. De otro, la importante labor - / del equipo de García Santesmases sobre los fenómenos de ferresonancia en paralelo, los cuales, además de ser - un certero precedente para investigaciones más ambicio- / sas del campo general de la Automática, presentan algu- / nos indicadores objetivos de calidad, como serían el hecho de aportar tratamientos novedosos a nivel internacional (por ejemplo la consideración de la histéresis del - / entrehierro en este tipo de problemas) y el de haber sido catalogadas por la E.O.A.R.D., como dignas de subvención.

Esta recuperación de las investigaciones electromagnéticas ya se mantendrá, aunque con altibajos, hasta el final de la época. A partir de los años cincuenta, según vimos, toman cuerpo las investigaciones en Automática, a las cuales no son ajenas los miembros del equipo inicial de Santesmases, aunque otros varios se fueran - / sumando al transcurrir del tiempo. Como hemos ido viendo

anteriormente los estudios sobre estas cuestiones fueron ganando en profundidad, pasando de los elementos más simples del diseño electrónico de calculadoras a la investigación de los sistemas de control y gobierno automático.

Así pues, la labor que se inició como alternativa a las líneas de investigación practicadas en la guerra, si bien no puede decirse que alcance la misma relevancia, tampoco cae en el vacío, en tanto que acaban dando lugar a un sólido cuerpo de investigación. Pero es de señalar que si bien los trabajos emprendidos no carecían de calidad, no parece que su proyección sobre las necesidades nacionales haya sido debidamente capitalizada, pues en estos terrenos, relativos a la construcción/ y optimización de calculadoras analógicas y sistemas de control automático, abundaron en nuestra tecnología los elementos de importación, a lo largo de toda la época, - y aún hoy persiste este fenómeno.

Por lo que respecta a las investigaciones sobre instrumentación electrónica, según tuvimos ocasión de comprobar, el único cuerpo coherente de producción fue el dedicado a los dispositivos electrónicos típicos de los trabajos en Física Nuclear. Dichas investigaciones son llevadas a cabo en la JEN durante los años cincuenta y sesenta, teniendo posteriormente su adecuada réplica - en las que se siguen en ese mismo organismo a partir de/

1960 sobre el análisis de reacciones nucleares mediante técnicas no fotográficas. Son, por tanto, unas investigaciones que se proyectan rápidamente en aplicaciones, pero esas aplicaciones son de mero apoyo a una rama de la Física Nuclear de contenido esencialmente básico. Con lo que su posible proyección tecnológica, cuestión en la que tanto insistimos por las peculiaridades en este terreno del área que estamos tratando, es prácticamente nula.

Cabría, finalmente, referirse al cuerpo de investigación que surge en torno a las propiedades electromagnéticas del estado sólido. Sobre esto conviene hacer dos apreciaciones iniciales. Lo curioso que resulta el que al cabo de los años se vuelva al mismo campo de trabajo planteado ya por Cabrera antes de la guerra, y el importante retraso con el que comienzan a aparecer trabajos en este terreno en los Anales con relación a la producción internacional. No en balde ya los propios investigadores de la Sociedad planteaban en los años cuarenta, como hicimos ver en su momento, la conveniencia de trabajar este campo, años en los que ya era practicado en muchos países, en tanto que aquí se comienza en 1966.

El intento por recuperar el tiempo perdido es abordado con auténtico interés por los investigadores que a él se dedican, pero a juzgar por lo expuesto en el

el análisis temático no se da un sólo equipo de investigación que actúe coherentemente aunando los esfuerzos, sino varios grupos dispersos que se ven obligados continuamente a recurrir a instituciones extranjeras en demanda de infraestructura experimental.

Las perspectivas de futuro de estas investigaciones eran excelentes cuando en el apartado dedicado a la explicitación de las líneas nos ateníamos en exclusiva a las cotas cuantitativas, pero ahora vemos que la situación de los trabajos sobre las propiedades eléctricas y magnéticas de los sólidos es más delicada. Si el continuo recurrir a instituciones extranjeras es indicador de que se carecía de los medios necesarios para ellas, cabe a su vez interpretar que el importante descenso de algunos de los indicadores bibliométricos que se manejaron en la evaluación cualitativa del área, venga asociado al hecho de que pase a ser ésta la línea más relevante de la última fase de la época, dándose la circunstancia arriba reflejada, de ser una línea sin equipos de trabajo sólidamente establecidos.

En resumen, podríamos intentar reflejar lo efectuado en Electricidad-Magnetismo en unas apreciaciones globales que creemos han quedado más que avaladas con la exposición previa. Junto a la absurda e improcedente actitud de renunciar a las líneas marcadas por Ca-

brera en la preguerra, se intenta una incursión en campos de investigación absolutamente novedosos en la Sociedad. Los investigadores llevan a cabo en ellos una labor entusiasta, pero en la que se observa una potente dependencia del extranjero y una inadecuada proyección de sus esfuerzos hacia la tecnología nacional.

#### 5.4. Química-Física

Manteniéndonos en un plano totalmente general, deberían ser incluidos en esta área todos aquellos trabajos cuyo contenido hiciera referencia a la interpretación de fenómenos químicos en base a su sustrato causal físico o, dicho en términos más metodológicos, la codificación y posterior desarrollo teórico-experimental de los fenómenos típicamente químicos en el lenguaje formal de la Física.

Pero esta globalización inicial queda muy recortada por las peculiaridades que presenta el desarrollo de esta área de investigación en la Sociedad, ya de sobra reflejadas en capítulos anteriores, las cuales hacen que lo referente a su contenido temático corra el riesgo de presentar un considerable sesgo de partida.

El hecho de que sólo parte de los artículos de esta disciplina sean publicados en los Anales de Física, podría ser, fácilmente, causa de lagunas importantes en el desarrollo temático normal de las líneas de investigación que vamos a matizar más adelante, lo cual degeneraría en una panorámica final un tanto distorsionada de las investigaciones en este campo. Con todo, y aunque sólo fuera por el peso cuantitativo que ofrecen, resulta imprescindible su análisis pormenorizado si se quiere profundizar en lo que ha sido la labor científica lleva-

da a cabo en la Sociedad durante su segunda época.

Deseamos, por tanto, dejar constancia previa/ de que puedan haber sido notablemente trabajadas otras - líneas distintas a las aquí consideradas, por los mismos o por otros miembros de la Sociedad, dentro del área general de Química-Física, o , cuando menos, completadas - en los tomos de Química parte de las investigaciones reflejadas en los de Física . La total constatación de este hecho, con la pertinente rectificación de lo que aquí se exponga, sería objeto de un trabajo más específico -/ que el presente.

Si bien, desde el momento que las sucesivas - comisiones de publicación y los propios autores han ido/ decantando libremente una serie de artículos, justo los/ que vamos a reflejar aquí, para su inclusión en los to-/ mos de Física, no deja de ser una buena garantía de que/ vamos a desmenuzar temáticamente los trabajos de Química -Física cuyo contenido presenta una mayor penetración en los métodos y principios de la Física, lo cual, teniendo en cuenta la naturaleza y objetivos de este trabajo, es/ un dato sumamente alentador.

#### 5.4.1. Líneas temáticas de investigación

El análisis pormenorizado de los 180 artículos de esta área publicados en los tomos de Física, permite/

la delimitación de tres claras líneas de investigación - general dentro de ella. Una primera, la de Electromagnetoquímica (EMQ), en la que agruparemos todas las investigaciones relativas al estudio de la base electromagnética subyacente a diversos procesos químicos, y otras dos, las de Química Cuántica (QC) y Termoquímica (TQ), que -/ abordan la misma cuestión pero referida, respectivamen- / te, a las bases mecanocuántica y termodinámica, defini- / ciones éstas que, como es natural, sólo tienen de momen- to un valor de aproximación muy general.

El balance cuantitativo global de cada una de las tres líneas citadas en el conjunto de la época, es - en este caso un primer elemento discriminatorio no excesivamente bueno, puesto que hay una línea, la QC, que -/ con un número de 76 artículos supone un 42,2% del total, y las otras dos, EMQ y TQ, ambas con 52 artículos de pro- ducción global, poseen idéntico peso porcentual, un - -/ 28,9%. La línea de QC aparece, pues, claramente más sig- nificativa que las otras dos, aunque éstas mantengan - / unas cotas cuantitativas estimables en el conjunto del - área.

Planteando ahora el análisis a nivel anual y/ quinquenal en términos absolutos (ver Tablas 241 y 242;/ Gráfica 111) y porcentuales (ver Tabla 243, Gráfica 112), la situación tiende a clarificarse notablemente. Así, es

de observar como la línea más relevante, la QC, arranca/ de unos niveles casi imperceptibles en los dos primeros/ quinquenios, a partir de los cuales inicia un potente as censo en los tres siguientes, durante los que se mani--/ fiesta como la auténtica línea dominante del área, supo- niendo siempre más de la mitad de la producción global - de ella. El brusco descenso relativo que experimenta en/ el penúltimo quinquenio, debido al progreso de la línea/ de TQ y no a disminución en la producción propia, es com pensado en parte con el aumento que se observa en el úl- timo, finalizado el cual, tanto por la cota porcentual - como por el importante crecimiento en el número de artí- culos, puede indicarse que la línea presenta una intere- sante perspectiva futura al final de la época.

Por lo que se refiere a la línea de TQ se ob- serva un comportamiento bastante más irregular. Tras par- tir de un nivel significativo, se produce un importante/ descenso en los quinquenios segundo y tercero hasta lle- gar a desaparecer. Posiblemente tenga en este fenómeno - un claro protagonismo el hecho de la no inclusión de to- dos los artículos de este área en los tomos de Física. - Es a partir del quinquenio 1955-59 cuando la línea ini-/ cia un importante proceso de alta en su producción que - la lleva, incluso, a ser la de mayor peso porcentual y - cuantitativo en el penúltimo quinquenio, tras el cual, y

pese a experimentar un ligero descenso, parece haber llegado por fin a unas cotas estables y aceptablemente prometedoras.

Pasando ahora a la línea de EMQ, vuelve a detectarse la misma tónica de irregularidad. Tras un buen inicio esta línea se mantiene en unos niveles bastante sólidos durante los primeros veinte años, a partir de los cuales cae bruscamente a cero e inicia posteriormente un ascenso, modesto. Al final de la época parece encontrarse en proceso de estabilización con ligera tendencia al crecimiento. Si bien su futuro no se manifiesta en ese momento como excesivamente prometedor, al menos da la sensación de haberse conseguido una mínima base de producción desde la que poder relanzarse.

En su conjunto, el área presenta, pues, una variedad temática aceptable y una buena equilibración cuantitativa global de sus tres líneas entre sí, si bien al matizar la situación a períodos de tiempo más reducidos, hacen su aparición una serie de irregularidades porcentuales y cuantitativas tan aparatosas que, caso de no tener una rectificación implícita en los tomos de Química, denotarían una total carencia de planificación global en este tipo de investigaciones, no enmendada hasta los últimos años de la época. Tal vez el análisis temático pormenorizado de cada una de las líneas pueda aportar

datos que contribuyan a clarificar esta situación. Anális temático éste que toma aquí un especial relieve tanto por la posible proyección técnica de su contenido, como por su presumible naturaleza interdisciplinar y las conexiones que de ello puedan derivarse con relación a otras áreas generales de investigación.

#### 5.4.2. Electromagnetoquímica

La interpretación de diversos fenómenos quílicos en base a la utilización de las leyes y métodos básicos del Electromagnetismo, es sin duda uno de los campos de investigación más tradicionales y fecundos de la Quimicofísica. Los investigadores de la Sociedad no hansido ajenos a esta importante línea de trabajo, habiendo desarrollado en ella una significativa labor.

Como ya se hizo ver en su momento, las investigaciones de esta línea se distribuyen cronológicamente a lo largo de toda la época con bastante irregularidad, pero es en la primera mitad de la misma cuando parecen// alcanzar su apogeo. Pueden detectarse con bastante clalridad, y así se hará en el desarrollo por sublíneas, tanto los centros claves de producción como los autores más significativos.

En términos generales, las investigaciones de esta línea, dirigidas en su mayoría hacia temas muy concretos, son tendentes casi siempre hacia cuestiones púralmente fundamentales, si bien se hace notar un reducido -

grupo de artículos con proyección práctica interesante.

Considerando como principal criterio de clasificación, aunque no exclusivo, el peso cuantitativo de las distintas series temáticas, han sido tomadas en consideración dos sublíneas, dirigidas, respectivamente, a los fenómenos de tipo electroquímico la primera y a los de tipo magnetoquímico y catalítico la segunda.

#### 5.4.2.1. Fenómenos electroquímicos

Incluiremos dentro de esta sublínea aquellos trabajos en los que se interpretan diversos fenómenos químicos, en función exclusiva de las propiedades eléctricas de los componentes materiales que intervienen en dicho fenómeno.

Son de distinguir tres equipos coherentes de investigación, cuya producción conforma la mayor parte de las investigaciones de la sublínea, y un conjunto de artículos no desdeñable, variados a nivel institucional y temático. Elementos éstos con los que formaremos cuatro apartados de investigación claramente diferenciados.

Como tendremos ocasión de comprobar, aparecerán entre los autores algunos investigadores destacados en otras áreas temáticas, lo que es una primera aproximación positiva hacia el hecho de la naturaleza interdisciplinaria de este tipo de investigaciones.

a) Equipo del Instituto del CSIC "G. Rocasolano" de Madrid

Este equipo, cuyos elementos individuales más destacados son A. Ríus, A. Marín y J. Llopis, da comienzo a su actividad investigadora, en plena década de los cuarenta, con unos trabajos sobre instrumentación experimental de utilidad en Electroquímica y otros relativos a fenómenos de pasividad en plomo y sobretensión del hidrógeno, con cátodos de mercurio, bajo la adición de sales.

Posteriormente, ya en una labor más sistemática, centran su atención en dos temas concretos de investigación, cada uno de los cuales es desarrollado mediante varios artículos, como son el estudio de los electrodos de vena de mercurio y el estudio de la impedancia faradámica con electrodos de platino.

Por lo que respecta a los electrodos de vena, se investiga especialmente la capacidad de la doble capa formada en la interfase mercurio/electrolito y la optimización del funcionamiento general del electrodo en base a su estudio general físico-químico.

En relación con la impedancia faradámica, se efectúan unos estudios teóricos sobre la variación de la misma, con electrodo de platino, en presencia de sistemas de oxirreducción, estudios que son después aplicados a los casos particulares de los sistemas  $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{I}_2/\text{I}^-$ .

El máximo de producción de este equipo se da en los años cincuenta, habiéndose plasmado su labor mediante un total de quince artículos publicados en Anales, entre los cuales, preciso es decirlo, hay alguno cuya relación con los temas expuestos es bastante lateral (251).

b) Equipo de la Universidad de Sevilla

En el laboratorio de Física de esta Universidad, y entre los años 1944 y 1947, despliega su labor un equipo de investigación en el que destacan como individualidades más descollantes L. Brú y C. Gómez Herrera y que ofrece una producción total de ocho artículos (252).

Temáticamente, investigan inicialmente en un tema muy concreto como es la comprobación experimental de ciertas correcciones teóricas, propuestas por autores extranjeros, a la teoría de Debay-Hückel sobre los coeficientes de actividad en sales metálicas, para pasar posteriormente a una gama de trabajos algo más variada.

Son de destacar, en este terreno, las investigaciones llevadas a cabo en torno a los potenciales de metales en contacto con disoluciones de sales de otro metal distinto, tema en el que son prácticamente pioneros, donde intentan establecer una formulación matemática que de el potencial y estudiar su formación espontánea. Asimismo, se observan otras investigaciones en torno al no/

complimiento en ciertos electrolitos de la ley de inducción y al estudio de la distribución general de la corriente eléctrica en un tubo contenedor de una interfase cobre/solución.

c) Equipo del Instituto "Alonso Santa Cruz" del CSIC, en Madrid

Trabajando ocasionalmente también en otras instituciones distintas a la citada, se detecta un pequeño equipo de tres miembros, alguno de los cuales destacan en otras áreas generales de investigación, formado por J. Palacios, M. T. Vigón y R. Salcedo, que publica un total de siete artículos (253), casi todos en los años cuarenta.

A nivel de contenidos sus investigaciones son variadas. Así, pueden observarse algunos artículos referidos hacia el tema de fondo de la adsorción de iones como origen de potenciales, pero con una proyección práctica hacia la preparación de carbón coloidal por vía electrolítica y pilas con electrodo de carbón activo.

Siguiendo en torno a los electrodos de adsorción son publicados, posteriormente, un par de artículos en los que se somete a juicio crítico la teoría de Nernst, defendiéndose en ellos la hipótesis de que el potencial galvánico entre un electrolito y un metal es de-

bido, principalmente, a la emisión de electrones por parte del metal y, secundariamente, a la adsorción de cationes por el mismo.

Son de señalar, finalmente, otras investigaciones en torno a elementos galvánicos y a las aplicaciones de la centrifugación de electrolitos, en concreto -/ las referentes a su utilización en la separación de isótopos.

Indicaremos, para terminar la descripción de/ la producción de este equipo, que presenta algunas colaboraciones con instituciones extranjeras, portuguesas -/ concretamente, y no son de pasar por alto las posibles - aplicaciones a la industria de algunas de sus investigaciones y el renombre de sus componentes en otras líneas/ de investigación.

#### d) Otras investigaciones

Agruparemos aquí un conjunto de seis artículos, institucional y temáticamente variados, no encajables en ninguno de los apartados previamente considerados (254), artículos éstos que, como es natural, presentan una dilatada distribución cronológica.

Tal vez las investigaciones más interesantes/ en este apartado sean las referentes al análisis de la - interfase Si-SiO<sub>2</sub> , aunque sólo fuera por su clara pro-/

yección práctica hacia la fabricación de elementos de -  
utilidad en microelectrónica.

También son tratados otros temas como la de-/  
terminación de polarizabilidades y momentos dipolares en  
ácidos benzoicos, en los diclorofenoles, cuestiones cris-  
taloquímicas y elaboración de un nuevo tratamiento teóri-  
co sobre la termodinámica de la adsorción en electroli-/  
tos.

#### 5.4.2.2. Fenómenos magnetoquímicos y catalíti- cos

Incluimos en la misma sublínea estos dos te-/  
mas genéricos de investigación por razones exclusivamen-  
te cuantitativas, dado que considerando los artículos de  
ambos, éstos representan, aproximadamente, la mitad de -  
los dedicados a la interpretación de fenómenos electro-/  
químicos.

Por lo demás, tanto desde el punto de vista -  
institucional como del de los autores de los artículos,/  
ambos apartados presentan unas diferenciaciones casi to-  
tales. Fenómeno éste que se ve incluso acrecentado cuan-  
do se contempla la distribución cronológica, dado que am-  
bos temas son desarrollados con un lapsus temporal entre  
ellos de un cuarto de siglo.

Como es lógico ante lo expuesto anteriormente,

dividir las investigaciones de esta sublínea en dos apartados, cada uno referido, respectivamente, al tratamiento de los fenómenos de naturaleza magnética y catalítica, cuyo contenido global creemos queda de sobra clarificado con sólo referirse al título adoptado en cada caso.

Pese a las marcadas diferencias que hemos ido reflejando entre los dos temas aquí delimitados, conviene señalar que, considerando globalmente la línea, sí -/ que se obtiene una coherencia interna bastante acusada, / además, las investigaciones realizadas en torno a procesos de catálisis son abordadas, como inmediatamente tendremos ocasión de comprobar, por medio de teorías de tipo electrónico.

#### a) Magnetoquímica

Todos los artículos de este apartado, salvo - dos, curiosamente el primero y el último, son debidos a / un sólo investigador, J. M. Alameda, el cual lleva a ca- / bo su labor en el Laboratorio de Física de la Universi- / dad de Valladolid, durante los años cuarenta.

Este autor centra su atención en el diseño y / construcción de un nuevo tipo de balanza Curie-Chevenau / para el estudio de las propiedades magnéticas de las so- / luciones. Balanza que utiliza posteriormente en la reali- / zación de determinaciones magnetoquímicas sobre solucio-

nes concretas de diversas sales de hierro y níquel.

Las investigaciones realizadas por otros autores hacen referencia, respectivamente, a la magneto-óptica del cloruro férrico (del que se determina la constante de Vernet) y a la variabilidad de la susceptibilidad/ y momentos magnéticos de un quelato cúprico.

En conjunto, este apartado es conformado por siete artículos, casi todos ellos realizados en el segundo quinquenio de la década de los cuarenta (255).

#### b) Catálisis

Las investigaciones en este tema, si bien no/ excesivamente relevantes desde el punto de vista cuantitativo, tienen una especial significación cualitativa, - debido a su ubicación cronológica, pues es hacia ellas - donde se estaba polarizando la actividad de los equipos/ de trabajo al finalizar la época.

Son llevadas a cabo por un equipo investiga- / dor que despliega su labor a través del Instituto del - / CSIC "G. Rocasolano", de Madrid, normalmente en el Departamento de Catálisis. A nivel de autores destacan J. A./ Pajares Somoano y J. Soria Ruíz como firmantes más asi- / duos, aunque acompañados por un buen plantel de colabora / dores. Entre su producción global aparecen algunas cola / boraciones con instituciones extranjeras, concretamente/

inglesas y americanas, estando concentrada dicha producción en la última década de la época.

Desde el punto de vista temático la cuestión/ más trabajada ha sido la teoría electrónica de la catálisis para semiconductores. Concretamente se incide en el/ tema de evaluar la interdependencia cuantitativa entre - la actividad catalítica y la conductividad eléctrica, ya establecida con precisión en los conductores puros, en - cuerpos semiconductores. Para ello se aporta una impor- tante serie de determinaciones experimentales sobre los/ valores tomados por ambas magnitudes en catalizadores -/ óxidos semiconductores, determinaciones que son realiza- das en diversa condición de medio y temperatura. Detec- tándose también alguna aportación en torno a dispositi- vos de medidas aptos para este tipo de investigaciones./ Labor toda ésta que es llevada a cabo en cinco artículos publicados (256).

Asimismo son de estimar además otros cuatro - artículos de este mismo equipo (257), ya sobre una temá- tica más variada. Hacen referencia a efectos de transpi- ración térmica, en los que abordan algunos problemas so- bre su cálculo teórico y se hacen aplicaciones posterio- res relativas al estudio de este fenómeno en el He, Ne,/ N y CO<sub>2</sub> a temperaturas altas, y a otras cuestiones como descomposiciones térmicas y aplicaciones del método de -

doble resonancia al estudio de catalizadores, concretamente en zeolitas de cobre.

#### 5.4.3. Química Cuántica

Vamos a considerar incluidos en esta línea todos aquellos trabajos cuyo objetivo básico sea el conocimiento e interpretación de aquellos fenómenos que, pertenecientes al dominio atómico y molecular, tengan incidencia importante en las propiedades químicas de los compuestos y elementos en cada caso considerados.

Por la propia naturaleza de este campo científico, las investigaciones que se desarrollen en él han de tomar, necesariamente, una doble dirección, de un lado, la elaboración de modelos teórico-matemáticos en base normalmente a los principios y métodos de la Mecánica Cuántica y, de otro, la contrastación de esos modelos mediante los bancos de datos obtenidos a través de técnicas espectroscópicas específicas.

Dentro de la Sociedad se ha trabajado en ambas direcciones a partir de los años cincuenta, aunque, como posteriormente se matizará, con alguna irregularidad. Por su propio contenido, estamos ante un campo general de investigación totalmente básica y claramente interdisciplinar, al cual han dirigido su atención relevantes individualidades entre los miembros de la Sociedad./

Circunstancia ésta, que unida al hecho de que sean las - investigaciones de más volumen cuantitativo, abunda en - la importancia de su desglose temático.

Las sublíneas formadas se han estructurado se gún las dos direcciones teórica y experimental, antes es tablecidas.

#### 5.4.3.1. Modelos cuántico-moleculares

Las investigaciones que agrupamos bajo esta - denominación tienen como objeto fundamental la proposi- / ción de modelos teóricos en torno a la estructura elec- / trónica de las moléculas, la naturaleza y propiedades - / del enlace químico, la estimación de distancias atómicas y moleculares y otros aspectos estructurales.

Son de distinguir en su realización tres equi- / pos de trabajo, perfectamente diferenciados, tanto a ni- / vel institucional como temático, cuya labor iremos desa- / rrollando mediante tres apartados, incluyendo otro más - / que recogerá las diversas investigaciones aisladas que - / hayan sido realizadas por elementos ajenos a los tres - / equipos mencionados.

##### a) Equipo de la Universidad de Valladolid

Es este el equipo pionero dentro del campo de investigación que estamos tratando. Desarrolla su labor/

en los primeros años de la década de los cincuenta a través de un total de siete artículos (258), siendo sus figuras más destacadas los hermanos Salvador y Fernando Senent y M. Aguilar.

Temáticamente abordan, inicialmente, el problema del cálculo de la intensidad del enlace en las ligaduras  $\Pi$ , proponiendo un método nuevo que considera la orientación y distancia de recubrimiento de los orbitales que lo forman, tema que es posteriormente desarrollado mediante varios artículos destinados a la evaluación de intensidades de enlace concretas y a la justificación de estructuras moleculares de diversos compuestos. Dan, también, un nuevo método, rectificando las ideas de Kimball, para determinar las funciones propias de las valencias dirigidas en las formas puras de hibridación, con posteriores aplicaciones.

Han sido incluidos también en este apartado otros tres artículos (259), pertenecientes ya a los últimos años de la época y realizados uno en Valladolid, pero por autores distintos a los anteriormente considerados, y dos en la Universidad de Santiago, relativos también al estudio cuántico de los orbitales. Tratan sobre la determinación de funciones propias de orbitales híbridos en ciertos tipos de moléculas y sobre el estudio de la interacción sigma-pi utilizando diversos métodos concretos.

b) Equipo del Instituto del CSIC "G. Rocasolano" de Madrid

Este equipo despliega su labor a partir de -/ 1964, rompiendo con sus investigaciones un prolongado -/ lapsus en el que había entrado este campo de trabajo des de que, en 1951, deja de publicar sobre él el equipo de/ la Universidad de Valladolid.

La figura más destacada es Y. G. Smeyers Gi-/ llemin, junto al que firman algunos colaboradores. Ofre- cen una producción global de ocho artículos (260), entre su año de inicio y el final de la época, en cuyo momen- to parecen haber perdido fuerza en su ritmo de publica-/ ción.

A nivel de contenidos su producción es varia- da. El problema que trabajan con mayor amplitud es el es tudio de la estructura electrónica de la molécula de - /  $CF_4$  , el cual abordan a través del método de orbitales/ moleculares de Coulson (establecido en 1937), en base al cual elaboran unos estudios posteriores sobre energías - de transición y momentos dipolares a la vez que resuel- ven algunas cuestiones matemáticas relativas a este tipo de investigaciones.

Posteriormente ofrecen algunos trabajos en -/ torno a las diferentes variantes del método de Hartree-/-Fock, al estudio de los estados fundamentales de la mo-

lécua de hidrógeno, determinaciones de constantes de -/  
fuerza y una discusión crítica de la teoría del campo au  
toconsistente multiconfiguracional simultáneo.

c) Equipo del Instituto Química de Sarriá-Univer  
sidad de Alberta

Estas investigaciones, como se indica en el -  
encabezamiento, son producto de una doble colaboración -  
por parte de S. Fraga, que desarrolla su labor en el De-  
partamento de Química de la Universidad canadiense de Al  
berta y R. Carbó que lo hace en el Instituto Químico de/  
Sarriá.

Temáticamente presentan bastante variación. -  
Los trabajos iniciales, un tanto dispersos, son dedicados  
a la evaluación teórica del desdoblamiento correspondien  
te a la estructura fina de átomos polielectrónicos me--/  
diante la utilización de funciones de Hartree-Fock, la -  
determinación de radios atómicos y la de constantes de -  
acoplamiento spín-spín. Tras ellos, entran en el que se-  
rá su tema más trabajado, el estudio de la estructura de  
diversas moléculas poliatómicas mediante el método AVE-/  
-CI-SCF; las moléculas estudiadas tienen hasta ocho áto-  
mos, y en base al citado método se efectúan diversas de-  
terminaciones relativas a su afinidad electrónica, poten  
cial de ionización y estados excitados, entre otras cues

tiones. Posteriormente, ya finalizando la época, ofrecen un par de trabajos más sobre la contrastación de diversos métodos para la evaluación de niveles energéticos de los electrones de una molécula y determinaciones concretas - sobre los estados fundamentales y primeros estados excitados en elementos transactínidos.

Toda esta labor es llevada a cabo en la última década de la época, siendo plasmada en un conjunto de diez artículos (261), que parecen tener buenas perspectivas de futuro al final de ésta, si bien en los dos últimos años da la sensación de que la colaboración mutua de los dos autores citados comienza a decrecer.

#### d) Otras investigaciones

Agruparemos en este apartado las series de -/ artículos y/o trabajos aislados llevados a cabo por autores distintos a los considerados en los equipos hasta -/ ahora citados.

Algunas de ellas proceden de envíos realizados por instituciones extranjeras, en concreto lo hacen tres de ellas pertenecientes al ámbito francés, o bien - a incursiones esporádicas en el campo teórico llevadas a cabo por investigadores que normalmente desarrollan su labor en el campo experimental. Si bien conviene advertir que el contenido teórico hace referencia, en la abru

madora mayoría de los casos, a la interpretación de masas de datos y no a la creación especulativa de modelos.

Ante la enorme dispersión temática que presentan estos trabajos, y en evitación de una prolija relación que poco de nuevo aportaría a la caracterización global de la línea que estudiamos, serán citados sólo los autores y temas más relevantes:

- J. Fernández Biarge y colaboradores

Trabajan en torno a la interpretación teórica de los datos provinientes de los espectros de vibración para el fluoroforno y para compuestos heterociclos pentagonales.

- C. Leivovici

Ofrece interpretaciones teóricas de los espectros moleculares electrónicos del benzonitrilo y la benzoquinona.

- J. Bertrand y colaboradores

Presenta estudios sobre la variación de equilibrios tautoméricos bajo la influencia de la luz en las bases púricas y pirimidicas.

- D. Escolar y J. Morcillo

Efectúan evaluaciones de constantes ópticas a partir de los datos suministrados por espectros de vibración

ción-rotación.

Como es natural las distribuciones institucional y cronológica presenta, tambien, grandes variacio-nes. Estas investigaciones abarcan un total de trece artículos publicados desde finales de los años cincuenta - (262), si bien, preferentemente quedan incluidos en la década de los setenta.

#### 5.4.3.1. Espectroscopía molecular

Como es bien sabido, los métodos espectroscópicos son el soporte experimental mas importante de las/investigaciones dirigidas hacia el estudio del mundo atómico-molecular.

Si para las investigaciones pioneras de la estructura atómica resultaron básicos los datos experimentales aportados mediante los espectros electrónicos de emisión, para el análisis e interpretación de la estructura molecular, han sido los espectros de absorción en el infrarrojo los que han ofrecido una mayor fecundidad. Dichos espectros han proporcionado información adecuada/sobre los diversos estados de vibración y rotación de - las moléculas, obteniéndose a partir de ellos datos referidos a aspectos tan interesantes como radios molecula-res, constantes de fuerza y otras cuestiones.

Estos espectros son, sucesivamente, completa-

dos con otros de los que se ha ido obteniendo información adicional. Así, los espectros Raman han sido utilizados para confirmar los resultados obtenidos por los de infrarrojo, los de resonancia magnética nuclear (RMN) y los de resonancia magnética de spín (RSE), al objeto de au-mentar la información sobre las estructuras moleculares.

Los miembros de la Sociedad han dedicado un significativo grupo de investigaciones a la espectroscopía molecular, entre las cuales, aunque han sido trata-dos todos los tipos de espectro, el número de artículos dedicados al de infrarrojo es notablemente mayor.

No hubiera sido rechazable el incluir buena parte de los artículos de esta sublínea en el área general de Espectroscopía, pero dada la procedencia institucional de los mismos, el enfoque de su contenido temático y el hecho de que, aún trasvasándolos toda esta serie de artículos, el área de Espectroscopía no habría adquirido peso cuantitativo suficiente para proceder a su estudio temático individual, nos pareció más procedente el mantenerlos en el área de Química-Física y ofrecer, de esta forma, un análisis pormenorizado de las investigaciones en este campo concreto de la espectroscopía molecular.

La producción de artículos ha sido canaliza-da, en forma exclusiva, a través de instituciones españ

las, habiéndose asentado definitivamente esta línea de -  
investigación a partir de 1960 y pudiéndose distinguir -  
en la misma dos claros apartados.

a) Espectros y técnicas auxiliares de experimen-  
tación

Consideraremos incluidos en esta sublínea, to  
dos aquellos artículos dedicados a la realización de es-  
pectros moleculares de cualquier tipo sobre sustancias/  
concretas y los destinados a mejorar, desde un punto de/  
vista técnico, el funcionamiento general de los diferen-  
tes tipos de espectroscopios normalmente utilizados en -  
estos trabajos.

Las investigaciones de esta sublínea son lle-  
vadas a cabo fundamentalmente a través del Instituto de/  
Química-Física del CSIC "G. Rocasolano" de Madrid, ya -/  
sea en sus laboratorios propios o en colaboración con -/  
los adscritos a las Facultades de Ciencias de varias - /  
Universidades, sobre todo madrileñas. También se reali-/  
zan algunas investigaciones a través del Instituto de Op-  
tica del CSIC "Daza de Valdes" y de diversas institucio-  
nes extranjeras estadounidenses y alemanas.

A nivel de autores se da un enorme grado de -  
heterogeneidad, apareciendo un gran número de ellos con/  
muy baja producción. Tan sólo hay tres que publiquen pre

cisamente tres artículos, J. Bellanato, J. R. Barceló y/ M. Rico, en tanto que todos los demás ofrecen una producción global de uno o dos artículos.

Desde el punto de vista temático la inmensa - mayoría de los trabajos son, por su propia naturaleza, - colecciones sistemáticas que recogen las frecuencias de/ las bandas de absorción en el infrarrojo para una amplia gama de compuestos químicos de diversas características, trabajándose también, ocasionalmente, en el ultravioleta/ ta.

En un mayor grado de concreción cabe indicar que los compuestos investigados han sido el hidruro de - germanio, derivados cromados del etano, derivados fluorados del etileno, algunos cianuros complejos, el alcohol/ bencílico, el fenol, el  $\beta$ -feniletanol, nitrilos (vibraciones del grupo  $C\equiv N$ ), furano y derivados, ácidos aminobenzoicos (en forma sólida y en disolución), aminas primarias alifáticas, 1-1-dimetil-hidracina-monoborano, - / ácidos benzoico y toluico (para los que ofrece el RMN) y las moléculas de litio y sodio.

Son de señalar también un pequeño grupo de artículos dedicados a las mejoras técnicas de instrumentación en este tipo de investigaciones. Van fundamentalmente dirigidos a la mejora de los elementos de excitación, para la que llega a ser utilizado un rayo láser, manan-/

tiales luminosos para espectroscopía Raman y técnicas para la elevación del poder resolutivo.

Toda esta labor es desplegada en un conjunto de veinte artículos (263), los cuales, salvo algunos - / aislados correspondientes a los años cuarenta y cincuenta, son realizados en los últimos quince años de la época.

#### b) Técnicas de investigación espectroscópica

En este tema, cuyo enfoque temático matizaremos más adelante, se detecta un único equipo de investigación, el cual trabaja exhaustiva y monográficamente en un apartado concreto.

En el Instituto "G. Rocasolano" de Madrid, a mediados ya de los años cincuenta, inician J. Morcillo, / J. Fernández Biarge y J. Herranz, una serie de trabajos / en torno a las técnicas de vaciado de la información de / los espectros de infrarrojo. En este campo, la mayoría - de las investigaciones habían sido tradicionalmente realizadas en base al estudio de la frecuencia de las bandas de vibración-rotación. Contrariamente a ésto, los autores arriba citados, centran su atención en la intensidad fotométrica de las bandas, intentando sacar partido / de la relación de ésta con ciertas magnitudes como la polaridad y la polarizabilidad molecular. Queda así abier-

to un tema muy definido de investigación en el marco general del estudio de los espectros de intensidades en el infrarrojo. Este peculiar enfoque será ya trabajado hasta el final de los sesenta por los investigadores antes señalados y otros que se les añaden posteriormente.

Concretando más el contenido, indicaremos que, junto a una exposición de la teoría general sobre el tema de las medidas de intensidades de las bandas, pueden verse varios trabajos sobre la determinación experimental de las bandas fundamentales de vibración-rotación - del  $\text{SO}_2$ , del fluoruro de carbono, cloruro de carbono, trifluorometano, triclorofluorometano, tolueno aldehídos alifáticos, derivados bencénicos monosustituídos y los compuestos  $\text{Cl}_4\text{C}$ ,  $\text{Cl}_4\text{Si}$ ,  $\text{CF}_4$ ,  $\text{SiF}_4$  y  $\text{GeCl}_4$ , en varios de los cuales son ofrecidas algunas aportaciones sobre cuestiones como los momentos de enlace y propiedades polares de los mismos, recurriendo en algunos casos a medidas de intensidad de las bandas preconizadas por otros autores, como ocurre con la  $\Gamma$  de Crawford.

Los artículos que forman esta sublínea, quince en total (264), comienzan a ser publicados en 1956, tomando bastante auge hasta el final de esa década, luego, tras una buena producción en los sesenta prácticamente desaparecen en el último quinquenio.

#### 5.4.4. Termodinámica Química y temas diversos

Es sabido que muchos fenómenos químicos consiguen interpretarse mediante los principios y métodos de/ la Termodinámica, constituyendo de hecho, la aplicación/ de esta ciencia a los problemas químicos uno de los pilares más sólidos y tradicionales de la Química-Física.

En esta línea de trabajo los miembros de la - Sociedad, si bien no presentan una producción excesiva-/ mente numerosa, sí que han efectuado interesantes incur- siones dirigidas por algunos de ellos cuyo renombre es - indiscutible, tanto a nivel de la propia Sociedad, como/ en el contexto general de la investigación española. - / Creemos que ésto justifica de sobra el considerar por se parado este tema de investigación.

Aunque la producción de artículos en este te- rreno se halle distribuída a lo largo de todas las déca- das, es a partir de los años sesenta cuando parece que-/ dar definitivamente asentada. Es también de señalar que/ la mayoría de los artículos aquí considerados tienen un/ contenido físico tan alto que tendrían perfecta cabida - dentro de las investigaciones en Física pura.

Debido al escaso peso cuantitativo que, como/ antes señalábamos, tienen los trabajos termoquímicos, -/ junto a ellos se han incluido otros grupos de artículos, temáticamente dispersos, que son difícilmente clasifica- bles en las líneas anteriores. En ellos se realizan algu

nas investigaciones interesantes, con una cierta proyección práctica en varios casos.

Como es natural, la matización temática será/ dividida en dos sublíneas, cada una de ellas correspondiente a los apartados de investigación anteriormente ci tados.

#### 5.4.4.1. Aspectos termoquímicos en líquidos - y gases

Tal y como se hace constar en el encabezamiento de la sublínea han sido los estados líquido y gaseoso aquellos que han recibido la atención exclusiva de los investigadores dedicados a este campo de la Termoquímica. Vamos entonces a estructurar el análisis de contenidos por medio de dos apartados dedicados a cada uno de los estados anteriormente indicados.

##### a) Gases

En cuanto a las investigaciones sobre al esta do gaseoso, no deja de llamar la atención su gran dilatación cronológica y su importante variedad de autores, re forzadas ambas particularidades por la escasa entidad -/ cuantitativa que presentan.

A nivel temático se aprecia un tema genérico/ central, como es el estudio de los fenómenos de transpor te, el cual ha sido abordado bajo distintos enfoques y -

para múltiples objetivos en función siempre, claro está, del gas, con el que en cada momento se trabaja.

Aparece en este terreno un primer grupo de -/ cuatro trabajos (265) entre 1942 y 1947, debidos a O. R. Foz, S. Senent y colaboradores, realizados en el CSIC y/ en colaboración con la Universidad de Göttingen, los cua- les versan en conjunto sobre los mecanismos de dependen- cia entre la conductividad calorífica y la presión en -/ los gases reales. Cuestión ésta sobre la que se propone/ un modelo teórico inicial defendiendo la interpretación/ de este fenómeno en base a la consideración exclusiva de la asociación molecular, la cual, tras algunas comproba- ciones experimentales es posteriormente rectificadas uti- lizando métodos de investigadores extranjeros.

Tras un prolongado lapsus de tiempo, yéndonos ya a los años 1964 y 1965, se observa una nueva serie de cuatro artículos (266), realizados en el Instituto "Ro- casolano" de Madrid por A. P. Masiá y colaboradores, en/ los que vuelve a estudiarse la variación de la conducti- vidad calorífica con la presión, ahora en el caso parti- cular de varios derivados halogenados del metano, en los que también es estudiado el fenómeno de acomodación mole- cular sobre el platino, cuestión que se aborda mediante/ el llamado método del "alambre caliente". Posteriormente inciden en la interrelación de conductividad calorífica/

y temperatura, cuestión abordada teórica y prácticamente.

Ya en los dos últimos años de la época, hay - un par de artículos (267) que abunda en el estudio de -/ los procesos de transporte, ahora referidos a la determinación teórica y posterior contrastación experimental de los coeficientes de transporte en cuatro modelos concretos de gases con moléculas no esféricas. Son sus autores G. Ureña y M. Lombardero.

En resumen, y tal como se anunció al princi-/  
pio, estas investigaciones quedan muy desparramadas a lo largo de toda la época, no presentan excesivas coincidencias de autores y, en cambio, parecen ser temáticamente/  
variaciones sobre un mismo tema.

#### b) Líquidos

Dentro del tema general de la Termodinámica - del estado líquido, y tras unas reducidas investigacio-/  
nes llevadas a cabo en los años cuarenta, queda estable- cido, desde la entrada de los sesenta, un potente equipo de investigación que será el que canalice la casi totalidad de los trabajos realizados en este terreno.

El pequeño equipo pionero está formado por só- lo dos autores, O. R. Foz y M. Colomina, los cuales lle- van a cabo en los laboratorios de la Universidad de Va-/  
lencia, entre 1942 y 1946, una serie de cuatro artículos (268), referidos al estudio de los calores de dilución -

y disolución del tiosulfato sódico pentahidratado, para/ la realización de los cuales ponen a punto, por primera/ vez en España, un dispositivo basado en el desarrollado/ por E. Lange pero adecuadamente simplificado, con el que llevan a cabo varias determinaciones experimentales so- / bre esta cuestión.

Sin embargo, el afianzamiento del tema no se/ conseguirá hasta que, a partir de 1963, inicie su impor- tante serie de publicaciones el que puede considerarse - como la máxima autoridad en estas cuestiones, M. Díaz Pe ña, junto al cuál firmará asiduamente, a la vez que otro buen plantel de colaboradores, M. Lombardero. Este equi- po no cejará ya en su labor hasta el final de la época,/ desarrollando ésta a través del Instituto "G. Rocasolano" y de la cátedra de Química-Física de la Complutense, - / ofreciendo un total de 14 artículos que, tras ser somet<sub>id</sub> os a un análisis individual, pueden subdividirse en dos apartados de investigación.

a) Investigaciones sobre procesos de mezcla

Se aborda en ellas el problema de la mezcla - de dos líquidos desde el punto de vista termodinámico, - trabajando siempre en torno a la adecuada utilización de las funciones termodinámicas de exceso. Junto a desarro- llos generales de estas cuestiones se hace aplicación al

caso de mezclas de Berthelot, mezclas de alcoholes normales y al sistema N-hexano+N-hexadecano. Todo ello llevado a cabo mediante cinco artículos (269).

b) Investigaciones sobre la teoría molecular del estado líquido

En este campo se desarrolla una nueva aproximación para la teoría de celda con huecos del estado líquido, en base a la cual se elabora una serie de artículos dedicados a cuestiones de muy diversa índole, como - el cálculo de la función de partición, la determinación de la ecuación de estado y constantes críticas, el cálculo del segundo coeficiente del virial, el del coeficiente de Joule-Thompson, para lo que se da un nuevo enfoque a la teoría suponiendo que el logaritmo del volumen libre es una función de grado "n" de la fracción de huecos, y/ la interpretación del equilibrio líquido-vapor.

Estas investigaciones son completadas tanto - con las aplicaciones de esta misma teoría al caso de disoluciones líquidas, como con unos estudios sobre teoría molecular de fluidos manejando el potencial de Kihara. - En total se ofrecen nueve artículos (270).

5.4.4.2. Temas diversos

Según se dijo en la introducción se considerarán incluidos aquí todos aquellos grupos de artículos -/

que, siendo cuantitativamente poco destacados, no poseen un contenido temático clasificable en ninguna de las líneas anteriores. Con todos ellos iremos formando una serie de pequeños apartados de investigación, muy variados desde todos los puntos de vista, alguno de los cuales al canza ciertos grados de relevancia o, cuando menos, de -/ originalidad. Por mor de esa importante cota de varie-/ dad, nos limitaremos a exponer unas cuantas matizaciones, muy esquemáticas, en cada caso.

a) Macromoléculas

Se engloban aquí las investigaciones llevadas a cabo por algunos autores en el "Rocasolano" y en el ma drileño Instituto de Plásticos y Caucho sobre las mesofa ses colestéricas y el dicroísmo circular de disoluciones de DNA y sobre membranas celulósicas electronegativas y/ análisis configuracional de compuestos macromoleculares. Las conforman seis artículos (271).

b) Electrocinesis

Investigaciones llevadas a cabo en la Univer- sidad de Granada sobre dispositivos para medidas de po-/ tencial de sedimentación y comportamiento electrocinéti- co del cuarzo en disolución. Tan sólo dos artículos (272).

### c) Reología

En este terreno se dan dos núcleos de investigación. De un lado incide el equipo de Díaz Peña traba-  
jando en torno al cálculo de los parámetros intermolecu-  
lares, para los potenciales de Leonard-Jones y Stockmayer,  
en compuestos diversos de naturaleza orgánica.

De otro, un equipo investigador del Patronato  
J. de la Cierva del CSIC, en Madrid, trabaja en torno a/  
la obtención y métodos de cálculo para espectros de rela  
jación en materiales viscoelásticos, dispersiones viscoe-  
lásticas en polietileno orientado, respuesta transitoria  
y otros temas reológicos de este tipo de materiales.

La labor de ambos equipos queda reflejada en-  
un conjunto de nueve artículos (273).

### d) Otras cuestiones

Incluimos aquí las panorámicas generales de -  
investigación, los diseños instrumentales, cristalografía,  
cinetoquímica, aplicaciones industriales de la ten-  
sión superficial y polímeros. En total, siete artículos/  
aislados (274).

#### 5.4.5. Valoración crítica global

Hemos insistido repetidamente a lo largo del/  
conjunto de este trabajo, en las peculiaridades que pre-

senta este área de investigación, ante el hecho de que - parte de su contenido esté incluido en los tomos de los/ Anales dedicados a Química. Cuestión que adquiere una es- pecial relevancia cuando centramos nuestra atención en - los aspectos temáticos y que nos hace, una vez más, de- jar constancia del carácter un tanto provisional de las/ consideraciones que efectuaremos a continuación, las cua- les quedan a la espera de un posterior contraste cuando/ en futuras investigaciones se profundice específicamente en el análisis particular de este área.

Al referirnos a la disciplina científica de - la Química-Física a lo largo de la segunda época de la - Sociedad, no puede obviarse la circunstancia de que es - en la primera década de ésta cuando se produce la bata- lla por su adecuada institucionalización como asignatura universitaria. Aspiración proclamada incluso desde los - mismos Anales (275) y que sólo parece alcanzarse plena- mente en el segundo quinquenio de los años cuarenta, mo- mento a partir del cual las investigaciones de esta dis- ciplina parecen adquirir un buen impulso, que remitirá - algo después, como se desprende de lo expuesto en el aná- lisis temático. Con todo, no parece inadecuado el consi- derar que, dada la tradición de la investigación Química en España, ya desde el inicio de la época esta discipli- na tenía la posibilidad de desarrollarse a nivel investi

gativo con una infraestructura mínimamente aceptable.

Abundando en lo anterior, hemos de referirnos a la significativa circunstancia de que al menos parte - de las investigaciones de la máxima figura en Física de/ la primera época, el eminente profesor Blas Cabrera, tenían su continuación natural en el seno de la Química-Física, como son en concreto las dedicadas a electrolitos, en las que este investigador llega a ser un precursor de la teoría de Debye-Hückel. Otras líneas de investigación por él trabajadas, como la de las propiedades magnéticas de la materia, en las que es un vanguardista colaborador del propio Weiss, podrían también, aunque en menor medida, haber tenido continuación en la presente área además de en la de Electricidad y Magnetismo.

Iniciando nuestra valoración en conexión con/ esto último, hemos de comenzar poniendo una vez más de - manifiesto la enorme ruptura cualitativa que se produce/ a resultas de nuestra guerra civil.

Por lo que respecta a las investigaciones sobre las propiedades magnéticas de la materia, que no tuvieron ningún tipo de continuidad en los investigadores/ dedicados a Electricidad-Magnetismo, tienen aquí ínfimo/ intento de aproximación a las mismas por medio de los -/ trabajos sobre la magnetoquímica de las sales de níquel/ llevados a cabo por Alameda con la balanza de Curie- - /

Chevenau, intento éste que no pasa de ser mera anécdota/ si lo comparamos con la orientación y logros del equipo/ de Cabrera en la primera época.

Algo se hace también en base a retomar la línea de las investigaciones de corte electrolítico, pero/ la labor desplegada al respecto por Brú y colaboradores/ en Sevilla sobre las comprobaciones de las correcciones/ propuestas por autores extranjeros a la teoría de Debye- -Hückel, no arraiga posteriormente en un hacer continua- do. A este respecto, tampoco es satisfactorio el intento del equipo de A. Rius el cual, pese a ser el de mayor en tidad, decae antes del inicio de los sesenta y se corres- ponde menos a nivel temático con lo realizado en la pri- mera etapa. Así pues, si tomamos como referencia de par- tida las investigaciones de Cabrera como posible pauta - de acción para la segunda época, o al menos para el ini- cio de la misma, nos encontramos con una fuerte ruptura/ temática y una importante pérdida de relevancia.

Dicha pérdida parece más achacable a las cir- cunstancias imperantes y razones de orden organizativo - que a los propios científicos, en los cuales se aprecian repetidos intentos, aparte de los dos ya citados, de - / abrir líneas de investigación químico-físicas durante -/ los años cuarenta, como parece desprenderse de las inves- tigaciones a las que hicimos referencia en su momento so

bre la conductividad calórica en los gases, en las que colabora con la Universidad de Göttingen, las dirigidas a los calores de dilución y las de Palacios sobre aplicaciones industriales.

No obstante, será varios años después, una vez ya mediados los años sesenta, cuando logren cuajar las primeras líneas sólidas de investigación. Hasta entonces, la producción en esta área, pese a que en ciertos momentos alcanza cotas cuantitativas relevantes, se caracterizaba por su dispersión.

Retrotrayéndonos algo, ya a finales de los cincuenta comienzan a consolidarse los trabajos de tipo teórico y los de naturaleza espectroscópica. Investigaciones éstas que si nos atenemos a su surgimiento en la esfera internacional llegan con notable retraso, pues es en 1927 cuando Born y Oppenheimer sientan las bases interpretativas de los espectros de vibración-rotación y en 1928 cuando Raman, analizando la radiación difusa de los cuerpos puros iluminados con luz monocromática, demostró que la misma no contenía tan sólo la radiación excitatriz sino también otro conjunto de radiaciones característico del espectro de vibración-rotación de las moléculas del cuerpo, dando con ello origen al espectro que lleva su nombre. Siendo también algo muy significativo el hecho de que en nuestro propio país, concretamente du

rante 1935 y en el Instituto de Física y Química, J. Catalán prepara un proyecto de investigación en espectros Roman dedicando todo un año a la puesta a punto del dispositivo experimental. Como vemos, la guerra civil provoca un paréntesis de veinte años en las investigaciones de este tipo.

Pese a ese retraso que hemos detectado, la consolidación de estas investigaciones viene acompañada de/ varios aspectos positivos. De un lado es un indicador de que ya se había alcanzado la capacidad de infraestructura experimental necesaria para este tipo de trabajos, y/ de otro, conviene tener en cuenta que según reflejamos - en su momento, las investigaciones de esta línea no van/ dirigidas exclusivamente a la recogida sistemática de datos experimentales, sino que va acompañada de innovaciones técnicas (como la estimación de la intensidad de las rayas espectrales) y teóricas (como son las rectificaciones que se proponen a los modelos de Kimball y Hartee- -Fock), a la vez que denotan la utilización de métodos,/ como el AVE-CI-SCF, de manejo frecuente en publicaciones internacionales especializadas.

La incorporación a la Química-Física de los - trabajos sobre termoquímica, enfocados según vimos, desde el punto de vista de la mecánica estadística varios de ellos, y la entrada en escena de las investigaciones so-

bre problemas catalíticos al final de la época, acaban - de conformar la idea de que la Química-Física pujaba por tomar definitivamente cuerpo en esos últimos años.

Pese a lo anterior, parece ser mucho tiempo - el que se perdió con los primeros quinquenios de trabajo escasamente coherente, realizado en buena parte por in-/vestigadores actuantes en otras áreas y con una orienta- ción periclitada en muchos casos, aunque con las excep- ciones que en su momento se reflejaron. A la vez que re- trasa la institucionalización de una disciplina interna- cionalmente más que aceptada por esos años y se desperdi- cia la ocasión de continuar, en ciertos aspectos, algunos de los enfoques más fecundos y prestigiados de la prime- ra época.

La reacción que se observa en los quince años finales, con ser globalmente positiva, no deja de adole- cer de algunos inconvenientes. Así, su propia tardanza - en producirse se acentúa especialmente por lo que se re- fiere a algunos apartados de investigación muy importan- tes como los de termoquímica y catálisis, en los que ape- nas si ha habido tiempo para asentar con solidez los - / equipos pioneros de investigación. Cuestión ésta que es/ confirmada por algunos de los indicadores bibliométricos que en su momento pusimos de manifiesto.

En este mismo orden de cosas, no deja de lla-

mar la atención el hecho de que las líneas nacientes en/ la parte final de la época, sean, precisamente, las que/ podían ofrecer una mayor proyección en sus aplicaciones/ prácticas. En tanto que las de contenido más teórico y - fundamentalista (espectroscopía, modelos moleculares,...) alcanzan su auge justo en los años en los que se da co- mienzo al proceso de desarrollismo e industrialización.

### 5.5. Física Nuclear

En esta área de Física Nuclear se incluyen todas aquellas investigaciones que hacen referencia a la identificación y caracterización de las partículas elementales constituyentes de los núcleos atómicos, y de las que puedan surgir de las reacciones producidas al interactuar dichos núcleos con proyectiles atómicos de diversa naturaleza. Asimismo, incluimos también el estudio de los procesos que tienen lugar en el seno de los reactores nucleares y las investigaciones relativas a los fenómenos de radioactividad.

Como ya se hizo ver en su momento, esta área es la de mayor peso cuantitativo de todas las practicadas por los miembros de la Sociedad. Este hecho, reforzado por la tardía aparición de estas investigaciones en relación con las consideradas en otras áreas, es ya un primer gran motivo para ahondar en el contenido temático. Pero es que el peso específico que tienen dentro de la Sociedad algunos de los máximos investigadores de esta área, su variada procedencia institucional y sus conocidas posibilidades de aplicación tecnológica, son nuevas razones para realzar la importancia que tiene en este caso la matización pormenorizada de los contenidos.

Al contrario de otras áreas, la que vamos a estudiar no tiene antecedentes en la primera época de la

Sociedad, así pues, es una típica representante de la labor desplegada en la segunda. Este detalle, apoyado por las consideraciones del párrafo anterior, caracteriza a este área como una buena piedra de toque para realizar una aproximación a la labor científica llevada a cabo en la Sociedad durante su segunda época.

#### 5.5.1. Líneas temáticas de investigación

Los 277 artículos de Física Nuclear pueden ser divididos en dos grandes líneas, una primera dedicada a Física Corpuscular y otra segunda referente a las investigaciones sobre Reactores y Radioactividad.

No obstante, dada la enorme magnitud que entonces alcanzaría la primera de ellas y las sólidas diferenciaciones temáticas que se dan en su contenido, parece más adecuado subdividirla, ya de entrada, en dos líneas independientes, una que recoja las investigaciones/realizadas mediante técnicas fotográficas, que son las más, y otra que agrupe a las llevadas a cabo mediante otras técnicas distintas.

De esta forma, consideraremos a nuestra área dividida en tres amplias líneas de investigación, la de Física Fotocorpuscular (FF), la de Física Corpuscular con Técnicas no Fotográficas (FCTNF) y la de Física Nuclear Técnica y Aplicada (FNTA), apreciándose, como ya

hemos esbozado, una mayor diferenciación de la tercera - con respecto a las otras dos.

Atendiendo a las cifras correspondientes al - numero de artículos de cada una de ellas a lo largo de - toda la época, globalmente considerada, observamos como/ la FF, con 154 artículos y un 55,6%, se manifiesta como/ la auténtica línea dominante de las investigaciones en - Física Nuclear, puesto que dobla en cantidad a la que le sigue, la de FNTA, que recoge un total de 75 artículos y un 27,1%. Como línea de menor entidad aparece la de - -/ FCTNF, con 48 artículos y 17,3%, la cual se mantiene, de todas formas en unas cotas numéricas no desdeñables.

El análisis anual y quinquenal del peso cuan- titativo de las líneas (ver Tablas 244 y 245; Gráfica -/ 113) y el de su evolución porcentual (ver Tabla 246, Grá- fica 114) es ilustrativo en varios aspectos. Ofreciéndo- nos una primera impresión global de que la afirmación de las investigaciones de Física Nuclear en la Sociedad, no se da hasta los años cincuenta, dato este que ya nos era conocido pero que ahora queda matizado al ver que ese -/ afianzamiento es debido a la fuerte entrada en escena de la Física Fotocorpuscular ya desde los primeros años de/ esa década. Como consecuencia de lo expuesto, a partir - de ahora nos referiremos siempre al quinquenio 1950-54 - como el primero en el que tiene sentido hablar de cifras

para las investigaciones de Nuclear, rechazando los valores cuantitativos de los dos anteriores por la enorme distorsión que les confiere su insignificante contenido de artículos.

La línea de FF alcanza un total de artículos/muy superior no sólo al de las otras dos aquí consideradas, sino también al del resto de las líneas de todas y cada una de las áreas establecidas para el total de las investigaciones de la Sociedad en cualquiera de sus dos épocas.

Se observa que la FF surge con bastante potencia en los años cincuenta, a lo largo de los cuales alcanza cotas porcentuales máximas, cede algo en su impulso durante los años sesenta, pese a lo cual siempre supone más de la mitad del total e inicia un leve descenso - en el último quinquenio de la época en el que por primera vez queda por bajo de la cota del 50%.

Por lo que se refiere a FNTA observamos como/tras un inicio relativamente fuerte (20%), presenta unos importantes altibajos entre 1955 y 1965 para estabilizarse en valores algo superiores al 20% en los diez últimos años de la época. Al final de ésta queda pues en una situación un tanto dudosa, pero cuando menos mantiene unas cotas desde las que podría ser viable un posterior impulso. No sería entonces correcto el catalogarla como una -

línea en decadencia.

La FCTNF toma cuerpo bastante después que las otras dos, de hecho vemos que sus cotas porcentuales no comienzan a tomar valores significativos hasta mediados/ los años sesenta, pero, a partir de entonces, su ascenso es verdaderamente espectacular, hasta el punto de que al final de la época es la línea que presenta un mayor empuje y unas más sólidas perspectivas de futuro (alcanza casi el 30%). Dado que, según ya dijimos, temáticamente esta línea es un tanto coincidente con la FF, su ascenso final viene a compensar sobradamente el leve descenso -/ apreciado en esta última, con lo que las investigaciones corpusculares en su conjunto se manifiestan como el núcleo central de las llevadas a cabo en Física Nuclear.

La visión de conjunto sobre las diversas líneas de investigación de este área, pese a que deberá -/ ser completada ampliamente en el análisis individual - / que se realice para cada una de ellas, permite inferir - algunos comentarios iniciales sobre el contenido global/ de la misma. En efecto, no puede pasarse por alto la impresión de partida sobre la pobreza temática que, en comparación con otras áreas, parece mostrar la de Física Nuclear, pues dado su gran volumen de producción habría sido viable el esperar que en ella se hubiesen cultivado - más líneas que en ninguna otra. Contrariamente, sólo apa

recen tres y dos de ellas casi podrían superponerse. Por contrapartida nos encontramos, pues, ante un esfuerzo de investigación sumamente concentrado en lo que a objetivos se refiere y en el que se vuelca, como hubo ocasión/ de comprobar en su momento, un enorme potencial humano./ Las consecuencias científicas de esta situación, sin precedentes en la historia interna de la Sociedad, podrán ser en parte esclarecidas mediante el análisis temático/ de las líneas.

#### 5.5.2. Física Fotocorpuscular

Esta línea de investigación, la más importante cuantitativamente de todas las que han sido cultivadas por los miembros de la Sociedad, tiene su inicio en las investigaciones llevadas a cabo en el H. H. Wills -/ Physical Laboratory de la Universidad inglesa de Bristol, por J. Catalá, al inicio de la década de los cincuenta,/ bajo la dirección del profesor W. M. Gibson. A raíz de ahí Catalá comienza a dirigir un eficaz equipo de investigadores en Valencia, los cuales van dando paulatinamente, pero de forma incansable, entidad cuantitativa a su producción hasta convertirla en la más prolífica de la Sociedad. Este equipo consigue institucionalizarse como grupo de investigación mediante la creación del Centro de Física Fotocorpuscular de la Universidad de Valencia,

que se convertirá más tarde en el IFIC (Instituto de Física Corpuscular), siempre bajo los auspicios económicos de la Junta de Energía Nuclear.

Siguiendo la publicación de los artículos, -/ puede verse claramente como el compacto equipo inicial -/ va desgajándose al ir accediendo al profesorado numera- / rio universitario sus primeros componentes. Este hecho, / en lugar de provocar un parón en las investigaciones, -/ como a veces sucede, supone la creación de nuevos y cada vez más fuertes equipos de investigación sobre este tema a lo largo de la geografía española. Al término de la -/ época, pese a notarse un leve descenso en la producción / de artículos, la línea no ofrece síntomas de decaimiento claros, pareciendo tener aún un interesante futuro.

Entre los investigadores iniciales, bajo la - dirección de J. Catalá, destacan F. Senent, J. Aguilar, / E. Villar y J. Casanova, apareciendo posteriormente, y - a lo largo de toda la época, un enorme plantel de segui- dores que sería auténticamente prolijo citar. Destacare- mos, no obstante, a A. García, J. M. Bolta, M. de la Cua- dra, G. Pardo, J. de la Rubia y A. F. Tejerina.

A nivel temático, esta línea agrupa a todos - los trabajos cuyo objeto es el aportar información sobre la naturaleza, niveles energéticos e interacciones mu- -/ tuas, de los núcleos atómicos y los componentes elementa

les de estos. La información experimental necesaria se -  
obtiene, normalmente, en base a mediciones de diversa na  
turaleza efectuadas sobre las trazas dejadas por estos -  
componentes al ser bombardeados, mediante aceleradores -  
de partículas, emulsiones fotográficas de varios tipos.

Debido a la ausencia de buenos aceleradores -  
en nuestro país, los bombardeos de las emulsiones son -/  
efectuados en el extranjero, sobre todo en diversos cen-  
tros ingleses y en el CERN (Ginebra). En los laborato--/  
rios españoles se procede al tratamiento, recuento y es-  
tudio de las trazas que han quedado impresionadas en las  
placas. Labor ésta que, aunque farragosa y demandadora -  
de una adecuada preparación, no parece requerir demasia-  
dos medios materiales ni arrastrar siempre una fuerte di  
ficultad, contrariamente, si parece exigir una sistemati-  
zación importante y una paciente labor de equipo.

Con objeto de reunir en un solo cuerpo todas/  
las investigaciones nucleares basadas en métodos fotográ-  
ficos, dentro de esta línea han sido también incluidas -  
las realizadas mediante el análisis fotográfico de los -  
procesos nucleares llevados a cabo en el seno de cámaras  
de burbujas. En este terreno el protagonismo ya no corres  
ponde exclusivamente al equipo de Catalá, pues pueden -/  
detectarse grupos de trabajo ajenos a él en el Instituto  
de Estudios Nucleares. Al igual que ocurría con el bom-/-

bardeo de emulsiones, la parte experimental de estas investigaciones es también realizada en el extranjero.

Tras una revisión detallada de todos los trabajos de esta voluminosa línea, parece procedente dividirla en cinco sublíneas, varias de las cuales encerrarán, a su vez, distintos apartados temáticos, cuya ubicación en las distintas sublíneas somos conscientes que a veces es más operativa que real.

#### 5.5.2.1. Estudios monográficos sobre reacciones nucleares concretas

Cronológicamente, corresponden a esta sublínea los trabajos pioneros de la investigación fotocorpúscular. Repasando las publicaciones de los primeros años, pueden distinguirse bloques de artículos cuyo objeto es el estudio sistemático y monográfico de ciertas reacciones nucleares muy concretas, las cuales iremos revisando mediante su separación en distintos apartados individuales.

##### a) Reacción $C^{12} (d,p) C^{13}$

La reacción es siempre provocada mediante el bombardeo del acetileno con deuterones. Se efectúan en ella varias determinaciones en torno al espectro energético de los protones producidos en ella, se analiza así-

mismo la distribución angular de la sección eficaz de la reacción a la vez que se hace un estudio de las difusiones que, simultáneamente, tienen lugar en el proceso estudiado.

Son dadas por el equipo investigador, con motivo del estudio de este evento nuclear, algunas técnicas auxiliares de cálculo y ciertas incursiones en el terreno teórico en torno a la deducción de spins y paridades de los núcleos residuales.

Son de destacar algunos estudios detallados sobre ciertos niveles excitados, y el descubrimiento de otros, para los núcleos de  $C^{12}$ ,  $C^{13}$  y  $B^{10}$ , apareciendo este último en la reacción secundaria  $C^{12} (d, \alpha) B^{10}$ .

Esta serie de investigaciones es llevada a cabo a través de un conjunto de quince artículos publicados entre 1950 y 1960 (276).

b) Reacción  $Li^7 (d,n) Be^8$

En esta reacción es estudiado básicamente el espectro energético de los neutrones que en ella se producen y la distribución angular de los protones de retroceso. Con motivo de estas investigaciones se ofrecen algunas aportaciones en torno a técnicas de investigación sobre la determinación de la fracción de escape de los protones de retroceso y la determinación de flujos neu-

trónicos.

El descubrimiento, en este proceso nuclear, - de ciertos niveles energeticos de excitación para el nucleo  $\text{Be}^8$  atrae la atención, y a la vez escepticismo, en/ varios equipos de investigación extranjeros (277). Esto/ supone, además del primer aldabonazo internacional para/ el equipo español, la publicación por parte del mismo de varios trabajos destinados a la aportación y búsqueda de nuevas pruebas sobre su descubrimiento inicial.

Son dedicados al estudio de esta reacción un/ total de nueve artículos (278), publicados en la década/ de los cincuenta casi en su totalidad.

c) Estudio de reacciones mediante análisis magné-  
tico

Mediante la utilización del espectrógrafo - / magnético multicanal de Aldermaston, inicia el equipo de Catalá en la década de los sesenta una serie de experien- / cias sobre el estudio de la difusión de deuterones me--/ diante núcleos de  $\text{V}^{51}$ , en las que normalmente, una vez/ realizada la difusión, un posterior análisis de los re-/ sultados mediante el modelo óptico permite extraer infor- / mación sobre la estructura nuclear del blanco, radios de interacción, magnitud de las fuerzas nucleares, etc... . No obstante, tras los primeros análisis de esta difusión

se pasa al estudio de la difusión secundaria  $O^{16}(d,d) O^{16}$  y de las interacciones generales con las impurezas del blanco. Pasándose, a continuación, al estudio sistemático mediante análisis magnético de las diversas reacciones nucleares que, paralelamente a la difusión inicial, tienen lugar en el mismo proceso.

Se estudian en concreto los eventos  $V^{51}(d,p)/V^{52}$ ;  $C^{12}(d,p) C^{13}$ ;  $O^{16}(d,p) O^{17}$  y  $Mn^{55}(d,p) Mn^{56}$ , dándose normalmente en cada una de ellas las distribuciones angulares correspondientes, a la vez que evalúan las secciones eficaces y se determinan varios estados energéticos excitados para los diferentes núcleos intervinientes.

Esta serie de investigaciones se lleva a cabo mediante once artículos, la mayor parte publicados en los años sesenta aunque pueden observarse algunos elaborados a principio de los setenta (279).

Finalizaremos el estudio de esta sublínea dando noticia de la inclusión en ella de dos artículos un tanto atípicos (280), pero en cierta forma conectados con este tipo de investigaciones. Tratan sobre la estructura de los isótopos del antimonio y sobre la evaluación del calor de reacción en el proceso  $Be^9(d,t) Be^8$ .

#### 5.5.2.2. Procesos de Scattering

Estas investigaciones tienen su origen en un vasto programa iniciado por tres Universidades inglesas, centralizado en Birmingham, sobre la difusión general, - tanto elástica como inelástica de protones, deuterones y partículas  $\alpha$  por diversos blancos sólidos o gaseosos. - En esta línea de acción el equipo español es invitado a estudiar la difusión de partículas  $\alpha$  por tetrafluoruro de carbono y las interacciones de  $\text{He}^3$  con Ne .

La idea central del metodo de investigación - que se aplica está basada en efectuar los bombardeos con una energía tan alta que provoque una aproximación tal - de las partículas incidentes sobre los nucleos receptores que haga inevitable la entrada en acción de las fuerzas nucleares. A continuación, se hace un tratamiento teórico de la difusión 100% clásico-newtoniano. La discrepancia entre ambos resultados puede ser una fuente preciosa de datos para la evaluación de las fuerzas nucleares, el tamaño del núcleo y el de la partícula incidente.

En estos procesos de interacción, y cuando el nucleo del blanco es ligero, puede también evaluarse el radio de interacción de las partículas incidente y receptora mediante el tratamiento matemático correspondiente a la difracción de la luz por medio de un disco fuerte-

mente absorbente.

Con arreglo a lo expuesto al principio, esta sublínea puede descomponerse, de forma natural, en dos apartados, cada uno de ellos dedicado a los dos procesos de interacción allí descritos.

a) Scattering de partículas "alfa"

En los artículos dedicados a estas investigaciones, bajo la metodología general antes expuesta, se van abordando variadas experiencias en las que el elemento bombardeante está constituido por partículas  $\alpha$  de diversas energías y los blancos difusores van cambiando su naturaleza, con arreglo a las siguientes opciones:

<u>Energía de bombardeo (en MeV)</u>	<u>Blanco difusor</u>
38	F <sup>19</sup>
20-24	C <sup>12</sup>
20-24	O <sup>16</sup>
20-24	F <sup>19</sup>
20-24	N <sup>14</sup>
20-24	Ne <sup>20</sup>
19-32	O <sup>16</sup>

A cada una de las difusiones indicadas se le suele dedicar más de un trabajo, donde los rangos energé

ticos de las partículas incidentes oscilan entre los valores indicados. En todos los casos se estudian distribuciones angulares y las secciones eficaces de las difusiones, tanto elásticas como inelásticas, así como los estados excitados de los blancos en las reacciones secundarias que puedan producirse. Son estudiadas en concreto :

$$C^{12} (\alpha, \alpha_{4,43}) C^{12} ; F^{19} (\alpha, \alpha') F^{19} ; Ne^{20} (\alpha, \alpha_{1,63})$$

$$Ne^{20} ; F^{19} (\alpha, p) Ne^{22} ; F^{19} (\alpha, n) Ne^{22} \text{ y } O^{16} (\alpha, p) / F^{19} .$$

En varios casos los resultados experimentales obtenidos son contrastados con diversos modelos teóricos como los de Inopin-Ericson, Honda-Kudo-Ui y Frahn-Venter en interesantes enfoques. Unas veces son elaboradas estas contrastaciones por el equipo formado en Madrid por J. Aguilar y otras mediante colaboraciones mutuas del IFIC de Valencia con el Departamento de Física Teórica de esta Universidad.

En conjunto, estas investigaciones son desarrolladas mediante una amplia serie de veinticuatro artículos (281), los cuales comienzan a ser publicados a finales de los años cincuenta, siendo continuados con cierta asiduidad en la década de los sesenta y potenciados al máximo, cuantitativamente hablando, en los años setenta, dándose la circunstancia de que en 1975 aun no parecía agotado el tema.

b) Scattering de núcleos de  $\text{He}^3$ 

Bajo la misma metodología que en el apartado anterior, se elaboran diversos trabajos ligados entre sí, para estudiar varias difusiones elásticas e inelásticas en las que se utiliza como proyectil incidente núcleos de  $\text{He}^3$  bajo una amplia gama energética. También son estudiadas, paralelamente, varias reacciones secundarias que tienen lugar en forma simultánea a las difusiones.

Los objetivos a conseguir son del mismo tipo que los citados en el apartado anterior, si bien en este caso aunque se publican menos artículos la variedad de procesos estudiados es más amplia. Pueden resumirse también en forma de cuadro al objeto de facilitar una mejor visión global de estas investigaciones:

<u>Energía (en MeV)</u>	<u>Blanco Difusor</u>	<u>Proceso estudiado</u>
29	$\text{Cl}_4\text{C}$	$\text{He}^3 + \text{Cl}$
29	$\text{Cl}_4\text{C}$	$\text{He}^3 + \text{C}$
29	$\text{Cl}_4\text{C}$	$\text{C}^{12}(\text{He}^3, \alpha) \text{C}^{11}$
29	$\text{Cl}_4\text{F}$	$\text{He}^3 + \text{F}^{19}$
29	$\text{C}_2\text{H}_6$	$\text{He}^3 + \text{C}^{12}$ (elast.)
28,5	$\text{S}_2 \text{ C}$	$\text{He}^3 + \text{S}^{32}$
28,5	$\text{S}_2 \text{ C}$	$\text{C}^{12}(\text{He}^3, \alpha) \text{C}^{11}$

<u>Energía (en MeV)</u>	<u>Blanco difusor</u>	<u>Proceso estudiado</u>
29	H <sup>1</sup> y H <sup>2</sup>	He <sup>3</sup> + H <sup>i</sup> , i = 1,2
29	CH <sub>4</sub>	He <sup>3</sup> + C <sup>12</sup> (inelast.)
29	CH <sub>4</sub>	C <sup>12</sup> (He <sup>3</sup> ,d) N <sup>13</sup>
29	O <sup>16</sup>	He <sup>3</sup> + O <sup>16</sup> (ambas)
26-29	C, Al, Sn, Au	He <sup>3</sup> + X, X = C, Al, ...
5	Be, C y O	Be <sup>3</sup> (He <sup>3</sup> , α) 2 .

En algunos casos es utilizado el espectrógrafo multicanal y, como es obvio, apenas se observa el cuadro expuesto, no han sido incluidos todos los procesos estudiados para no hacerlo excesivamente prolijo. Así -/ por ejemplo en la difusión mediante O<sup>16</sup> son estudiadas/ varias reacciones paralelas en las que se forma He<sup>4</sup> y - algunos isótopos del F, en tanto que en el último, junto al proceso indicado, son estudiadas hasta un total de -/ once reacciones más. En cada caso hemos reflejado el que parecía tener mayor importancia.

Las investigaciones de este apartado son reco- gidas en diecisiete artículos (282) publicados, preferen- temente, en los años sesenta.

### 5.5.2.3. Reacciones de fragmentación producidas en la interacción de partículas/ de alta energía con núcleos atómicos

Este conjunto de investigaciones son llevadas a cabo casi en su totalidad en el IFIC de Valencia, tal/ y como ha sucedido con las vistas hasta ahora. En ellas/ se trabaja en torno a la interacción con los núcleos de/ la emulsión de tres tipos de partículas, protones, anti- protones y mesones  $K^-$ .

Pese a que presentan claras diferencias en lo que se refiere al enfoque del diseño experimental, parece conveniente agrupar estos tres tipos de interacción - en una misma sublínea debido a que las tres son tratadas bajo una metodología genérica coincidente. Salvo algunas excepciones, y en alto grado de generalidad, las tres -/ son abordadas en base al análisis previo de las "estre-/ llas" se efectúa una clasificación sistemática de las ra mas que la componen en "negras" , "grises" y "blancas" - con arreglo, normalmente, al índice de ionización, pasán/ dose, posteriormente, a la identificación de los fragmen/ tos materiales correspondientes a cada una de las ra- mas.

Las diferencias en el diseño experimental a - la que antes aducíamos, será detallada en los tres apar- tados que, de forma natural, pueden ser considerados den/ tro de esta sublínea.

a) Interacciones con protones

Estas interacciones son conseguidas a través/ de la exposición de placas en el protón-sincrotrón del -/ C.E.R.N. (Ginebra). La energía del haz de protones viene a ser del orden de los 13 GeV y dicho haz es sistemáticamente sometido a la acción de un fuerte campo magnético pulsante del orden de los 170 Kgauss.

En los artículos correspondientes al estudio/ de esta interacción se observan varios dedicados a la me jora, creación o generalización de las técnicas de inves tigación usualmente utilizadas en este tipo de trabajos. En este sentido, podrían citarse los artículos dedicados a la medida de la curvatura de las trazas y su relación/ con el campo magnético inicial, metodos para la determi- nación del momento de las partículas, optimización de -/ las condiciones del haz y otros similares.

Desde el punto de vista del análisis concre-/ to de las interacciones, estas investigaciones giran en/ torno a la identificación de los productos producidos a/ partir de la fragmentación de los nucleos ligeros y pesa- dos de la emulsión.

El conjunto de este tema, que es prácticamen- te abandonado en los últimos años de la época, es desa-/ rrollado mediante quince artículos (283) publicados casi en su totalidad entre 1962 y 1968. Posiblemente la sali-

da del CERN no sea ajena a la disminución de estas investigaciones.

b) Interacciones con mesones  $K^-$

Bajo el prisma del diseño experimental, las interacciones de este tipo se consiguen en experiencias/ de distinta naturaleza:

- Bombardeo con mesones  $K^-$  de 6 GeV/c sobre núcleos de emulsión Ilford K-5 en el protón-sincrotón del CERN (Ginebra)
- Bombardeo con mesones  $K^-$  de 800 MeV/c sobre núcleos de emulsión Ilford K-5, acelerados en el ciclotrón de Berkeley

Al contrario que en el apartado anterior, las investigaciones giran fundamentalmente en torno al análisis de las interacciones, sin que se aprecien mas que -/ dos trabajos sobre técnicas de investigación, concretamente referentes a rectificaciones del modelo de evaporación nuclear.

Se observan detallados análisis e interpretaciones en torno a la emisión de hiperfragmentos procedentes de las distintas fragmentaciones que tienen lugar, - sobre todo de aquellos que ofrecen trazas de tipo "martillo".

Dentro de estas investigaciones se presta - / también atención al análisis de las "estrellas" secundarias que pudieran ser atribuidas a la desintegración de / núcleos exóticos, siendo precisamente en este terreno - / donde se produce el que tal vez pueda ser considerado co / mo el éxito más relevante del equipo investigador de la / Universidad de Valencia. Nos referimos, concretamente, a la comprobación experimental de la existencia del núcleo de  $\text{He}^8$  y la verificación de su esquema de desintegración, resultado obtenido en 1971 por A. F. Tejerina, J. Pelli- / cer, J. L. Ramón, J. Catalá y F. Senent, que había sido / afanosamente buscado por los investigadores de este cam- / po de la Física.

Un total de once artículos publicados en los / diez últimos años de la época (284), conforman este apar- / tado, el cual, al contrario que el anterior, parece aún / guardar fuerza al final de la época, pues salvo dos de - / los artículos que son publicados en los años sesenta, el resto pertenecen a los setenta.

### c) Interacciones con antiprotones

Ya en la década de los setenta se inician las investigaciones sobre las interacciones de antiprotones / de alta energía con los núcleos de emulsiones. Al sorpren- / der el final de la época a estas investigaciones en ple- / no desarrollo, apenas si puede darse una ligera noticia /

sobre las mismas. Tras un trabajo inicial en Sevilla se/pasa a su estudio sistemático por el grupo, siempre presente, de la Universidad de Valencia.

Han sido considerados en este reducido apartado seis artículos (285), uno sobre aspectos generales de estas interacciones, cuatro sobre el estudio de la aniquilación de antiprotones en reposo sobre núcleos de la emulsión ionográfica y otro, atípico e interinstitucional, en torno a interacciones de iones cósmicos pesados con emulsiones nucleares.

#### 5.5.2.4. Fenómenos de fisión y técnicas auxiliares

Aunque temáticamente muy separados agrupamos/ estos dos apartados en la misma sublínea, tanto por su escaso peso cuantitativo al considerarlos por separado, como por su clara diferenciación con respecto al resto de las investigaciones de la línea.

Con todo, el estudio de los fenómenos de fisión tiene una entidad temática bastante mas concreta, - en tanto que las técnicas auxiliares de investigación -/ harán referencia a investigaciones de apoyo e infraestructura a las realizadas, indiscriminadamente, a lo largo de toda la época.

a) Fenómenos de fisión

El plan inicial del equipo investigador de Valencia fué, en este terreno, el estudiar el raro fenómeno de la trifisión del U-235. La bajísima frecuencia de este evento fuerza la imaginación de sus componentes a fin de intentar conseguir las condiciones técnicas necesarias para un estudio serio del problema. Así, podemos ver algunos trabajos destinados a intentar aumentar la probabilidad de producción de este fenómeno en ciertas zonas de la emulsión, valiéndose para ello de elementos ajenos a ella como hilos de seda o finísimos capilares de mercurio laboriosísimos de fabricar.

Posteriormente, y con una proyección mas general pero también con base a este fenómeno, son ofrecidos algunos artículos dedicados a la recuperación del espesor de prerevelado de las emulsiones mediante su tratamiento con colofonia, evitándose así distorsiones posteriores en la medición de las trazas. Artículos estos que casi encajarían mejor en el segundo apartado.

Por fin, pueden verse también algunos trabajos sobre índices de identificación de trazas y sobre el análisis concreto de la trifisión del U-235 en general, siendo también señalables los dedicados, tras larga espera, a casos concretos de trifisión, en los que se analiza la masa y energía de las partículas intervinientes.

Las investigaciones de este apartado son llevadas a cabo mediante una serie de doce artículos, publicados todos ellos en un lapsus de cuatro años, entre - / 1956 y 1960 (286).

b) Técnicas auxiliares de investigación

A lo largo de toda la época van apareciendo - grupos de artículos destinados al tratamiento de las diversas técnicas de investigación necesarias, auxiliarmente, en los trabajos de fotocorpuscular.

Estas técnicas podrían clasificarse como de - cálculo, de investigación y de experimentación, según su objetivo central. Entre las primeras pueden ser consideradas las relativas a ábacos de simplificación y preci-sión sobre las medidas de las trazas. Dentro de las se-gundas, naturalmente las más interesantes, las hay, aparte de las ya citadas en el tratamiento de problemas puntuales, sobre estudio comparativo de emulsiones, estudio del poder de enfrentamiento de éstas, calibración del método de sagita constante, fracciones de escape y medidas de flujos neutrónicos, métodos de discriminación de trazas por granulidad y discriminaciones de las mismas en - base a medidas fotométricas. En las terceras, destacaremos las investigaciones sobre factores de contracción en emulsiones nucleares, distorsiones en emulsiones trata-/

das con colofonia, estudios sobre la influencia del pH// en la sensibilidad de las emulsiones, índices de medida/ del grado revelado de las mismas, reveladores fotográficos y "fudding".

A este propósito son dedicados un total de -/ dieciseis artículos esparcidos a lo largo de toda la época (287).

#### 5.5.2.5. Estudio de procesos nucleares mediante cámaras de burbujas

Las investigaciones corpusculares realizadas/ por los miembros de la Sociedad bajo esta nueva técnica, hacen su aparición en la última década de la época, de-/ tectándose, en torno a las mismas, dos equipos de trabajo perfectamente diferenciados.

Dentro del equipo de J. Catalá, un reducido - grupo dirige parcialmente su atención a este tipo de investigaciones, siendo entre ellos F. Senent la personalidad más destacada. En concreto, colaboran en una experiencia programada por el CERN para estudiar con detalle la/ naturaleza de las interacciones neutrinos-antineutrinos/ y revelar la posible existencia de un bosón intermedio.

Las fotografías portadoras del mensaje experimental, son realizadas en la cámara de burbujas de hidrógeno líquido del CERN y analizadas posteriormente en Es-

pañía. Por lo que respecta al contenido de las investigaciones, se observan varios artículos dedicados al perfeccionamiento de las técnicas de investigación generalmente utilizadas en este tipo de trabajos, detectándose, en este campo, aportaciones en torno a la corrección de métodos gráficos para la reconstrucción estereográfica de las trazas, a la evaluación del campo magnético inicialmente aplicado y a la reducción de todo tipo de trazas a una forma universal.

Ya a un nivel más concreto, entrando de lleno en la aportación de datos sobre la composición corpuscular del átomo, son de señalar algunos otros trabajos de este mismo equipo en los que se efectúa una comprobación experimental de la teoría de Williams-Weiszäcker sobre las interacciones de muones de alta energía y se hacen algunos estudios sobre ionización de piones y aniquilación de antiprotones.

Todo ello es llevado a cabo mediante siete artículos (288) publicados en Anales entre los años 1965 y 1968, trabajos que son pioneros en esta publicación en lo que se refiere a esta nueva técnica de investigación/fotocorpuscular.

Independientemente de los trabajos anteriores se detecta la aparición de un nuevo equipo, que despliega su labor en el Grupo de Altas Energías del Instituto/

de Estudios Nucleares de la JEN, el cual parece tomar el relevo, cronológicamente hablando, al considerado anteriormente, pues da comienzo a sus publicaciones en 1969. Entre sus componentes, destacan F. Barreiro y M. Aguilar-Benitez como firmantes más asiduos. Las fotografías que utilizan en sus investigaciones han sido conseguidas, generalmente, en la cámara de burbujas del CERN, aunque en algún artículo se indica el haber utilizado también la de líquido pesado BP3 de la Ecole Polytechnique de Paris.

El tema más trabajado por este equipo es el relativo a la interacción de protones y antiprotones, determinándose la sección eficaz de la aniquilación subsiguiente a este proceso cuando se lanzan antiprotones sobre el hidrógeno de la cámara a diferentes energías (concretamente a 720 y 750 MeV/c), estudiándose, asimismo, algunos fenómenos secundarios del proceso considerado.

Hay, también, algunos otros artículos sobre interacciones de  $K^-$  con protones, en torno a las cuales se estudian un par de reacciones, una de ellas con intercambio de carga, así como sobre otros temas, ya tratados más aisladamente, referentes a procesos de scattering, determinación de masas de partículas y procesos de desintegración.

La producción total de este segundo equipo asciende a doce artículos (289), los cuales, según se re-

flejaba anteriormente, son publicados en el último quinquenio de la época, siendo su contenido, en muchos casos, bastante teórico en su tratamiento.

### 5.5.3. Física Corpuscular con técnicas no fotográficas

En lo que se refiere al contenido temático de los artículos incluidos en esta línea, cabe decir que so lo se diferencia con relación a los de la línea anterior en lo que respecta a los medios, puesto que los fines -/son, salvo cuestiones de matiz, prácticamente los mismos.

Como ya se esbozó anteriormente, estas investigaciones sobre dicho tema toman auténtico auge ya en la última década de la época, aunque, paradójicamente, -pertenezcan a este campo algunos trabajos realizados en/los años cuarenta y cincuenta.

Tal vez lo tardío de su entrada en escena no/sea ajeno, aparte de las consideraciones de orden técnico que pudieran aducirse, al acaparamiento de recursos -humanos que se dio en torno a las investigaciones con -/técnicas fotográficas ante la rápida expansión de estas/ en las décadas precedentes. De hecho se dá algún caso de autores que se "trasvasan" de la primera línea a la se-/gunda.

Atendiendo exclusivamente al contenido del ca

si medio centenar de artículos que conforman la línea, - pueden éstos ser clasificados en dos sublíneas claramente diferenciadas, una primera referente a las investigaciones realizadas con detectores, y una segunda, que recoge todos aquellos trabajos elaborados a través de análisis de tipo espectroscópico.

#### 5.5.3.1. Procesos nucleares mediante detectores

Consideraremos incluídos aquí todos aquellos/ artículos en los que el acumulo de datos experimentales/ es obtenido mediante detectores sólidos o electrónicos y tienen como fin primordial el clarificar la estructura - corpuscular del átomo.

A nivel institucional son distinguibles dos - centros de producción, el Departamento de Física Funda- mental de la Universidad de Valladolid y la JEN. En la - primera de ellas trabaja un sólido equipo que ofrece una producción temática y metodológicamente coherente, en - tanto que en la segunda se detectan una serie de investi- gaciones bastante más deslavazadas que no provienen de - una labor sistemática de equipo.

El grupo de Valladolid, que tiene en J. Casa- nova a su figura más relevante, utiliza como instrumen- tos de recogida de datos, detectores sólidos como la mi-

ca, y otros como el de INa(T1) o el de Ge-Li de alta resolución, llegando también a utilizar detectores electrónicos conectados a computadoras.

Temáticamente presentan una labor bastante variada. Así, pueden observarse estudios experimentales de las reacciones  ${}^6\text{Li}(d,p){}^7\text{Li}$  y  ${}^{14}\text{N}(d,\alpha){}^{12}\text{C}$  y determinaciones de secciones eficaces de activación con neutrones para diversos elementos, como  ${}^{16}\text{O}$ ,  ${}^{28}\text{Si}$ ,  ${}^{23}\text{Na}$ ,  ${}^{121}\text{Sb}$ ,  ${}^{123}\text{Sb}$  o bien otras determinaciones en torno a la evaluación de niveles energéticos. También ofrecen unos trabajos sobre la fisión del  ${}^{232}\text{Th}$  y el estudio experimental con posterior interpretación teórica de dos reacciones concretas, la  ${}^{10}\text{B}(d,3\alpha)$ , interpretada en base a las teorías de Shapiro y Blokhintrev, y la  ${}^{11}\text{B}(d,\alpha){}^9\text{Be}$  en base a la teoría de Hauser-Feshbach y a la de la matriz S analítica. Junto a esta serie de cuestiones aparecen un par de artículos más sobre aspectos generales y complementarios.

La producción de este equipo asciende a quince trabajos publicados (290) entre 1968 y el final de la época, finalizada la cual siguen dando síntomas de continuar con el tema en investigaciones futuras.

Por lo que se refiere a las investigaciones llevadas a cabo en la JEN, que aparecen incluidas en un total de nueve artículos (291), puede destacarse una se-

rie coherente de cinco de ellos, debidos a F. Manero, sobre la determinación de secciones eficaces totales para/ varios elementos (Nd, Cr, As, O, La, Ce, Pr, Mn, Co, Nb, Th, Si, Ta y U) al ser bombardeados con neutrones rápidos, los cuales son obtenidos bombardeando, a su vez, -/helio pesado con deuterones.

El resto de ellas, de muy diversos autores, - versan sobre la formación de un estado isómero del zinc/ y sobre la síntesis, liberación y difusión de neutrones/ bajo determinadas circunstancias. Su distribución cronológica es muy amplia, pero se concentra más hacia finales de los sesenta.

#### 5.5.3.2. Espectroscopía Nuclear

Las investigaciones nucleares basadas en el - manejo de técnicas espectroscópicas hacen su aparición - en los Anales a mediados de los años sesenta, presentando al final de la época síntomas de pujanza.

Desde un punto de vista temático es imprescindible, de entrada, precisar algunas cuestiones. Al hablar de espectroscopía nuclear haremos referencia, fundamentalmente, a los llamados espectros  $\alpha$ , sin incluir en ella los estudios referentes a la espectroscopía de emisión - electrónica, la cual, en cierto modo, no sería impropio/ el haberla considerado aquí. En su momento, cuando sea -

analizada en particular el área de Espectroscopía, se da  
rán las razones que nos han inducido a actuar de esta ma  
nera.

Es bien conocido el fundamento básico de las/  
técnicas basadas en la espectroscopía nuclear  $\gamma$ . En -/  
los procesos de desintegración de los núcleos atómicos,/  
una vez emitida una partícula el núcleo queda en un esta  
do excitado. Para volver al estado de energía mínima di  
cho núcleo emite radiaciones de distinta naturaleza - -/  
( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ). Mediante detectores adecuados puede conse  
guirse la descomposición espectral de dicha radiación, -  
en base a la cual se obtiene información sobre la natura  
leza del núcleo atómico en cuestión. El espectro a anali  
zar recibe el mismo nombre que la radiación que lo produ  
ce.

Han sido los espectros de tipo  $\gamma$ , que ade-/  
más de poder obtenerse en procesos de desintegración - /  
también aparecen ante la aceleración de determinadas par  
tículas en medios apropiados, los que han merecido una -  
mayor atención por parte de los miembros de la Sociedad,  
aunque no hayan sido los únicos manejados.

Las investigaciones de este tipo presentan -/  
una procedencia institucional un tanto variada, pudiéndo  
se detectar en ellas tres equipos de investigación, si -  
bien sólo dos de ellos presentarán una producción consi-

derable. Temáticamente son también variadas.

En el seno de la J.E.N., aparece una importante colección de artículos, en los que R. Gaeta se erige/ claramente como el principal firmante, aunque participan en su elaboración un amplio plantel de investigadores, - que son iniciados con algunos trabajos en torno a la posible aplicación de contadores de semiconductor en las - espectroscopías del tipo  $\gamma$  y  $\alpha$ . Posteriormente, se observan una serie de investigaciones sobre la realización y posterior estudio de espectros concretos, trabajándose sobre los aspectos  $\gamma$  y  $\alpha$  del  $^{235}\text{U}$ ,  $^{233}\text{U}$  y  $^{237}\text{Np}$  y - efectuándose un análisis completo del esquema de desintegración del  $^{227}\text{Ac}$ , en cuyo marco se realiza, a su vez, - una interpretación de los niveles energéticos del  $^{223}\text{Fr}$ . Son finalizadas estas investigaciones con unos estudios/ sobre la eficiencia y calibración de un detector de - -/ Ge (li), lo cual es posteriormente aplicado a la determinación de energías e intensidades  $\gamma$  para el  $^{235}\text{U}$ .

La labor de este equipo de la J.E.N. queda -/ plasmada en trece artículos publicados entre 1964 y el - final de la época (292), siendo el verdadero pionero de/ este tipo de investigaciones entre los miembros de la So- ciedad.

El otro equipo significativo tiene una produc- ción más reducida, concretamente de ocho artículos (293),

pero comienzan a publicar al inicio de los años setenta, con lo que es fácil suponer que, transcurrida la época, pudieran seguir sacando partido al tema. La figura más prolífica es J. Campos, si bien éste firma con varios colaboradores. Institucionalmente desarrollan su labor en la Cátedra de Física Atómica y Nuclear de Madrid y en el Departamento de Investigaciones Químicas del Centro Coordinado del CSIC y la Universidad Autónoma de Cantoblanco, en Madrid.

Temáticamente sus investigaciones van dirigidas en dos direcciones, de un lado efectúan estudios sobre técnicas y métodos de investigación usualmente utilizados en espectroscopía nuclear, los cuales suelen comprobar posteriormente con determinaciones experimentales concretas. Su atención en este terreno se dirige al llamado método de coincidencias  $\gamma - \gamma$ , con detectores INa (Tl), y su correlación angular direccional. Y de otro, presentan algunas investigaciones sobre gases nobles, las cuales arrancan de un sistema desarrollado por J. Campos en la JEN (el llamado de coincidencias retardadas), que permite la medida directa de vidas medias para estados atómicos, el cual se basa en la excitación breve de un gas y medida posterior del número de fotones que emite. Dicho método se aplica en años posteriores a la determinación de vidas medias de niveles excitados de he

lio y argon neutros, apareciendo también un artículo en/torno a probabilidades de transición óptica en este último gas.

Consideraremos, finalmente, unas investigaciones aisladas, realizadas por el equipo de J. Casanova en la Universidad de Valladolid, ya en el último quinquenio de la época, sobre el tema genérico de la respuesta de - los detectores del tipo NaI (Tl) a la radiación monoenergética, a las que sólo se dedican tres artículos y uno - posterior dedicado a la realización de programas informáticos para el tratamiento de espectros (294).

#### 5.5.4. Física Nuclear Técnica y Aplicada

Vamos a agrupar bajo esta denominación a todos los artículos cuyo contenido trate sobre los aspectos básicos y fundamentales de la posible producción-control - de la energía nuclear o bien sobre el tratamiento científico de los fenómenos radioactivos, prestando especial - atención a las cuestiones relativas a las aplicaciones - prácticas de estos fenómenos.

Las investigaciones sobre este campo se ha--/llan distribuídas a lo largo de toda la época, si bien - parecen alcanzar su mayor relevancia durante la década - de los sesenta. Los equipos de trabajo que las desarro-/

llan son, institucionalmente, muy variados, perteneciendo a ellos notables individualidades.

En buena lógica, y por su enorme proyección - práctica, esta debía haber sido la línea de investigación más relevante dentro de las del área de Nuclear, pero, como ya se argumentó y pese a mantenerse siempre en unas cotas cuantitativas no despreciables, no ha pasado de ser un complemento de las dedicadas a investigaciones corpusculares.

Dentro de ella destaca con fuerza un tema de investigación, los trabajos en torno a los reactores nucleares, el cual, junto con los dedicados a detectores, forma la primera sublínea, pudiéndose formar una segunda que agrupa una amplia gama de aplicaciones nucleares diversas, poco consistentes cuantitativamente al ser consideradas en forma individual.

#### 5.5.4.1. Reactores y Detectores

Seran considerados en esta sublínea todos - / aquellos artículos cuyo contenido haga referencia, en - / forma directa o indirecta, a los estudios sobre fenómenos de fisión o difusión de neutrones en medios de distinta naturaleza, o bien, al análisis o diseño de detectores de procesos nucleares que no tengan como objeto inmediato la aplicación de los mismos a investigaciones de

procesos concretos.

Desde un punto de vista institucional la mayor parte de los artículos son llevados a cabo en la J.E.N., aunque intervengan otros centros de investigación en una forma más marginal. La producción sobre este tema general se inicia a mediados de los años cincuenta y se extiende, aunque de forma bastante irregular según el tema particular que se considere, a lo largo de toda la época.

Como quiera que al analizar el contenido de los cuarenta y cinco artículos de la sublínea, se aprecia en ellos una considerable dispersión temática, parece procedente dividir la misma en varios apartados para su mejor caracterización global.

a) Investigaciones sobre actividades neutrónicas en general

Dentro de este apartado se incluyen algunas pequeñas series de artículos, de contenido más o menos monográfico, y algunas investigaciones aisladas. La serie más extensa, llevada a cabo en la JEN, presenta una doble vertiente, de un lado M. A. Vigon y colaboradores ofrecen unos artículos sobre integración de densidades neutrónicas por medio de sondas, de las cuales es posteriormente estudiada su orientación y sus efectos de per-

turbación en el medio donde se colocan, en tanto que, de otro lado J. Montes y colaboradores, presentan alternativas a este método de medición, proponiendo, la utilización de cámaras de fisión en miniatura allá donde la densidad neutrónica sea muy pequeña para ser detectada mediante sondas, o bien la utilización de sustancias detectoras emisoras de partículas  $\beta$ .

Otra pequeña serie es la debida a F. Verdaguer y colaboradores en torno al diseño de dispositivos aptos para conseguir fuentes pulsadas de neutrones y su posterior utilización para, mediante ellas, poder determinar los parámetros que regulen la difusión de neutrones en medios concretos. Hace aplicación específica al caso de medios hidrogenados con distintos tipos de enlace.

Por último, son de señalar un conjunto de artículos, ya más heterogéneos, en torno al diseño, resolución y montaje de espectrómetros de cristal como medidores de energías neutrónicas, medidas sobre intensidades absolutas de fuentes de neutrones, estudios sobre la anisotropía de los parámetros que describen la difusión de neutrones en medios de composición anisótropa y otros temas diversos.

Este apartado incluye un total de quince artículos (295), los cuales alcanzan sus cotas de publica-

ción más alta entre las décadas de los años cincuenta y/ sesenta, dando la impresión al final de la época de es-/  
tar paralizado el tema.

b) Investigaciones sobre reactores nucleares ar-  
tificiales

En los artículos de este apartado se trabaja/  
en base a mediciones efectuadas sobre reactores nuclea-/  
res construidos por los propios físicos de la J.E.N., la  
mayoría de ellos en las instalaciones de este centro ma-  
drileño, aunque también hay algunas investigaciones rea-  
lizadas en reactores construidos para su ubicación en Es  
cuelas Técnicas periféricas, en este caso con fines di-/  
dáticos.

Las investigaciones, reflejadas en dieciseis/  
artículos (296), que comienzan a ser publicados en 1960,  
son de distintos tipos según el reactor en el que se tra-  
baja:

- Estudios sobre reactores subcríticos de uranio  
natural-agua ligera

Se basan para ello en un reactor de estas ca-  
racterísticas construido en la J.E.N., del que se deter-  
minan actividades, mapas de flujo térmico y otras cues-/  
tiones, utilizando para ello el método de la fuente pul-  
sada de neutrones.

- Estudios sobre el reactor JEN-1

Sobre el que se investiga en torno al flujo rápido en el núcleo del reactor, regulación del Cd en su reflector de agua y la detección de radioelementos en su piscina, para lo cual son utilizados contadores de centelleo.

- Estudios sobre el reactor JEN-2

Se hace una determinación de sus parámetros cinéticos por el método de la fuente pulsada de neutrones, por la técnica de Rosi-Feynmann y por la de potencia cero, contrastándose luego los resultados.

- Otros estudios.

Entre los que destacamos los relativos a la determinación de la curva reactividades-periodos en el reactor Argonaut, la determinación de los parámetros cinéticos del reactor Coral-I, y otros referentes a cámaras de ionización y fracciones efectivas de neutrones retardados en reactores de configuración multiplicativa.

c) Investigaciones sobre detectores y reactores naturales

Sobre este tema de investigación se da una doble procedencia institucional. En la JEN, un grupo bas-

tante amplio de investigadores, entre los que C. E. Granados y F. Verdaguer son los más asiduos, presenta una serie de nueve trabajos (297) sobre temas muy diversos./ Así, pueden verse varios artículos en los que se hace -/ utilización del método de coincidencias para la medida -/ de tiempos de parálisis, absorción de muestras y otras -/ cuestiones. En tanto que también los hay dedicados al aná- lisis de las respuestas de los contadores de centelleo,/ contadores de flujo  $4\pi$ , detectores de barrera de Si/ y tiempos de resolución en contadores Geiger-Muller.

Independientemente de lo anterior se observa, asimismo, una serie de ocho artículos (298), debidos a -/ L. Garzon y colaboradores y realizados a través del De-/ partamento de Energía Nuclear de la E.T.S.I. de Minas de Oviedo, en los que se reflejan dos tipos de investigacio- nes. De un lado hay algunos trabajos en torno a detecto- res sólidos artificiales (vidrio) y detectores naturales (micas), en base a los cuales se profundiza sobre el fe- nómeno de la fisión del uranio y se realizan algunos es- tudios mineralógicos. De otro, se investigan las analo- gías de comportamiento entre reactores artificiales y na- turales, recurriendo, en este último caso, a los datos -/ experimentales recogidos en Oklo (Gabon), cuando en -/ tiempos remotos un yacimiento allí ubicado se comportó -/ como un reactor.

Tanto la labor de un equipo como la del otro/ han sido llevadas a cabo, en su casi totalidad, durante/ los años sesenta y setenta, si bien la correspondiente - al último es la que parece dar aún más de sí al término/ de la época. Baste para ilustrar lo anterior el conside- rar que la última publicación de primer equipo es en - / 1971 y el segundo presenta varias en 1975.

#### 5.5.4.2. Aplicaciones diversas de la Física - Nuclear

Como se desprende de su propio enunciado, esta sublínea es de contenido muy heterogéneo. En ella recogeremos todo lo referente a posibles aplicaciones de - los procesos nucleares que no hayan sido incluidas en la línea anterior, de la cual es, por tanto, un simple complemento. Las investigaciones aquí consideradas son debi- das, en su mayor parte, a trabajos colaterales llevados/ a cabo por equipos de investigación que despliegan su la- bor en otros apartados temáticos.

Dentro de esta tónica general de aleatoriedad a nivel de contenidos, es excepción una serie de diez ar- tículos (299) dedicados a las aplicaciones nucleares a - la Meteorología y Física de la Atmósfera. Trabajos éstos que son realizados por dos equipos de investigación, el/ de J. Catalá, que ofrece algunos estudios sobre aeroso- /

les y varias mediciones en torno a la radioactividad ambiental de Valencia, y el de J. Casanova, en Valladolid, sobre la influencia de los parámetros meteorológicos en la movilidad y concentración de los iones radioactivos, la utilización de elementos radioactivos como trazadores atmosféricos y la determinación de los coeficientes de difusión.

Fuera de estos trabajos pueden verse dieciséis más dedicados ya a temas muy dispares, aunque en ellos pueda establecerse una mínima clasificación. Así, aparecen siete artículos que tienen como objeto fundamental el estudio de fenómenos de radioactividad (300), en los que se trabaja en torno a medidas de actividades y medidas de radioactividad en materias minerales, trabajos éstos que son los pioneros de todas las investigaciones sobre Física Nuclear realizadas en la Sociedad, y otras cuestiones como la determinación de períodos de semidesintegración en algunos elementos.

Son también de señalar una serie de tres artículos referentes a la utilización de ciertos procesos radioactivos como dosímetros químicos (301), de posible aplicación en el análisis de muestras, otra serie, también formada por tres artículos, dedicada a investigaciones sobre procesos de autorradiografiado (302), los cuales son utilizados para la localización de boro en ace-

ros y para la determinación de elementos radioactivos en arenas, y, finalmente, tres nuevos artículos aislados -/ (303) sobre preparación de muestras de uranio, separa--/ ción de radioelementos mediante cromatografía y filtros/ de masa eléctricos que funcionen como espectrómetros de/ masas.

Como era lógico esperar por la especial natu- raleza de esta línea, la dispersión de autores y centros es tan alta que ninguno llega a ser significativo. Si -/ bien pueden observarse grandes individualidades de éste/ área entre los firmantes de algunos de los artículos a - los que nos hemos ido refiriendo, como pueden ser C. Sán- chez del Río y J. Casanova.

Cronológicamente estas investigaciones apare- cen, también, bastante desparramadas, si bien la mayoría de los artículos se concentran en la década de los sesen- ta.

#### 5.5.4.3. Valoración crítica global

La primera impresión que se recibe al estu--/ diar globalmente la labor desplegada en Física Nuclear - por la Sociedad en su segunda época, es la delimitación/ de dos grandes bloques de investigación, uno dedicado a/ los aspectos fundamentales de esta rama de la Física, -/ que vendría asociado a las investigaciones de corte cor-

puscular, y otro dirigido hacia el tratamiento científico de las posibles aplicaciones que encierran las investigaciones nucleares, el cual se correspondería con los trabajos llevados a cabo en la última de las tres líneas de investigación que han sido consideradas.

Otra característica relevante a la hora de una valoración final sería la constatación del hecho de que, esta área de investigación, es rigurosamente novedosa con respecto al conjunto de las investigaciones realizadas en la primera época.

Unas muy breves acotaciones históricas sobre lo que han sido las investigaciones nucleares a nivel internacional desde mediados de los años treinta, podrían ayudar a una correcta interpretación de las circunstancias anteriormente constatadas y preparar el terreno para una mejor ponderación de otras que vayan surgiendo.

El hecho de que ya desde su mismo surgimiento los fenómenos nucleares hicieran pensar en su futura - / utilización como una importante fuente de energía, unido al vivo interés con que los científicos de principios de siglo recibieron el hecho de poder, por fin, adentrarse / de una manera fecunda y coherente en la investigación de la estructura atómica, fueron factores determinantes del rápido progreso que experimentó la Física Nuclear en sus tres primeras décadas de existencia.

Junto a la sucesiva evidenciación de las primeras partículas elementales atómicas (electrón, protón, neutrón, positrón, ...) ya en 1935 postula Yukawa la existencia del mesón causante de las interacciones de tipo nuclear y Oppenheimer ha explicado las reacciones "stripping". En 1936, los físicos Bohr, Breit y Wigner, si bien rectificadas posteriormente por Frenkel y Weisskopf, ya habían elaborado el primer modelo interpretativo de las reacciones nucleares, el del núcleo compuesto, con la conocida idea central de separar la sección eficaz de la reacción en el producto de la correspondiente a la formación del núcleo excitado y la asociada a la desintegración posterior, proceso que normalmente admite varios canales de realización mutuamente excluyentes.

Entre 1938 y 1940, junto a la evidenciación experimental del que más tarde será llamado mesón  $\mu$ , no explicativo aun de la teoría de Yukawa, tiene lugar la consecución en Francia de la primera reacción en cadena convergente y la demostración de que, con las adecuadas condiciones y material, podría obtenerse una reacción en cadena mantenida. Este logro es debido a Joliot, Halban, Kowarski y Perrin, parte de los cuales mostrarán sus descubrimientos en Inglaterra durante la ocupación alemana en Francia.

Como es bien sabido no será, en cambio, hasta

unos años después, en Diciembre de 1942, cuando Fermi -/  
consiga en U.S.A. el hacer funcionar la primera pila ató-  
mica. De ahí hasta el estallido de las primeras bombas -  
atómicas sobre suelo japones, tan sólo van a transcurrir  
tres años escasos, pero en los cuales posiblemente se -/  
sientan las bases de la imbricación masiva del hacer - /  
científico en los esquemas del desarrollo de los estados  
modernos. La consideración en profundidad de esta cues-/  
tión, por más que auténticamente apasionante, cae fuera/  
de los objetivos de este trabajo.

Desde ese año de 1945, junto al desencadena-/  
miento de la búsqueda del control de la energía nuclear,  
los descubrimientos en Física Nuclear se precipitan. La/  
identificación y evidenciación de partículas subatómicas  
alcanza tales niveles que es preciso celebrar un Congre-  
so Internacional en 1953 para sentar las bases de una -/  
sistematización (aspecto este que se trata con más deta-  
lle en las páginas correspondientes al área de Física -/  
Teórica). A partir de 1948, comienza a ser relegada la -  
obtención del material experimental en base a la radia-/  
ción cósmica y hacen su aparición los primeros acelerado-  
res de partículas verdaderamente potentes. Los modelos -  
interpretativos de reacciones se multiplican, en 1954, -  
Feshbach, Porter y Weisskopf introducen el modelo óptico,  
válido como es sabido para la interpretación de procesos

de difusión asociada a reacciones secundarias; previamente, manejando la teoría de perturbaciones, Butler había creado el modelo que lleva su nombre para la interpretación de los procesos "stripping", cosa que hace en 1951, a la vez que anteriormente, en 1947, ya había establecido Serber las ideas básicas del llamado modelo de interacción directa, con la consideración de una doble fase en el proceso de interacción núcleo/partícula, similar al del núcleo compuesto, pero con la diferenciación de que ya en la primera parte se produce la expulsión de nucleones del núcleo diana.

Es en este contexto en el que se produce la aparición en los Anales de los primeros artículos de Física Fotocorpuscular, en concreto en 1950, y su rápido asentamiento como la más prolífica línea de investigación de todas cuantas han sido practicadas en el seno de la Sociedad. Dicha línea aparece como algo absolutamente novedoso en nuestro país y un tanto a remolque de la eclosión que se detecta en el extranjero en torno a la física de partículas.

Los investigadores de la Sociedad abordan este tema de trabajo con un fuerte entusiasmo, alcanzando en el lapsus de pocos años unas cotas de producción verdaderamente notables. Por lo que se refiere a los aspectos cualitativos de estas investigaciones, son de desta-

car varios de ellos claramente positivos. Así, hemos -//  
ido constatando en el análisis temático al menos dos - /  
fuerzas aldabonazos internacionales del equipo del IFIC/  
de la Universidad de Valencia (relativos a la determina-  
cion de nuevos niveles energéticos del  $\text{Be}^8$  y a la evi-  
denciación experimental del núcleo de  $\text{He}^8$  ), la partici-  
pación en grandes proyectos orquestados a nivel interna-  
cional (como el patrocinado por las tres universidades -  
inglesas) y la realización de trabajos de colaboración -  
entre equipos teóricos y experimentales en diversas oca-  
siones (técnica metodológica muy poco o nada practicada/  
en otras áreas). Siendo también de destacar el giro fi-/  
nal que se observa, dentro siempre de las investigacio-/  
nes fotocorpusculares, hacia técnicas de trabajo más mo-  
dernizadas que la de las emulsiones, nos referimos como/  
es natural al surgimiento de equipos de investigación en  
Valencia y en la JEN que trabajan con datos proceden-/  
tes de cámaras de burbujas.

No parecen, por tanto, los investigadores los  
blancos más idóneos a la hora de dirigir las críticas ne-  
gativas, que las hay. Ellos han centrado su atención ha-  
cia un tema de trabajo que estaba en boga en el exterior  
y en el que, ya lo indicamos anteriormente, parecen domi-  
nar más la paciencia y la laboriosidad que los elementos  
creativos. Se dedicaron a él un buen plantel de jóvenes/

que se incorporaban a la investigación una vez pasada la postguerra, aplicandose al mismo con ilusión y demostrando un aceptable nivel. Pero unas reflexiones de corte -/ histórico e institucional sobre las investigaciones foto corpusculares ponen de manifiesto, una vez más y con - / irritante tónica de igualdad en relación a lo dicho en - otras áreas, varias de las lacras que ya parecen perfilarse claramente como endémicas en la investigación llevada a cabo durante la segunda época de la Sociedad.

En este orden de cosas podríamos comenzar poniendo de manifiesto el retraso con el que se entra en el tema en relación al nivel internacional. Como se desprende de la introducción histórica que hicimos al principio, la Física Fotocorpuscular era ya un tema solidamente establecido antes de la guerra mundial y que se desarrolló a tope en muchos países durante la segunda parte de los años cuarenta. En España comienza su introducción en el cincuenta y su asentamiento definitivo, aunque rápido, todavía ocupa algunos años más. A este respecto es también significativo que los primeros bancos de datos provinientes de cámaras de burbujas son traídos y analizados a mediados de la década de los sesenta, cuando este eficaz instrumento de investigación era introducido por Glasser una docena de años antes. Es innegable/ que algunas de las investigaciones concretas que se lle-

van a cabo son casi "puntas", pero el retraso global - / que hemos puesto de manifiesto siempre sera un peso negativo sobre el conjunto de las investigaciones fotocorpusculares.

Otra cuestión a explicitar, tal vez mas acentuada aquí que en ninguna otra área, es la absoluta dependencia del exterior en lo que se refiere a la consecucion del material experimental. La ausencia de aceleradores de partículas en nuestro país hace que haya que solicitar continuamente el bombardeo de las placas a instituciones extranjeras y/o limitarse a investigar en los temas concretos por ellas preconizados. Dándose la circunstancia de que a finales de los sesenta España se retira de la única institución (el CERN) en la que, por disponer desde 1959 de un potente sincrotrón, podía como un socio mas tener acceso al mismo. Todo lo anterior autoriza a caracterizar la investigación desplegada por los miembros de la Sociedad en este terreno, como una investigación de apoyo a la realizada en otros Estados mas potentes a nivel científico y económico.

Indiquemos, asimismo, ya como final de lo referente a las investigaciones fotocorpusculares, que - / siendo las de mayor relevancia cuantitativa de la segunda época de la Sociedad, no parecen haber alcanzado los mismos niveles de actualidad y trascendencia que tuvieron las mas destacadas de la primera época. Asi parece -

al menos desprenderse de los estudios cronológicos, te-  
máticos y de "impacto" al que las hemos sometido en este  
y en otros apartados del presente trabajo.

Por lo que se refiere al resto de las investi-  
gaciones nucleares, las de aplicaciones prácticas, la si-  
tuación es bastante distinta. Lo más significativo de -/  
las mismas no son los logros que en ellas puedan haber -  
alcanzado o dejado de alcanzar, sino la escasa entidad -  
numérica de su producción en relación con las fotocorpus-  
culares.

Ya dijimos al iniciar el análisis temático -/  
correspondiente que en buena lógica este debería de ha-  
ber sido el bloque de investigaciones más potenciado en/  
nuestro país. Sobre todo teniendo en cuenta la preten-  
sión gubernamental de conseguir una adecuada industriali-  
zación y la de las Directivas de la Sociedad sobre la im-  
bricación entre sus investigaciones y las necesidades na-  
cionales. Pero una vez más nos tropezamos con la estre-  
chez de miras de las altas instancias ante el apoyo eco-  
nómico a la investigación científica. Dado que las inves-  
tigaciones fotocorpusculares, obviado el bombardeo de -/  
las placas con la dependencia del extranjero, requería -  
pocos medios, era mucho más fácil permitir la polariza-  
ción hacia los mismos del máximo potencial humano de los/  
físicos nucleares españoles que realizar las costosas in-

versiones que requería la potenciación de las investigaciones aplicadas de la JEN.

A destacar, en este terreno, el hecho de que/ este tipo de investigaciones tuvo un buen momento en los años cincuenta, lo que constata la existencia de gente - preparada para haberlas convertido en una de las más potentes líneas de investigación, si hubiera habido voluntad para ello. Lejos de ser así, y si hemos de guiarnos/ por lo publicado en Anales, hay que esperar hasta los -/ años sesenta para que aparezcan las primeras investiga- ciones sobre reactores nucleares.

Parece procedente, dada la naturaleza de nues- tros últimos comentarios, el hacer constar la posible -/ distorsión que sobre nuestros datos pudiera introducir - el contenido de las publicaciones propias de la JEN, pe- ro ante esto cabe argumentar que este organismo se asoma con mucha frecuencia a los Anales, a la vez que subven- ciona masivamente las investigaciones del IFIC. En conse- cuencia, la producción oculta para este trabajo de las - publicaciones de la JEN no creemos que cambie sustancial- mente el panorama que aquí hemos descrito, con todo, que da como un campo abierto a futuras y más completas inves- tigaciones monográficas sobre el tema de las investiga- ciones nucleares españolas.

## 5.6. Física Teórica

El area cuyo estudio iniciamos presenta unas/ características, según ha habido ya ocasión de comprobar en parte, bastante peculiares. De entrada, recordemos -/ que era el área de menor importancia cuantitativa, y en/ cambio, presentaba un espectacular crecimiento final que la convertía en una de las más relevantes al acabar la - época.

Dentro del conjunto total de las distintas -/ áreas temáticas desarrolladas en la Sociedad, era ésta - la que tardaba mas en asentarse como un cuerpo definido/ de investigación, concretamente no puede ser considerado como tal, según el análisis que se realizó en su momento, hasta el inicio de los años sesenta. Esto hará que en to do nuestro análisis posterior, sea considerado el ini-/ cio de esa década como punto de arranque cronológico de/ las investigaciones en este campo.

A la hora de caracterizar el área desde un -/ punto de vista temático es imprescindible el dejar claramente sentadas algunas consideraciones. Artículos cuyo - contenido sea básicamente teórico podemos encontrar, y - así se ha hecho constar en su momento, bastantes dentro/ de cada área. Pero, generalmente, son artículos que desarrollan unos contenidos teóricos que van a ser a conti-/

nuación comprobados, o al menos contrastados, mediante una serie de determinaciones experimentales las cuales son publicadas a continuación en otros artículos, formando, en conjunto, una serie coherente de trabajos que creemos es adecuado el catalogarla básicamente como de naturaleza experimental.

Estas series de artículos, repetidamente observables en los Anales, no serán objeto de nuestra atención en la presente área. Aquí se incluirán aquellas investigaciones referidas a los aspectos teóricos de cualquier rama de la Física, en los que no se aprecie una intención del autor por la comprobación experimental de los resultados a los que llega, circunstancia ésta que, en la mayor parte de las veces, el propio autor sabe de antemano es inviable en el estado actual de la investigación experimental. Lo anterior es aplicable tanto a los artículos destinados a la elaboración de modelos teóricos establecidos "a priori", como los realizados "ad hoc" para encajar con datos experimentales previos, no siendo contradictorio esto último con lo afirmado inicialmente debido a que, en la práctica totalidad de los casos, ese acoplamiento teoría-experiencia no se consigue sino en un nivel muy reducido, lo cual demanda a su vez nuevas realizaciones experimentales, a veces radicalmente distintas a las previas desde el punto de vista técnico, en

las que el autor del artículo en cuestión no entra o lo hace bajo una forma puramente marginal.

Creemos que con los párrafos anteriores nuestra área queda aceptablemente caracterizada a nivel temático, pero somos conscientes que, pese a todo, la inclusión o no de determinados artículos en esta area adolecerá siempre de un cierto grado de subjetividad, y su asimilación a la misma será, por tanto, discutible. Con todo, esos artículos no dejarían nunca de ser los menos, y su eliminación o reclasificación no alteraría de forma significativa las consecuencias que podamos derivar del desglose temático del área.

En otro orden de cosas, es procedente indicar que bajo un prisma global, las investigaciones desarrolladas sobre concepciones teóricas, y las aquí consideradas no desmienten la apreciación, requieren una fuerte preparación conceptual y el pleno dominio de técnicas matemáticas bastante complejas, lo cual podría explicar su tardío desarrollo en el seno de la Sociedad, o cuando menos, sería un elemento a considerar entre otros a la hora de interpretar el fenómeno.

Asimismo, este tipo de investigaciones va dirigido, por su propia naturaleza, hacia cuestiones básicas del saber científico, careciendo en su inmensa mayoría de posibles aplicaciones práctico-tecnológicas, las cuales no son exigibles en este campo de trabajo.

Finalizaremos esta introducción, recordando -/  
otra de las peculiaridades típicas de este área de inves-  
tigación, cual es el hecho de la abundancia en la misma -  
del trabajo individual o de equipos muy reducidos, lo -/  
cual podría incidir en un menor grado de interconexión -  
entre los artículos en comparación con lo observado para  
otras áreas. Circunstancia ésta que pronto estaremos en/  
condiciones de clarificar, así como la constatación de -  
que entre los investigadores del área encontraremos figu-  
ras de primera línea a nivel general en el contexto de -  
la investigación científica española.

#### 5.6.1. Líneas temáticas de investigación

Al analizar pormenorizadamente el contenido -  
de los 124 artículos incluidos en el área, aparecen dos/  
grandes temas genéricos de investigación bien diferencia-  
dos, uno, el más numeroso, dedicado al estudio cuántico/  
de los componentes más elementales del átomo, y otro que  
versa sobre el análisis mecánico de sistemas físicos de/  
diversa naturaleza.

Recogeremos el primero en una línea que deno-  
minaremos Partículas Elementales (P.E.) y el segundo en/  
otra, denominada Mecánica Teórica, en la que serán tam-/  
bien incluidas algunas investigaciones, poco relevantes/

cuantitativamente, dirigidas a cuestiones no encajables/  
en rigor en ninguna de las dos líneas citadas.

Recapacitando, inicialmente, sobre los datos/  
globales, nos encontramos con que ambas líneas presentan  
unas cotas cuantitativas no excesivamente diferenciadas,  
así P.E. alcanza el 54% en tanto que el restante 46% co-  
rresponde a la de M.T. Con todo, y si tenemos en cuenta  
la observación hecha anteriormente sobre la inclusión en  
M.T. de investigaciones de naturaleza no mecánica, pode-  
mos concluir que la línea de P.E. es sin duda la preferi  
da de los investigadores teóricos de la Sociedad aunque/  
ello no suponga un excesivo detrimento para investiga--/  
ciones de otro tipo.

A la hora de pasar a la evolución anual y - /  
quinquenal del número de trabajos por línea en cotas ab-  
solutas (ver Tablas 247 y 248; Gráfica 115) y porcentua-  
les (ver Tabla 249, Gráfica 116), lo primero que llama -  
la atención es el escaso número de artículos correspon-/  
dientes a los tres primeros quinquenios; así pues, consi-  
deraremos como punto de arranque de nuestro estudio el -  
año 1955, haciendo caso omiso de las cifras anteriores,/  
especialmente las porcentuales, por la enorme distorsión  
que les infiere la escasez de trabajos publicados.

La línea de P.E. presenta una cota inicial -/  
bastante importante, como lo es el 54,5%, para tras una/

baja un tanto ilógica en el quinquenio siguiente, imponerse claramente en los dos últimos como línea más prepotente. Se da incluso la circunstancia de que desde 1960/ hasta el final de la época la tendencia es de claro crecimiento, lo cual es un indicador de futuro esperanzador para este tipo de investigaciones.

Revisando la distribución anual de esta línea P.E., cabe hacer aún una matización más, referida al hecho de que, si bien es en el quinquenio 1955-59 cuando comienza a hacerse notar, no es sino en los dos últimos/años del mismo cuando este fenómeno toma cuerpo, concluimos entonces que las investigaciones sobre P.E. no quedan establecidas solidamente hasta el inicio de los años sesenta.

Por lo que respecta a la línea de N.T. se observa, un comportamiento rigurosamente complementario. - Iniciada su producción con una cota notable, del 45,5% - concretamente, vive su momento de mayor auge en el quinquenio siguiente, en el cual llega a suponer más del - / 80% de las investigaciones del área. Momento éste a partir del cual inicia un proceso de descenso, que no cesará hasta el final de la época, pero que parece atenuarse fuertemente en la última fase de la misma.

A resultas de lo anterior cabe concluir que - éstas investigaciones han tenido, hasta en sus momentos/

de menos peso cuantitativo, un nivel de significación -/ nunca desdeñable y que el futuro de las mismas una vez - transcurrida la época es un tanto dudoso, pues lo mismo/ cabe pensar en un acentuamiento de la tendencia a ir disminuyendo paulatinamente, que en una potenciación de las mismas en base a su aún alto nivel de significación en - el último quinquenio.

Fijandose en la distribución anual de esta línea, se observa como su asentamiento definitivo tiene lugar justo en los mismos años que la de P.E., lo que parece puramente casual, dado que, según comprobaremos en el desglose temático, la diferenciación entre ambas líneas, tanto a nivel de autores como de contenidos, es bastante neta en general.

Así pues, los primeros años de la década de - los sesenta pueden ser catalogados como los del asenta-/ miento definitivo de las investigaciones teóricas de la/ Sociedad, dato que ya era conocido pero que ahora es completado con el hecho de que ese asentamiento se produce, en forma simultánea, en todas las líneas de investiga--/ ción.

Indiquemos, finalmente, antes de entrar en la matización de los contenidos de las líneas, que si bien/ este área de Física Teórica es la que más tarda en asen- tarse como tal en el seno de la Sociedad, este hecho ha-

ce que su desarrollo venga a coincidir con la época en - que la producción de la misma alcanza sus mas altas co- / tas, lo cual le confiere, en cierto modo, la categoría - de área más significativa de dicha época.

### 5.6.2. Partículas Elementales

El tema de la Física Teórica de Partículas - / Elementales surge tímidamente en los Anales a finales de los años cincuenta con los trabajos pioneros de L. M. Ga rrido, con quien colaboran inicialmente A. Galindo y - / P. Pascual, llamados posteriormente a convertirse en las más relevantes figuras de las investigaciones teóricas - de la Sociedad.

Estos trabajos son canalizados, en principio, a través de la Junta de Energía Nuclear, pero al suceder al profesorado universitario los dos últimos autores an- teriormente citados, se desplaza el centro de gravedad - de la producción institucional hacia las primeras cáte- / dras y departamentos de Física Teórica. Los sucesivos y / nuevos equipos de investigación que a resultas de este - proceso van surgiendo, cristalizan en el llamado Grupo - Interuniversitario de Física Teórica (GIFT) como elemen- to coordinador y de soporte económico, momento en el - / cual parecen quedar firmemente instalados los pilares de de finitivos de la investigación en Física Teórica.

Las investigaciones llevadas a cabo en este campo forman un cuerpo claramente coherente y las sublíneas que van a delimitarse presentan importantes concomitancias. Asimismo, podemos catalogar dicho cuerpo de investigación como demandador del más fuerte aparato matemático de los manejados por los miembros de la Sociedad.

Bajando ya a los niveles temáticos, pueden distinguirse dos sublíneas firmemente establecidas. Una primera, en la que se desarrollan las investigaciones pioneras del área, sobre la naturaleza de las interacciones mutuas que tienen lugar entre las partículas subatómicas, y una segunda en torno al análisis de los fenómenos físicos típicos (como desintegraciones, capturas, etc...) que tienen lugar a nivel nuclear.

#### 5.6.2.1. Teoría Cuántica de Campos

Como es bien conocido, las interacciones gravitatorias y electrónicas fueron exhaustivamente trabajadas a lo largo de los siglos XVIII y XIX, en tanto que en el nuestro, pese a abundarse en el estudio de las mismas, la irrupción de la Física en el mundo atómico sugirió la existencia de otros dos tipos de interacción: el nuclear y el débil.

El estudio de estas dos últimas interacciones, al estar ligado en su origen al mundo subatómico, ha si-

do desarrollado mediante la herramienta que ha demostrado ser la más fecunda a este nivel: la mecánica cuántica. El resultado ha sido la aparición de una disciplina de estudio autónoma, que trata sobre la investigación de la naturaleza de las interacciones específicas del mundo atómico y de sus conexiones con las otras, generalmente conocida bajo el nombre de Teoría Cuántica de Campos.

Si como ya se dijo anteriormente, las primeras investigaciones coherentes de los miembros de la Sociedad en Física Teórica fueron en este campo, desde ese primer momento hasta el final de la época nunca ha dejado de prestarse atención a este tipo de investigaciones básicas dentro de la teoría general de partículas elementales. No obstante, y debido a que en muchos casos son auténticas investigaciones-catapulta hacia otros temas más concretos, no han sido las que han recibido una mayor atención. Por eso han sido incluídas junto a ellas, y aunque sólo sea por las analogías formales existentes entre ambas, las investigaciones relativas a la interacción de campos electromagnéticos con partículas elementales, es decir, las referentes a Electrodinámica Cuántica.

Los nombres de Garrido, Galindo y Pascual corresponden a los de los autores más prolíficos dentro de la sublínea, estando los demás a una gran distancia de ellos, pudiéndose, no obstante, citar a alguno como - -/

F.J. Yndurain, E. Santos y M.A. Goñi. A la vez, destacaremos como principales centros institucionales de producción, la JEN y los Departamentos de Física Teórica de las Universidades de Valencia, Barcelona y Zaragoza.

A nivel temático las investigaciones en este terreno son, dentro de su coherencia global, un tanto variadas. El grupo mas importante de artículos es el conformado por dieciseis de ellos (304), referidos, en terminos generales, a la representación matemática de los campos de interacción entre partículas.

En este terreno, son tratados inicialmente los problemas relativos al desarrollo en el tiempo de los campos en interacción del nucleón y del mesón  $\pi$ , el cuál es expresado en forma de ecuaciones diferenciales funcionales. Posteriormente, y tras una incursión en la teoría del electrón de dos componentes propuesta por Feynman, se observan una serie de artículos dedicados a cuestiones de corte metodológico, como la alternativa que supone la utilización de los operadores creación-destrucción frente al formalismo lagrangiano, la utilización de ciertos grupos de transformaciones (como el  $G_2$  y el  $Sp(3)$  en problemas concretos de interacción de partículas tradicionalmente abordados bajo tratamiento matematico distinto, problemas de inversión temporal y otros similares.

Asimismo, y siguiendo aún en el estudio de este grupo inicial de dieciseis artículos, son de señalar/también investigaciones sobre algunos tipos concretos de transformaciones, como las llamadas G-P (Galindo y Pascual) para la diagonalización de los hamiltonianos de partículas con spín  $0, 1/2$  o  $1$  y las PCT para campos de Dirac. Resaltando, finalmente, algunos artículos más, de temática variada, sobre representaciones explícitas e irreducibles de los para-campos bosónico y fermiónico, generalización relativista del modelo de Lee, cálculo de las funciones de Jost para potenciales con comportamiento exponencial en el infinito y otras cuestiones parecidas.

Ya en grupos de artículos más reducidos han sido tratados otros aspectos temáticos mas concretos. Así, es de destacar una serie de siete artículos (305), dedicados al estudio de los factores de forma electromagnéticos, para los que se da su significado físico bajo determinadas condiciones, se evalúa en el caso concreto del pión mediante el algebra de corrientes, se estudian sus invariancias en las interacciones de partículas con nucleos a bajas energias mediante la aproximación de impulso y las restricciones sobre sus comportamientos asintóticos para mesones y bariones, asi como otras cuestiones similares.

Finalmente, haremos referencia al conjunto de seis artículos (306), dedicados a la Electrodinámica - / Cuántica. Institucional y temáticamente muy variadas, pese a su escasa entidad numérica, estas investigaciones - tocan cuestiones tan separadas como la deducción de las/ ecuaciones de Maxwell en el vacío mediante la utiliza--/ ción del grupo de Poincare, la evaluación de hamiltonia- nos de interacción campo-partícula, el estudio de la po- sible existencia de una radiación subyacente a los fenome- nos cuánticos, la formulación de problemas estocásti- / cos en espacios de Hilbert y su posterior aplicación - / formal a la electrodinámica clásica comparando los resul- tados con los obtenidos cuanticamente y otras cuestiones más o menos afines.

#### 5.6.2.2. Física Nuclear Teórica

Agruparemos en esta sublínea a todos aquellos trabajos que tienen como objeto principal la elaboración de modelos teóricos tendentes a interpretar o evaluar al- gunos de los fenómenos físicos concretos que usualmente/ tienen lugar en el seno de los átomos y a nivel de los - componentes elementales de los mismos.

Fácil es comprender que se trata de unas in- / vestigaciones muy similares, a nivel metodológico y fina- lista, a las consideradas en la sublínea anterior, con -

las cuales la diferencia es más operativa que real. No obstante, es de destacar su mayor concreción a nivel de objetivos y algunas diferenciaciones cualitativas referidas a los modelos teóricos utilizados en unas y en otras investigaciones.

La labor desplegada por los miembros de la Sociedad en este campo, se desarrolla en forma simultánea a la correspondiente a la sublínea anterior, valiendo entonces para ambas la misma distribución cronológica, si bien, aquí se detecta un importante incremento del número de artículos publicados desde el inicio de los años setenta, muy superior al observado para la Teoría de Campos.

A nivel de autores aparece como máximo productor J. L. Sanchez Gómez, destacando también A. Galindo y P. Pascual, situándose a algo más de distancia A. Tiemblo. No obstante, dentro de la matización por apartados se irán citando otros autores.

Temáticamente más heterogéneas que las consideradas en la sublínea anterior, las investigaciones de ésta serán subdivididas en varios apartados, de no mucha entidad cuantitativa pero claramente diferenciados a nivel de contenidos.

a) "Decay" de mesones

La labor más completa de las llevadas a cabo

en este terreno corresponde al equipo de trabajo del -// Instituto "Rocasolano" (CSIC, Madrid), entre cuyos miembros destaca A. Tiemblo como firmante más asiduo.

Trabajan en torno al cálculo de desintegraciones de diversos tipos de mesones (fundamentalmente  $K$ ,  $\eta$  y  $X_0$ ) mediante diferentes técnicas y aproximaciones, como pueden ser los modelos con "loop" de quark y el álgebra/ de corrientes, aportando a veces contrastaciones experimentales.

Su labor se plasma en una serie de cinco artículos (307) llevados a cabo entre 1968 y 1972.

Por otro lado, y en el Instituto de Física -/ Teórica de Barcelona, A. Bramon y colaboradores presentan una pequeña serie de tres artículos (308), destinada al cálculo de las anchuras de desintegración de mesones/ del tipo  $\eta$  y  $K$ , para las cuales a veces ofrecen también contrastaciones con resultados experimentales previamente localizados en la bibliografía.

Finalmente, serán considerados en este apartado otros dos artículos (309), uno debido a Galindo sobre la desintegración del mesón  $K$ , de valor más bien didáctico, y otro de Goñi sobre el cálculo de factores de forma y amplitudes en mesones  $K_A$ .

### b) Procesos de "scattering"

Las investigaciones en torno a este tema han/ido dirigidas en una multiple dirección, habiendo sido -desarrolladas la mayor parte de las mismas en los últi-mos años del quinquenio de los setenta, lo cual es un -claro indicador de su vigencia al final de la época.

A traves del Departamento de Física Teórica -de la Autonoma de Madrid pueden observarse una serie de/cinco artículos (310), algunos de ellos realizados en colaboración con instituciones extranjeras inglesas y fran-cesas, debidos a varios autores, en los que se trabaja -en torno al calculo de los ceros de las amplitudes de la difusión pión-nucleón, y de la sección eficaz total del/mismo proceso, hacia adelante y hacia atrás. Asimismo, -también se ocupan de la evaluación de las longitudes de/scattering para el proceso pión-pión, cuestión sobre la/que ofrecen contrastaciones experimentales con datos previos.

Mediante otras instituciones, sobre todo la -JEN, son producidos cuatro nuevos articulos (311), algu-nos de ellos casi pioneros del área, en los que se tra-/tan aspectos matemáticos y metodológicos sobre la inter-pretacion de procesos mediante la teoría cuántica de la/dispersión y colisión nucleares. Junto a ellos hemos in-cluido también un artículo aislado sobre aproximaciones/

concretas a utilizar en "scattering" inelástico.

La fuerte dispersión de autores nos ha hecho no referirnos a ellos, pero indiquemos al menos que entre los mismos aparecen algunos de los más renombrados del área.

### c) Procesos de captura nuclear

A través de los Departamentos de Física Teórica de las Universidades de Valencia (sobre todo, Barcelona y Madrid, en mutuas colaboraciones, se detectan un total de seis artículos sobre esta cuestión (312), casi todos ellos en los años setenta, aunque a principios exclusivamente, lo cual indica que el tema parecía estar marginado al final de la época. Entre los autores es P. Pascual quien con sus colaboradores acapara la producción, pudiéndose ver, asimismo, en algunos artículos la firma de Galindo.

Salvo uno, dedicado a la generalización del modelo de Eckstein para absorción de piones, todos los artículos están dirigidos hacia la evaluación e interpretación del proceso de captura de muones por núcleos. Este fenómeno es abordado inicialmente mediante la especialización de la teoría general de ritmos de captura en el caso de que los estados inicial y final vengan descritos por el modelo de capas o el de Nilsson, abordándose a -/

continuación diversas cuestiones como las correcciones - radiactivas en la captura por hidrógeno y el cálculo del parámetro de asimetría en función de la energía del neutrón emitido.

d) Fotoproducción de piones

Las investigaciones sobre este tema han sido/ llevadas a cabo, en forma casi exclusiva, por J. L. Sánchez Gómez en el Departamento de Física Teórica de la -/ Universidad de Valencia, si bien junto a él firman va--/ rios colaboradores, bajo una producción total de siete - artículos (313).

Se estudia concretamente la fotoproducción de piones en el campo coulombiano del  $^3\text{He}$ , fenómeno para - el que se evalúa la sección eficaz diferencial, analizando, posteriormente, la influencia sobre el mismo del movimiento de los nucleones dentro del núcleo con consideración de terminos relativistas, a la vez que estudian - diversas cuestiones del fenómeno a altas y bajas ener--/ gías. Las últimas investigaciones sobre el tema hacen referencia a la evaluación de las amplitudes de fases de - algunos procesos generadores del fenómeno y aspectos de/ acoplamiento. A señalar, por último, la existencia de un artículo dirigido a la fotoproducción de piones en  $^{11}\text{B}$  a baja energía y mediante la aproximación de impulso.

Cronológicamente, las investigaciones de este apartado se desarrollan entre 1968 y 1973. Como dato a retener cabe indicar que algunas de ellas son colaboraciones con el IFIC de la Universidad de Valencia.

e) Temas diversos

Agruparemos aquí un conjunto de seis artículos (314), todos ellos realizados a partir de 1968 por autores diversos y en instituciones distintas, que no tendrían, en rigor, cabida en los apartados considerados anteriormente, por mor de su contenido temático.

Entre ellos hay dos relativos a cuestiones generales sobre potenciales nucleares, en concreto sobre potenciales centrales autoconsistentes (como alternativa a los de Thomas-Fermi y Hartree-Fock) y los de tipo Morse (para analizar su concordancia en datos energéticos con los de Thomas-Fermi en problemas nucleón-nucleón).

Señalaremos, asimismo, otros dos dedicados a la obtención de probabilidades de transición entre niveles energéticos hiperfinos y a la interpretación teórica de corrimientos experimentalmente observados en el átomo de hidrógeno. Los dos restantes son ya heterogeneos entre sí.

### 5.6.3. Mecánica Teórica

Si bien va a ser esta una línea en la que tendrán cabida todas las investigaciones realizadas en Física teórica que no sean clasificables en el tema genérico de Partículas Elementales, se le ha dado este título porque casi todos los apartados de investigación que matizaremos en su desarrollo, se refieren a investigaciones de naturaleza mecánica, aunque presenten importantes diferencias en su enfoque. En concreto habrá un solo apartado que se desvíe del tema general aquí considerado.

Al contrario de lo que ocurría en la línea anterior, entre los diversos apartados que consideramos -/ ahora no se da un hilo conductor común. Se trata, por -/ tanto, de una línea de investigación más bien inconexa, / en la que ninguno de sus apartados aparece como un cuerpo de investigación sólidamente establecido, aunque algunos de ellos ya apunten claramente en esa dirección. Pese a que en los artículos conformantes de esta línea no / aparecen, salvo muy aisladas excepciones, las firmas de / los productores más relevantes del área, no sería de extrañar que algunos de los apartados que la forman pudieran ser en el futuro importantes líneas de investigación. Basamos nuestra apreciación en el hecho de que, tanto en nuestro país como internacionalmente, las investigaciones sobre partículas parecen experimentar un cierto pro-

ceso de saturación y una recesión relativa frente a otros temas.

Los apartados temáticos a tratar, ninguno de/ ellos con entidad numérica suficiente para ser considerado sublínea, van referidos en concreto a los temas genéricos de Mecánica Racional, Mecánica Cuántica, Mecánica/Estadística, Relatividad y Estado Sólido.

#### a) Mecánica Racional

Apartado éste de muy escasa entidad, pero bastante aislado temáticamente de los restantes, en el que - tienen cabida algunas investigaciones esporádicas de autores que normalmente trabajan en otros temas, entre los que cabe destacar como más relevantes a L. N. Garrido, - J. N. Tharrats y F. Gascon.

Temáticamente incluye algunos estudios sobre/ las analogías formales entre la mecánica clásica y la -/ mecánica cuántica, en base a la utilización en la primera del método de perturbaciones manejando un nuevo principio de acción debido a Garrido. Pueden verse, asimismo otros trabajos referidos a temas como la aclaración del/ significado físico de las ligaduras no holónomas lineales en las velocidades dentro del tratamiento de las - / ecuaciones de Lagrange para sistemas no holónomos, estudios sobre la teoría tensorial de la turbulencia, investigación de las propiedades del centro de gravedad en me

dios continuos y análisis de campos lineales mediante -/  
las rectas normales.

Todo ello es desarrollado a través de seis ar  
tículos (315), dos de ellos publicados al final de los -  
años cuarenta y los restantes a partir de 1960, cosa que  
redunda en la idea de que no ha existido nunca un autén-  
tico cuerpo de investigación en este tema.

#### b) Mecánica Cuántica

Aunque, como es natural, todos los artículos/  
de la línea anterior tocaban necesariamente cuestiones -  
relativas a la mecánica cuántica, hemos reservado este -  
apartado para incluir todos los artículos que van dirigi  
dos no a la utilización de la misma como un simple ins-/  
trumento que posibilite investigaciones más específicas,  
sino a reflexionar sobre los aspectos fundamentales, con  
ceptuales y metodológicos, de esta disciplina.

Como era mas que lógico suponer, aparecen en/  
este apartado varios de los autores destacados citados -  
en la línea de partículas. A nivel global cabe indicar -  
que las investigaciones en este campo hacen su aparición  
en los Anales a mediados de los años cincuenta, exten--/  
diéndose ya, aunque con algunas irregularidades, hasta -  
el final de la época. Es curioso observar que pese a tra  
tarse de unas investigaciones dirigidas a aspectos pura-

mente básicos, algunas de ellas están subvencionadas por la U.S. Air Force a través del E.O.A.R.

Desde el punto de vista temático, no parecen delimitarse temas coherentes de investigación que tengan una cierta consistencia. Así, lo más que se consigue en este terreno es una serie de cuatro artículos (316), debidos a E. Santos y colaboradores de la Universidad de Valladolid, en los que se abordan algunos problemas de tipo general, como métodos de evaluación de la energía de interacción entre dos electrones, variedades del método de Hartree-Fock y problemas de interrelación entre las mecánicas clásica y cuántica, con la deducción de la ecuación de Schrödinger a partir de la primera y la formulación de los límites de aplicabilidad de la segunda.

También remarcables dos pequeñas series de artículos (317), la primera de L. Navarro y colaboradores, que llevan a cabo en la Catedra de Física Matemática de Barcelona algunos estudios sobre invariancias adiabáticas en el oscilador armónico, y la segunda de R. Carbó y R. Gallifa, quienes en el Instituto Químico de Sarriá trabajan en torno a la teoría de perturbaciones múltiples para sistemas no degenerados.

Aparte de estas pequeñas series, todo lo demás se reduce a un conjunto de ocho artículos dispersos (318), que tratan sobre aspectos muy variados como co--/

recciones relativistas a la ecuación de Schrödinger, -/  
 deducción de las ecuaciones del campo autoconsistentes -/  
 por metodos no variacionales en el problema de los N - /  
 cuerpos, influencia de la correlación electrónica sobre/  
 la densidad monoelectrónica, desigualdades de Wigner, -/  
 consideraciones sobre la aplicación del principio de in-  
 determinación y otras cuestiones.

La dispersión institucional y de autores es -  
 bastante grande en el caso de estos últimos artículos, -  
 pero en su realización intervienen algunas figuras muy -  
 relevantes, como Garrido y Sánchez del Río.

### c) Mecánica Estadística

Es este un campo de investigación que si bien  
 comienza a tomar forma ya hacia muy a finales de los se-  
 senta, parece asentarse en los últimos años de la época/  
 y tomar un grado de coherencia superior al observado en/  
 las investigaciones hasta ahora tratadas, incluso da la/  
 impresión de estar en alza en esos momentos finales y te-  
 ner, por tanto, un futuro prometedor.

Como es sabido, a nivel temático este tipo de  
 investigaciones tiene por objeto la evaluación de las -/  
 propiedades macroscópicas de los sistemas físicos, en ba-  
 se a cálculos estadísticos elaborados sobre los valores/  
 que toman ciertas magnitudes físicas de los componentes/  
 elementales de dichos sistemas.

Parecen distinguirse dos bloques coherentes - de artículos, un primero, debido a G. Velarde y llevado/ a cabo entre 1969 y 1970 en la Universidad Libre de Bruselas, y uno segundo, realizado por Juan de la Rubia y - J. J. Brey en la Universidad de Sevilla, ya en los años/ setenta.

Las investigaciones del primer grupo tratan - sobre el cálculo de la entropía para estados de no-equilibrio y sobre la imposibilidad de un desarrollo analíti- co en la densidad para los coeficientes de transporte en gases clásicos o cuánticos. Son conformadas por cuatro - artículos (319).

Por lo que respecta a las del segundo, desa- rrolladas a través de seis artículos (320), todos publi- cados a finales de los setenta, versan en su mayor parte sobre el tratamiento de los procesos de transporte en el seno del estudio general de los procesos irreversibles./ Aparecen cuatro artículos continuados referidos a la de- terminación de las ecuaciones de evolución, naturalmen- te, para casos de no equilibrio. Ello es abordado median- te la utilización de operadores proyección, obteniéndose la ecuación de Boltzman a partir de la ecuación de - -/ Liouville mediante el estudio del proceso de colisión de dos partículas sometidas a un potencial central de inte- racción. Posteriormente, se estudian algunos aspectos -/

formales de la representación matricial de la ecuación - de Liouville introducida por Balescu, representación que es luego aplicada al problema de un sistema sometido a - la acción de un campo eléctrico externo homogéneo. Otros artículos de este equipo hacen referencia a la compara- / ción de las teorías de Bogoliubov y Prigogine para siste - mas inhomogéneos en el primer orden de densidad y a las / correlaciones de largo alcance en acoplamiento débil.

También serán considerados en este apartado - otros cinco artículos más (321), de contenido heterogé- / neo y autores diversos que destacan en otras áreas (L. - Garzón, M. Díaz Peña, etc...). Van dedicados a aspectos / básicos como significación física intuitiva de modelos - estadísticos (Bose-Einstein y Fermi-Dirac), axiomatiza- / ción matemática de las leyes termodinámica, aspectos for - males de las funciones de partición y algunos estudios - sobre la entropía.

Estos últimos artículos son publicados a fi- / nales de los años cincuenta unos, a lo largo de los se- / senta otros. Temáticamente no sería descabellado el ha- / berlos incluido en alguna otra área, como Terminología o - Química-Física, en algunos casos. Al no formar cuerpo - / coherente de investigación, la importancia de estos tra- / bajos queda minimizada respecto a los anteriores.

## d) Mecánica Relativista

Si bien las primeras investigaciones sobre este tema aparecen al inicio de los años cincuenta, lo hacen en forma muy esporádica, no tomando entidad hasta el inicio de los sesenta, década a lo largo de la cual se desarrollan en su totalidad.

Desde el punto de vista temático abordan, básicamente, los fundamentos y consecuencias físicas de la teórica de la relatividad restringida, aunque también se toquen, en forma bastante más aislada, algunas cuestiones referentes a la relatividad general y a las teorías/unitarias.

Por lo que respecta a los estudios sobre la teoría especial de la relatividad, las investigaciones se producen en doble frente, si bien ambas direcciones coinciden a nivel cualitativo. Por un lado, entre 1960 y 1971, en trabajos firmados en el Instituto de Ciencias Físicas de Madrid, J. Palacios y algunos de sus colaboradores, desarrollan una serie concatenada de cinco artículos (322), en los que dirigen una decidida crítica a la teoría de Einstein. En el primero de ellos, establecen los nuevos postulados de Palacios, proponiendo una contracción transversal y longitudinal con respecto a la dirección del movimiento, a modo de lo hecho por Fitzgerald, como alternativa a los postulados einstenianos. Con ello

plantean un enfrentamiento de base al paradigma relativista, pese a que con una y otra teoría se obtengan, como ellos mismos hacen ver, algunas analogías formales. A continuación ofrecen una interpretación del experimento de Trouton-Noble según su nueva teoría, a la vez que desarrollan en base a la misma las llamadas "transformaciones naturales", las cuales interpretan fenómenos muy diversos, como la aberración de la luz, el efecto Doppler, la reflexión de la luz en espejo móvil, el corrimiento hacia el rojo y otras cuestiones usualmente interpretadas en la bibliografía en términos relativistas.

En otra dirección, es de destacar una serie de cuatro artículos (323), debidos al físico soviético P. Olijnychenko y publicados en los primeros años sesenta, en los que se vuelve a someter a crítica la teoría especial de la relatividad, ahora basados en el tratamiento que dicha teoría dispensa al problema del tiempo. Tras reflexionar sobre las contradicciones que podrían derivarse de la famosa paradoja de los relojes, deduce, a lo largo de dos de sus artículos, las ecuaciones de movimiento de un reloj giroscópico en una posición longitudinal y prueba que en estas condiciones, si aplicamos al reloj los principios de la relatividad restringida, se llega a la no conservación del momento cinético. Así pues, constatamos el hecho de que las únicas investiga-

para el segundo en el NbII en el ultravioleta extremo, - para el tercero en el ión  $\text{Co}^+$  y para el molibdeno, el más trabajado, se efectúan los espectros MoII, MoIII, -/ NoIV y NoV, entre 680 y 2.000 Å, analizando en algún/ caso los quintetes fundamentales del ultravioleta extre- mo.

- Investigaciones descriptivas

Apartado este al que corresponde una mayor pro- ducción. La labor que le viene asociada es la de elabora- ción sistemática de estructuras espectrales y de datos - experimentales extraídos directa o indirectamente de las mismas.

En las investigaciones llevadas a cabo en este terreno pueden distinguirse dos líneas de acción bien de- finidas. Una primera que hace referencia a la elabora- --/ ción experimental de estructuras espectrales, en la cual son realizados diez artículos (333) dedicados a diversos espectros del renio, rodio, níquel, vanadio y las series de elementos comprendidos en la tabla periódica entre bo- ro y nitrógeno, carbono y magnesio y nitrógeno y alumi- / nio. A varios de ellos se les dedica más de un artículo, dándose en algún caso nuevas líneas espectrales debida- / mente clasificadas.

En segundo lugar, y siguiendo en este tipo de

ciones que aparecen en los Anales en torno a la fundamen-  
tación de la teoría especial relativista, son para con-/  
tradecirla.

En otro orden de cosas, pasemos ahora al aná-  
lisis de las restantes investigaciones relativistas, re-  
feridas a la teoría general y a la del campo unificado./  
No deja de ser un tanto curioso el que los dos únicos ar-  
tículos que se publican en Anales en los años cincuenta,  
sobre mecánica relativista (324), hagan referencia, no -  
ya a la relatividad general, posterior como es bien sabi-  
do a la especial, sino al paso siguiente de aquella, la/  
teoría del campo unificado. Son debidos a J. M. Tharrats  
y tratan sobre el significado del nuevo campo de Einstein  
y la unificación de los fenómenos gravitacionales y eléc-  
tricos.

Reseñemos por último, la existencia de otros/  
tres artículos (325), dos de autor extranjero sobre el -  
tratamiento de campos electromagnéticos, tratados tenso-  
rialmente, en espacios riemannianos y otro en el que F. -  
Gascón generaliza a la mecánica relativista el principio  
de acción introducido por Garrido y al que hicimos refe-  
rencia en el apartado dedicado a mecánica cuántica.

#### e) Física Teórica del Estado Sólido

Es este el único apartado que, en rigor, no -

trata aspectos de tipo mecánico, pero la naturaleza de sus artículos es netamente teórica. Incluiremos en él un grupo de seis de ellos (326), llevados a cabo por F. García Moliner y colaboradores, a través del Instituto del CSIC "Alonso de Santa Cruz", casi todos en los años sesenta.

A nivel general, tratan sobre diversos aspectos de Estado Sólido enfocados desde un punto de vista teórico. En un mayor grado de concreción, podría indicarse que tratan sobre modelos teóricos para el estudio formal de la quimisorción de gases por semiconductores, bajo la hipótesis de que las moléculas absorbidas tienden a ceder electrones al sólido, modificando la densidad de portadores de carga de éste y, por tanto, alterando sus propiedades eléctricas, y sobre otros temas como tensores galvanométricos en cristales cúbicos, interpretaciones de la inversión de la imanación en láminas ferromagnéticas, consideraciones sobre la influencia de las dislocaciones estructurales en las propiedades ópticas y dieléctricas de los sólidos y cálculos de la estructura electrónica de algunos metales.

#### 5.6.4. Valoración crítica global

La primera idea que debe tenerse presente a -

la hora de intentar una valoración conjunta de la labor/ realizada en Física Teórica, es que nos encontramos ante un área exclusivamente asentada con solidez en los últimos diez años de la época. Esta circunstancia, que más adelante será justificada, infiere la imposibilidad de tener un mínimo de perspectiva histórico-cronológica para sopesar los logros obtenidos a nivel de contenidos temáticos, nuestro análisis irá entonces por otros derroteros, en concreto se dirigirá más hacia los aspectos de institucionalización y cuestiones metodológicas.

Como es bien sabido es a mediados de los años veinte cuando en base a las ideas de L. de Broglie, --/ Schrödinger y Heisenberg se va sustituyendo paulatinamente la inicial teoría de los cuantos de Plank y Bohr por la llamada mecánica cuántica. Hacia finales de esa década un excelente plantel de investigadores, entre los que destacan Dirac, Jordan, Wigner, el propio Heisenberg y Pauli abordan el problema general de la cuantificación del campo electromagnético, en el seno del cual se produce la famosa predicción de Dirac sobre la existencia del electrón positivo, que no sera encontrado experimentalmente hasta 1932.

Unos años más tarde, en 1935, Yukawa publica sus ideas en torno a la existencia de una nueva partícula, el mesón  $\pi$ , la cual actua como "mensajera" de un -

nuevo tipo de interacción, la nuclear, en proceso similar al que desempeñaba el fónon en las interacciones de tipo electromagnético. Esta partícula es encontrada, como dijimos en áreas anteriores, en 1947, lo cual verificaba la idea de la existencia de esta nueva interacción.

Con todo ello, va forjándose y tomando cuerpo definitivo una importante teoría general de campos abordada bajo las hipótesis cuánticas. La interconexión entre teoría y experimentación se manifiesta fuertemente fecunda, dándose la circunstancia de que ante la enorme cantidad de nuevas partículas elementales descubiertas a lo largo de los años cuarenta y principios de los cincuenta, surge la necesidad de realizar un Congreso Internacional (llevado a cabo en Bagnères de Bigorre en 1953) para armonizar nombres y criterios, a partir del cual se hablara ya de mesones K (partículas con una masa intermedia entre la del mesón  $\pi$  y el protón) y de hiperones (masa superior a la del neutrón).

En los cinco años siguientes los acontecimientos se precipitan, posiblemente ante el impulso que reciben, tras la luctuosa demostración de las potencialidades bélicas de la energía nuclear, todas las investigaciones relativas al mundo atómico. Entre 1953 y 1955 se produce la evidenciación experimental de una buena serie de nuevas partículas (las cuales en más de un caso son -

diferentes aspectos de otras ya conocidas), Wigner potencia la teoría cuántica general de campos con la introducción de sus hipótesis sobre las reglas de conservación y Gell-Mann y Nishijima proponen el llamado número cuántico de extrañeza. Un poco después, en 1956, Pauli y Lüders sentarán las bases del conocido teorema PCT sobre las invariencias de las interacciones entre partículas. Será precisamente el no cumplimiento del mismo en algunos procesos lo que sugiera a T. D. Lee y C. N. Yang a proponer en 1957, un nuevo tipo de interacción no invariante por la simetría espacial, la interacción débil. Momento éste en el que la teoría cuántica de campos parece ya tomar su forma definitiva, si bien su articulación completa resta aún hoy día mucho de haberse agotado, tanto a nivel de nuevos logros como en innovaciones metodológicas.

Ante este panorama internacional, creemos tener razones importantes para afirmar que el surgimiento y posterior desarrollo de la Física Teórica de partículas elementales, proceso iniciado en 1958 y no consolidado hasta mediados los sesenta, es notablemente tardío. Una vez más nuestra ciencia parece ir a remolque del exterior, pero esta vez en una especialidad que no requería unos medios de experimentación costosos como condición indispensable para su desarrollo. Tal vez la máxima dificultad residiera en la específica preparación matemá

tica de la que se requería dotar a los cultivadores de este campo de investigación y la posible falta de adecuación para ello. El borrar, resaltar o matizar lo de posible sería objeto de una investigación paralela dirigida/hacia el desarrollo de nuestra matemática en esos años./ Cuestión que, obviamente, cae fuera de las posibilidades de este trabajo, pero que esperamos ver realizada algún/día.

Por lo que respecta a las investigaciones en/Mecánica Teórica el fenómeno del retraso internacional - no solo se mantiene sino que se acentúa, pues el alza -/ que se observa en esta área entre 1959 y 1962 es debido, según quedo reflejado en el análisis temático, a la se-/rie de artículos publicados por Palacios y colaborado--/res, en contra de la teoría especial de la relatividad,/ pero la susodicha crítica no tiene apenas ulterior reper-/cusion en los Anales, donde tanto físicos teóricos como/ experimentales manejan de continuo la teoría de Einstein sin ningún tipo de reservas. Por tanto, no sería correc-/to decir que ya a finales de los cincuenta había una es-/cuela de investigación solidamente establecida, en todo/ caso hubo un intento de que así fuera. La consolidación/ de la Mecánica Teórica se dará, básicamente, a finales -/ de los sesenta, es decir, unos años después de la de par-/tículas.

Pese a su tardía irrupción en el ámbito internacional, los investigadores teóricos de la Sociedad despliegan un gran esfuerzo por recuperar el terreno perdido, lograndolo en una no desdeñable medida. Según hemos ido poniendo de manifiesto en el análisis temático paulatinamente se van manejando diversos modelos atómicos - / (el de capas de Nilsson, la generalización relativista - del de Lee, el de "loop" con quark, etc...) a la vez que técnicas de trabajo cada vez mas variadas, aparte de los formalismos lagrangiano y de creación-destrucción, otras más específicas como la del álgebra de corrientes o la teoría de ritmos de captura o la utilización de las funciones de Jost, a título de ejemplo. Asimismo, y junto a algunas aportaciones originales (las transformaciones  $G/P$  sin ir más lejos), la eficaz colaboración que se lleva a cabo con equipos de trabajo experimentales y la entrada en escena del GIFT, ya comentada, acaban de conformar esta serie de facetas positivas.

En resumen, e independientemente de los logros concretos, pueden inferirse un par de nuevas conclusiones. De un lado, el reforzamiento con lo visto en Física Teórica de la idea, apreciada anteriormente en - / otras áreas, referente al nuevo giro que parecen tomar - las investigaciones a partir de los años sesenta, giro - positivo en términos generales pero con el lastre casi -

siempre de su desfase con respecto al ámbito internacional. Aquí, un indicador más de este giro sería la irrupción al final de la época de las investigaciones de Mecánica Estadística. De otro, la clarificación absoluta de haberse firmemente consolidado, en el contexto general de las investigaciones teóricas, las referentes a partículas elementales, en tanto que ya surgen otras, como la de mecánica estadística que antes citábamos, que comienzan a imponerse.

Sobre este mismo tema, aunque cambiando de orientación, consideramos lamentable la escasa atención que, globalmente, han recibido los temas relativistas, - ante los que tal vez actuará como freno la fuerte oposición de una figura tan eminente como la del profesor Palacios y, también, la parca recepción que se ha deparado a los temas teóricos relativos al estado sólido.

Finalizaremos con la indicación de que, dada la naturaleza tan especial de las investigaciones de esta área, no tiene sentido el referirlas a su interconexión con las necesidades nacionales o con la innovación de la tecnología del país.

### 5.7. Otras Areas

Segun hicimos constar en su momento, junto a/ las seis grandes áreas generales de investigación, han sido también objeto de atención por parte de los miembros de la Sociedad otro conjunto de áreas menores, entendiendo por menores, de escaso peso cuantitativo. De entre ellas hay dos, concretamente la de Espectroscopía/ y la de Termología, que merecen siquiera un breve analisis temático. La mayor entidad de su peso porcentual con respecto a las otras áreas menores ya justificaría esta/ apreciación, pero hay otras razones que añadir como aval de la misma.

Por lo que se refiere a la de Espectroscopía, ha de tenerse en cuenta que en la primera época de la Sociedad fue una de las áreas punteras, no sólo cuantitativamente, sino también desde el punto de vista cualitativo. Así pues, parece interesante el tener al menos una panorámica global de lo que fué su contenido en ésta segunda época, antes de efectuar una comparación entre ambas y elaborar un balance final.

Para la de Termología no puede decirse lo mismo, pues su incidencia en la primera época fue escasa, pero conviene tener en cuenta que dentro de las áreas minoritarias la de Termología es la única que alcanza un -

crecimiento notable en su producción durante la última -  
década de la segunda época, lo cual la caracteriza como/  
un posible futuro tema relevante de investigación y real-  
za notablemente su importancia.

Para las restantes áreas no se efectuara aná-  
lisis temático, en unos casos por el porcentaje irrele-/  
vante del área que se considera, y en otros, por la natu-  
raleza auxiliar de las investigaciones de la misma en re-  
lación con otras de las grandes áreas. Creemos, además,/  
que pese a la no consideración de las mismas, el panora-  
ma final que más adelante estableceremos sobre el conjun-  
to de todas las áreas, no se verá prácticamente afecta-/  
do. Así pues, pasemos al análisis exclusivo de las dos -  
áreas anteriormente citadas.

#### 5.7.1. Espectroscopía

Por su propia naturaleza, el contenido temáti-  
co de esta área es un tanto conflictivo, pues podrían -/  
haberse incluido en la misma todas las investigaciones -  
de naturaleza espectroscópica que han sido ya considera-  
das en el estudio de las grandes áreas, como los traba-/  
jos de Química-Física sobre espectros de vibración-rotación o los espectros  $\gamma$  considerados en espectroscopía -  
nuclear. Pero aún con la inclusión de todos esos traba-/  
-

jos, la presente área continuaría ofreciendo una cota -/porcentual y un volumen de artículos significativamente/ menor al que le habría sido exigible para ser considerada como gran área. Ante tal circunstancia, no parecía -/aconsejable el arrancar de su contexto natural (Química- -Física o Física Nuclear) un buen grupo de artículos, pa- ra trasladarlos a otra área como la presente en la que, /dado su carácter minoritario, iban a recibir un análisis temático mucho más sucinto.

Hecha esta advertencia inicial, entremos ya - en el desarrollo de los contenidos temáticos, lo cual va- mos a hacer sin distinguir sublíneas, y bajo una perspec- tiva cronológica. El hecho de no considerar sublíneas es debido, no ya al escaso peso cuantitativo que presu<sup>u</sup>blemente tendrían, sino a que la propia secuencia lógica de las investigaciones no lo hace aconsejable.

Habiendose realizado en total sesenta y cua- /tro trabajos en este área, con una evolución cronológica significativa (ver Tablas 250 y 251), son de distinguir/ dos equipos de trabajo bien diferenciados. El primero -/ despliega su labor entre 1940 y 1946, siendo M. López de Azcona y F. Poggio sus componentes básicos, si bien fir- man con ellos varios investigadores más.

A nivel temático, este equipo trabaja en una - doble dirección. De un lado aporta nueve artículos (327),

en los que se ofrecen unas investigaciones de corte instrumental y técnico, algunas de las cuales aplican ellos mismos posteriormente en otros trabajos de objetivos más concretos. Hacen referencia a la construcción y manejo de dispositivos aptos para estudios espectroquímicos, en algún caso comprobados por los autores de inmediato, y a la investigación de las técnicas para el empleo de electrodos de soporte de carbono en el análisis espectral de las disoluciones. Pudiéndose detectar junto a estas investigaciones principales otras aisladas de menor entidad.

En otra dirección, este mismo equipo aporta 12 artículos más dedicados a la elaboración de espectros concretos. De ellos, hay ocho (328) que versan sobre espectros de arco para diversos elementos (iterbio, cesio, neodimio, praseodimio, disprosio, holmio, terbio, europio, gadolino, samario, erbio, tulio, wolframio y cromo), espectros de arco estos en los que, normalmente, se utilizan electrodos de carbón y se abarca el rango de 2.200-5.000 Å en longitudes de onda, si bien en algunos casos, como en el del wolframio, se aportan nuevos datos en la zona del ultravioleta. En tanto que pueden verse, a su vez, otros cuatro artículos (329), dedicados a espectros de chispa (también para el wolframio) y de absorción (para isómeros de la copro y uroporfirina y para -/

aceites de oliva y azafrán).

Independientemente del equipo anterior, hemos de considerar un segundo, de mayor entidad cuantitativa/ y avalado por una tradición investigadora bastante más sólida, como es el formado por M. A. Catalán y sus disci- pulos. Entre estos últimos son de destacar a F. R. Rico, L. Iglesias, R. Velasco y O. García Riquelme, los cuales despliegan su labor en el Instituto de Optica "Daza de Valdes" (CSIC, Madrid), a partir de 1949 y hasta media- dos de la década de los sesenta, momento en el cual no vuelven a asomarse a los Anales.

Pese a que el número de artículos firmados -/ por el eminente profesor Catalán no sea excesivamente -/ grande, lo hace aproximadamente en una docena de ellos,/ es de justicia hacer constar que su influencia personal/ parece decisiva, pues el lapsus de tiempo transcurrido -/ entre su vuelta a la Universidad y su fallecimiento, un/ corto paréntesis inferior a diez años, viene asociado -/ a los de máxima producción en Espectroscopía tras la gue- rra civil. Dándose, además, la significativa circunstan- cia de que tras su muerte se observa un importante des-/ censo de producción que no cesará hasta mediados de los/ sesenta, momento en el que los artículos de este área de saparecen en los Anales.

Desde el punto de vista temático, la produc- /

ción de éste equipo presenta una dirección múltiple, pudiéndose matizar algunos apartados coherentes de investigación, plasmados en cortas series de artículos. En concreto, serían los siguientes:

- Investigaciones de corte metodológico

Conformadas por un conjunto de seis artículos/ (330) dirigidos en una doble dirección. De un lado se -/ aborda el estudio de la variación del factor "g" de Lande y la interpretación de multipletes en el caso de la - interacción fuerte de Paschen-Back. De otro, las relaciones generales entre las configuraciones atómicas profundas del tipo  $1^m$ ,  $1^m s$  y  $1^m s^2$ , tratando la separación de los terminos profundos de alta y baja multiplicidad./ Siendo, asimismo, de señalar que se ha incluido aquí un/ artículo sobre la determinación de las configuraciones - electrónicas en los elementos del primer grupo de transi- ción.

- Investigaciones sobre espectros del manganeso

Estas investigaciones podrían situarse en otros apartados que posteriormente consideraremos, pero las he mos tratado por separado en base a dos circunstancias: - su destacada cota cuantitativa, con un total de nueve ar- tículos (331), y su enfoque metodológico, pues en varios

de los artículos predominan los elementos interpretati-  
vos sobre los meramente experimentalistas y descripti-  
vos.

Tras unos estudios iniciales sobre la determi-  
nación de la estructura del espectro del arco del Mn, en  
los que se aportan algunos nuevos niveles energéticos, -  
se aborda la interpretación del efecto Zeeman en el es-  
pectro del MnI, cuestión a la que se dedican un par de -  
artículos, siendo de destacar también en este terreno la  
interpretación del multiplete  $a^6S \rightarrow z^6P$  del espec-  
tro del MnI bajo campo conocido.

Estos estudios son completados con otros refe-  
rentes a la determinación de configuraciones electróni-  
cas concretas en base al espectro MnII y el espectro ul-  
travioleta del MnIII.

- Investigaciones varias sobre nuevos niveles -  
energéticos

Agruparemos aquí un conjunto de seis artículos  
(332), más bien dispersos, en torno al descubrimiento de  
nuevos niveles energéticos atómicos en base a los datos/  
aportados mediante las correspondientes series espectra-  
les.

En concreto, hacen referencia a cuatro elemen-  
tos: hierro, niobio, cobalto y molibdeno. Para el prime-  
ro se aportan los nuevos niveles en el espectro de FeII,

investigaciones de naturaleza básicamente descriptiva, -  
 cabe citar otro conjunto de seis artículos (334) sobre -  
 la elaboración sistemática de series y potenciales de -/  
 ionización de los espectros I, II y III correspondien-  
 tes a los elementos de los grupos del hierro y del pala-  
 dio, así como los de varias partículas ionizadas. Habiendo  
 sido también considerados en este apartado unos artí-  
 culos relativos a series concretas dentro del espectro//  
 general para grupos completos de elementos.

- Investigaciones diversas

Incluiremos aquí un conjunto de seis artículos  
 (335), los cuales no serían clasificables en ninguno de/  
 los apartados anteriores. Como es natural su contenido -  
 es totalmente disperso, salvo en la existencia de un par  
 de artículos del mismo autor.

Temáticamente, hacen referencia a aspectos -/  
 instrumentales del espectrógrafo de Littrow, nuevos y -/  
 patrones auxiliares de longitudes de onda, espectros de/  
 reflexión infrarroja en materiales de arcilla y cruza--/  
 miento de niveles energéticos con igual valor del número  
 cuántico "m".

Si deseamos efectuar un balance global de lo/  
 realizado en Espectroscopía, de nuevo surge la necesidad  
 de recurrir a la exposición cronológica de los hechos co

mo elemento clarificador de primera magnitud.

Según hemos tenido ocasión de comprobar, la expulsión de la Universidad sufrida por Catalán al finalizar la guerra asestó a las investigaciones en este área un mazazo negativo, del que ya nunca pudo reponerse en su totalidad, pese a la vuelta del maestro, al menos en su importancia relativa con respecto a la que tuvo antes de la guerra civil.

En los primeros diez años de postguerra hemos comprobado como de los distintos temas de investigación que fueron practicados dentro del area de Espectroscopia antes del conflicto bélico, solo uno es continuado. Precisamente el de menos contenido físico, como es el de la utilización de las técnicas espectroscópicas a modo de instrumento para el análisis químico. Siendo, por contra, totalmente abandonadas las investigaciones vanguardistas sobre el estudio e interpretación del efecto Zeeman y el cálculo de factores magnéticos de Lande, así como las referentes a la elaboración sistemática de espectros de los elementos del grupo del hierro, que en aquel momento llevaba entre manos el equipo de Catalan. Ciercunstancia ésta que, como es natural, provoca un objetivo bajón culitativo en el contenido de las investigaciones del área.

Cuando ya a principio de los cincuenta vuelve Catalán a la Universidad, se observa un potente giro/

positivo, por el que son retomadas parte de las investigaciones a las que anteriormente hacíamos referencia y - se detecta un sólido aumento en la ambición y riqueza -/ conceptual de los nuevos trabajos emprendidos. Creemos - que la simple lectura del análisis temático, que anterior- mente hemos efectuado, basta para avalar nuestra afirma- ción. Incluso se observa que, asociada a la vuelta de Catalán, está la fuerte subida cuantitativa que hace a la/ Espectroscopía alcanzar sus cotas más elevadas en esta - segunda época de la Sociedad.

Con todo, la dicha dura poco. Si hemos de juzgar por el contenido de los Anales, llegaríamos a la conclusión de que en España no podía haber Espectroscopía - sin Catalán, pues tras el fallecimiento de éste, el área inicia un fuerte descenso hasta prácticamente desapare- cer.

La vuelta de Catalán supone entonces un fuer- te revulsivo para las investigaciones espectroscópicas, / pero pese a lo positivo que ello encierra este área nun- ca volvió ya a recuperar la trascendencia internacional / y la pujanza que tuvo en la primera época. En ésto, nues- tra guerra civil se apuntó otra de sus nefastas conse- / cuencias.

### 5.7.2. Terminología

Abundando en consideraciones anteriormente establecidas, indiquemos que la investigación en este campo realizada en el seno de la Sociedad ha sufrido dos etapas bien diferenciadas. Una primera, correspondiente a los años cuarenta, en la que se aprecia una producción escasa pero no desdeñable, tras la que se da un lapsus de casi diez años en que no vuelven a aparecer artículos sobre este tema. Ya en los años sesenta (ver Tablas 250/ y 251) surgen nuevas investigaciones, las cuales van aumentando en cantidad hasta el final de la época (ver Tablas 250 y 251).

Abordando el análisis temático desde una perspectiva cronológica, cabe señalar que en los años cuarenta se publican sobre este tema un total de 10 artículos, de los cuales cinco (336), corresponden al mismo autor, F. Morán, quien lleva a cabo su labor en el Servicio Meteorológico Nacional, dándose la circunstancia de que no todos los artículos van dirigidos, como podría pensarse, a la Termodinámica de la Atmósfera, habiendo algunos que tratan cuestiones más generales como el rendimiento del ciclo de Carnot y las técnicas matemáticas para la obtención de fórmulas termodinámicas. Junto a ellos, son de señalar otros cinco artículos (337), debidos algunos de ellos a autores de notable peso específico como J. Pala-

cios y O. R. Foz, sobre una temática muy dispersa, que - va desde consideraciones sobre la ley de Joule, hasta la determinación de la temperatura en la cocción del pan, - pasando por las propiedades termodinámicas de los gases/ perfectos. Como puede apreciarse, tanto por su escasa en tidad numérica como por su fuerte dispersión institucio- nal y temática, las investigaciones termológicas no cons tituyeron un cuerpo coherente de trabajo en su primera - década.

Pasando ya a las investigaciones realizadas a partir de los años sesenta, se observa un giro radical - a nivel cualitativo y cuantitativo. Así, junto al notable aumento experimentado por el número de artículos, es de/ señalar el establecimiento de tres sólidos equipos de in vestigación, dos de los cuales estaban en plena activi- dad al final de la época. Junto a ellos, se dan pocas/ incursiones esporádicas en este tema de autores normal- mente dedicados a otras cuestiones.

Hagamos, primeramente, referencia al equipo - de investigación de la Universidad de Zaragoza, en que - aparece J. M. Savirón como firmante más asiduo, pero - / acompañado por varios autores más.

Temáticamente, trabajan monográficamente so- bre el tema de la construcción y aplicación de las llama das columnas de difusión térmica. En concreto centran su

atención en las llamadas columnas de Clusius-Dickel, interviniendo ocasionalmente en el desarrollo de las investigaciones el primero de ellos desde su cátedra de Zürich.

Aparte del diseño y construcción de las columnas, hacen aplicación de las mismas a la separación de isótopos por termodifusión. En concreto se utiliza para los casos de diversos isótopos del xenon, neon, argon, oxígeno y kriptón. En algunos casos se evalúan las constantes de difusión y se contrastan con los resultados obtenidos experimentalmente, dando incluso soluciones numéricas a ecuaciones matemáticas que surgen en este tipo de problemas.

La labor de este equipo se despliega a lo largo de tan sólo tres años, 1964-67, en los que con un fuerte ritmo de producción son publicados ocho artículos (338). A partir de ahí el tema no vuelve a ser tratado en Anales.

Pasemos ya al segundo equipo de trabajo, el más prolífico, con una producción que asciende a quince artículos (339), realizados a partir de 1968 y hasta el mismo final de la época. La figura central es J. Aguilar, quien desde su cátedra de Termología de Madrid, lleva a cabo esta importante labor con un fuerte contingente de colaboradores, la cual compatibiliza con sus investigaciones nucleares ya comentadas.

En la producción de este equipo se observan - algunos artículos iniciales un tanto heterogéneos, referidos a formulaciones matemáticas, consideraciones sobre calores específicos y estudios sobre la transmisión del calor según los métodos de Beuken y Liebmann. Pero pronto centran su atención en lo que será su campo mas trabajado, el estudio y aplicación de simulaciones analógicas de procesos térmicos.

Concretamente, se abordan los casos de simulación de distribución del calor en medios de conductividad variable, de distribución de temperaturas en un reactor atómico y en un recinto rectangular con campos asociados. Ofreciendo, asimismo, otros casos de simulación de procesos geotérmicos (como formación de magmas salícos y distribución de temperaturas en zonas volcánicas) y de radiación calorífica. El apartado de investigaciones de corte geotérmico era el mas cultivado en los últimos años de la época, realizándose los artículos en colaboración con el Departamento de Física del Cosmos.

El tercer equipo de investigación, que inicia su labor ya en los años setenta y aún estaba en funcionamiento al finalizar la época, es el del Departamento de Termología de la Universidad de Barcelona. Con V. Torra como el único firmante de todos los trabajos, pero con varios autores más participando en su realización, este equipo publica un total de seis artículos (340).

Su línea central de investigación no aparece/ aún como sólidamente establecida, pues diversifican un - tanto su acción. De un lado, ofrecen algunas investiga- ciones de corte instrumental, dedicadas a calorímetros - de flujo y a microcalorímetros, los cuales llegan inclu- so a simular mediante ordenadores. De otro, aparecen ar- tículos inconexos sobre determinación de curvas termoge- néticas, capacidades caloríficas volúmicas y calores de/ disolución en ciertos sistemas.

Hagamos, por último, una brevisima referencia a un conjunto de diez artículos (341), los cuales no per- tenecen a ninguno de los tres equipos de investigación - arriba considerados, correspondientes por tanto a auto- res muy diversos y con una desconexión casi total en lo/ que se refiere a su contenido. Apenas podrían encontrar- se alguna que otra miniserie de dos artículos.

Su enormemente disperso contenido temático -/ hace referencia a cuestiones como análisis de sistemas - de alto vacío, determinación de ecuaciones de estado, -/ aspectos matemático-formales en procesos irreversibles, / estudios sobre instrumentación y otras cuestiones simila- res. La descripción pormenorizada de los mismos no apor- taria nada sustancial al panorama global de las investi- gaciones termológicas.

Dada la escasa entidad cuantitativa del área/

que estamos abordando, no tiene sentido el elaborar un balance global de las realizaciones de la misma. Tan sólo nos limitaremos a hacer referencia al hecho de que el establecimiento de los tres equipos de trabajo al final de la época, autoriza a caracterizarla como un área a seguir detalladamente en futuras investigaciones que puedan hacerse sobre la Sociedad, a la vez que, según el análisis temático, cabe reflejar como facetas muy positivas la riqueza temática que ofrece en proporción a su exígua producción y la rapidez con que se alcanza un aceptable nivel en sus contenidos.

## CONCLUSIONES

Tras haber sometido a un detallado estudio socio-institucional a la Real Sociedad Española de Física y Química a través de todo el período franquista (1940- / -1975), y haber llevado a cabo un exhaustivo análisis de la producción en Física de la misma reflejada en los Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química, bajo las perspectivas bibliométrica y temática, pasamos a integrar toda la información obtenida al respecto y que hemos ido plasmando en los capítulos precedentes, tras cuatro años de continuo trabajo, en las siguientes:

#### CONCLUSIONES

##### 1) Aspectos institucionales y sociológicos

El nuevo proceso de institucionalización que la Sociedad se ve forzada a vivir tras el trágico paréntesis de la guerra civil, pivota a torno a dos cuestiones perfectamente determinadas, éstas son su reconocimiento como tal institución en el seno de la nueva legalidad vigente en 1940 y la depuración llevada a cabo entre los socios.

Sobre la primera de estas cuestiones es de destacar que la Sociedad reanuda sus actividades a instancias

propias, con la automática aquiescencia gubernamental, -/  
apenas finalizado el conflicto bélico. Asimismo, resulta/  
significativo el hecho de que el entonces Ministerio de -  
Educación Nacional imponga por decreto todas las Juntas -  
Directivas actuantes entre 1940 y 1946, por lo que esto -  
conlleva de reconocimiento a la importancia de la Socie-/  
dad como institución científica a nivel nacional.

La depuración de la masa social es solicitada/  
por la primera Directiva a instancias de un grupo de so-/  
cios, a la vez que ella misma se encarga de sugerir las -  
severas normas a utilizar para ello y acuerda la paraliza-  
ción de actividades en tanto la depuración no se lleve a/  
efecto. Del contenido de dichas normas se desprende sin -  
lugar a dudas la intencionalidad exclusivamente política/  
del acto depurador.

Tras una minuciosa revisión de las actas co--/  
rrespondientes a las sesiones ordinarias y extraordinarias  
llevadas a efecto a lo largo de los quince primeros años -  
de postguerra, y en especial de las correspondientes a la  
III Reunión Nacional de la Sociedad, celebrada en Zarago-  
za bajo un gran despliegue ideológico-propagandístico, -/  
hemos explicitado los que fueron objetivos básicos de par-  
tida de la Sociedad, los cuales pueden resumirse en cua-/  
tro puntos:

- Enmarcar la Ciencia en un plano de armonía - // preestablecida con la Fe, no admitiéndose des-// viaciones al respecto.
  
- Exaltar el papel de la investigación científí-// ca como elemento esencial en el proceso de in-// dustrialización del país y en la Defensa del -// mismo, negando expresamente la validez de los -// intentos llevados a cabo al efecto en épocas an-// teriores.
  
- Reordenar el funcionamiento de la Sociedad y -// forjar una nueva época de la misma, la cual se// augura esplendorosa y superadora de lo consecui-// do hasta entonces, a la vez que se afirma, ex--// plícitamente, estar en condiciones iniciales óp-// timas para ello, tanto materiales como espiri-// tuales.
  
- Estrechar las relaciones científicas con Alema-// nia e Italia como elemento básico de la proyec-// ción exterior de la Sociedad.

Delimitación de objetivos ésta que si bien no/ es rectificada explícitamente en ningún momento porterior, sí que experimenta giros notables con el transcurrir de -

los años en algunos aspectos concretos, a la vez que en otros se va reconociendo públicamente su no consecución - pese a los esfuerzos que se despliegan para ello.

Cuando centramos nuestra atención en las dos - primeras magnitudes sociológicas estudiadas, el volumen - de socios y los recursos económicos, lo primero que llama la atención es la regresión observada en las mismas al -/ pasar de la preguerra a la postguerra, bajandose a este - respecto de los 1.176 socios a los 930, y de unos ingre- / sos de 1.026.868,5 a unos de 292.389,9, ambos expresados / en pesetas constantes (base 1957).

Por lo que respecta a la evolución posterior de estas magnitudes se aprecia una pauta bastante similar. - Así, los pagos líquidos efectuados por la Sociedad experi- mentan un crecimiento entre 1940 y 1949 (T.C.R. (tasa de crecimiento relativo) sube de 100 a 226,7), para sufrir - un descenso y posterior estancamiento entre 1950 y 1964 - (T.C.R. oscila entre 158,4 y 161,1) y un nuevo y potente / ascenso entre 1965 y 1975 (T.C.R. llega hasta 523,9). Pa- ralelamente, para las altas de socios se viven los momen- tos de máximo auge en los períodos 1945-55 (T.C.R. de - / 100 a 157,5) y 1966-75 (T.C.R. de 100 a 243,3).

Pasando a la distribución espacial de la masa / social, y tomando exclusivamente como puntos de referen- / cia las elaboradas para los años 1970 y 1975 por ser las /

más fiables técnicamente, se aprecia una tendencia inequívoca a la concentración de socios en las provincias de tradición universitaria en detrimento de aquellas dotadas con una infraestructura industrial relevante. Así, las provincias que presentan una mayor tasa de socios por cada 100.000 habitantes en 1970 son clasificables mediante tres niveles. Un primer nivel en el que se situaría en solitario Madrid (tasa 14,5), un segundo, donde situamos las provincias cuyas tasas oscilan entre 5,5 y 7,5, en el que tienen cabida, por este orden, Granada, Valladolid, Salamanca, Sevilla y Tenerife, en tanto que en el tercer nivel, y con unas tasas comprendidas entre 2,5 y 4,5, situaríamos a Navarra, Córdoba, Valencia, Barcelona, Guipúzcoa, Segovia, Zaragoza y Murcia. La situación en 1975 es bastante similar, continúan copando los primeros niveles Madrid (26,9) y otras provincias de clara significación universitaria, como Granada (13,4), Salamanca (12,9) y Valladolid (12,2), situándose a mucha distancia aquellas otras que junto a una posible tradición en el mundo universitario detentan un buen desarrollo industrial, valgan como ejemplo Huelva (5,3), Vizcaya (3,7), Guipúzcoa (3,6), Barcelona (4,8) y Valencia (4,4).

Esta idea de escaso arraigo, proporcionalmente hablando, en los centros claves de la industrialización del país, queda abundada por el hecho de que al revisar -

el número de socios institucionales que provengan del mundo industrial, nos encontramos con un notable descenso al pasar de 1951 (suponen entonces un 29,8%) a 1971 (11,3%). En otro orden de cosas, cabe indicar que el análisis de la relación de socios honoríficos y su evolución cronológica correspondiente, ponen de manifiesto un paralelismo casi perfecto entre la política seguida por el gobierno en su proyección hacia el exterior y la marcada al respecto por las sucesivas Juntas Directivas.

Dirigiendo ahora nuestra atención al desglose en grandes partidas de los ingresos y gastos de la Sociedad, de cuya evolución global ya hablamos anteriormente, encontramos algunas variaciones en este terreno con relación a lo que se observaba en la primera época de la Sociedad. De esta forma, vemos que hay dos grandes partidas de ingresos, la correspondiente a subvenciones (oscila entre el 40% - 50%), provinientes al principio básicamente del MEN pero que posteriormente tienen como elemento clave el CSIC e incluso la JEN, y la correspondiente a las cuotas de socios (entre un 25% - 35%, a lo largo de toda la época). Es de destacar a este respecto la irrisoria entidad de la partida asimilable a subvenciones de empresas industriales, que cuando más alcanza un 6% y baja del 1% en varios quinquenios. Por lo que respecta a los gastos las dos partidas fundamentales conti-

núan siendo la de impresión de los Anales (siempre 60% - ó más) y la de personal (un 20%), cosa más que natural - en instituciones de esta naturaleza.

## 2) Artículos, autores y áreas de investigación

A lo largo de toda la época franquista (1940-75) son publicados en los Anales un total de 5.235 artículos, de los cuales 3.911 corresponden a Química y - -/ 1.324 a Física, lo que supone un ritmo productivo de - / 117,7 artículos/año para la primera y 37,8 para la segunda. La distribución porcentual que se obtiene con arreglo a estas cifras, un 74,1% de la producción corresponde a Química y un 25,29% a Física, se mantiene casi rigurosamente a lo largo de los siete períodos quinquenales en los que se divide la época.

El análisis de la evolución anual del número/ de artículos publicados hace ver, como conclusión más importante, que la guerra civil no afectó significativamente ni a las proporciones relativas a Química, Física ni/ a los niveles cuantitativos de producción, pues las cotas alcanzadas a este respecto en los años treinta (17,4 artículos/año en Física y 79 artículos/año en Química) - son recuperadas en ambas disciplinas antes de los primeros cinco años de postguerra.

Cuando la evolución cronológica del número de artículos se extiende a períodos quinquenales, y refiriéndonos ya al caso exclusivo de la Física, se pone de manifiesto la existencia de tres claras etapas. La primera se correspondería con el período (1940-55), en la cual la media anual de artículos publicados pasa de 18,8 a 34,6 en fuerte proceso creciente. La segunda, se da a lo largo de los diez años siguientes (1955-65) y es de estancamiento en la producción, pasándose de 34,5 artículos/año a 35,6 artículos/año. La tercera y última, asimilable a la década final (1965-75), se corresponde con otro notable crecimiento en la producción al pasarse de los 35,6 artículos/año a los 70,2 artículos/año.

Los 1.324 artículos publicados en los Anales entre 1940 y 1975 son clasificables en un total de seis grandes áreas temáticas de investigación y once áreas menores. Las grandes áreas serían: Física Nuclear (FN; 278/ art. ; 21,0%), Electricidad-Magnetismo (EM; 209 ; 15,8%), Óptica (OPT; 196; 14,8%), Química-Física (QF; 180; 13,6%) Cristalografía y Física de los Sólidos (CFS; 155; 11,7%) y Física Teórica (FT; 124; 9,4%). Entre las once áreas de menor entidad sólo hay dos que lleguen a superar la cota del 2% de la producción total, la de Espectroscopía (64 artículos; 4,8%) y la de Termología (52 artículos; 3,9%).

La evolución quinquenal del porcentaje correspondiente a cada una de las grandes áreas de investigación hace ver como a lo largo de los quince primeros años de postguerra la OPT se sitúa como el tema de investigación más prepotente, superando en todos ellos sobradamente el 25%, período durante el cual tan sólo presentan cotas algo destacadas la EM (14% - 18%) y la CFS (alcanza el 25%). A partir del cuarto quinquenio (1955-59), en el que la FN se sitúa con un 19% al mismo nivel que la OPT, se sucede una nueva etapa en la que la FN se convertirá en el área de máxima envergadura, abarcando entre un 24% y un 31% del total de la producción. Simultáneamente, se asiste en los diez años finales de la época a un potente crecimiento en dos áreas de investigación, la FT, que llega a situarse en un 16% partiendo literalmente de la nada, y la QF que se sitúa en un nivel similar aunque traía tras de sí una mayor tradición investigativa.

De las cifras aportadas se desprenden dos claras consecuencias, la primera de ellas haría referencia a la fortísima ruptura que se aprecia con las áreas cultivadas en la primera época. Así la que era máxima área de la preguerra, la Espectroscopía, cae espectacularmente. Por contra, la OPT, auténtica área de mayor significación en la postguerra, había sido abandonada en los

años veinte. De las restantes áreas, sólo cabe esperar - una hipotética continuidad en dos de ellas, las de EM y/ CFS. La segunda consecuencia se referiría al hecho de -/ que, a resultas de la evolución porcentual, la OPT parece manifestarse como el área paradigmática de las investigaciones de postguerra, la FN lo sería para las de la fase media de la época (1950-1965) y la Física Teórica - para la década final de la misma.

Los 1.324 artículos publicados en Anales son/ realizados por un total de 786 autores. Efectuando una - distribución porcentual-acumulada de los mismos con arre- glo al número de artículos que producen individualmente/ y/o en colaboración, se obtienen las siguientes correla- ciones:

- El 25% de autores más prolíficos son responsa- bles del 67,7% de la producción.
- El 10% realiza el 45,5% de los artículos
- El 2% realiza el 20,5% de los artículos

Porcentajes que presentan una buena concordan- cia con los previstos en la bibliografía. En el intento/ de profundizar en todo lo referente a la correlación - / existente entre el número de autores que publican y el - de artículos por ellos publicados, hemos sometido nues- / tros datos a un detallado contraste con dos de los mode-

los teóricos más utilizados, el de Lotka y el de Rao.

En el caso del modelo de Lotka, y mediante la utilización al respecto de las modificaciones propuestas por V. Navarro, hemos encontrado como curva ajustable a nuestros datos:

$$A(n) = 374,77 \cdot n^{-1,4914}$$

cuyo exponente se acerca al previsto teóricamente pero - presenta con él una diferencia no desdeñable sin más.

Contrariamente, el modelo de Rao no ofrece un grado de acoplamiento aceptable con respecto a nuestros datos, pues en el test de comparación de frecuencias pre vio se obtiene un valor de  $\chi^2 = 124,71$ , en tanto que para los dieciseis grados de libertad asimilables a nuestros datos se verifica:  $P(\chi^2 \geq 32,0) = 0,01$

El análisis de este mismo fenómeno en las - / áreas de investigación ofrece un perfil general bastante diferenciado. Nos encontramos con un área en la que el - modelo de Lotka se manifiesta como el único válido:

$$EM : A(n) = 95,34 \cdot n^{-1,53}$$

en otras dos es unicamente aplicable el de Rao, en con- / creto:

$$FN : A(r) = 25,87 \cdot \frac{\Gamma(r-0,33)}{\Gamma(r)} \cdot 0,74^{r-1}$$

$$\text{OPT : } A(r) = 9,55 \cdot \frac{\Gamma(r-0,67)}{\Gamma(r)} \cdot 0,91^{r-1}$$

dándose, por último, la circunstancia de que en las tres restantes ambos modelos se adaptan bien a los datos

$$\text{QF : } A(n) = 76,82 \cdot n^{-1,61} ; A(r) = 14,92 \cdot \frac{\Gamma(r-0,63)}{\Gamma(r)} \cdot 0,81^{r-1}$$

$$\text{CFS : } A(n) = 60,20 \cdot n^{-1,70} ; A(r) = 7,49 \cdot \frac{\Gamma(r-0,77)}{\Gamma(r)} \cdot 0,90^{r-1}$$

$$\text{FT : } A(n) = 55,81 \cdot n^{-1,68} ; A(r) = 9,55 \cdot \frac{\Gamma(r-0,64)}{\Gamma(r)} \cdot 0,54^{r-1}$$

El hecho de que tanto los datos procedentes - del total de la producción como los correspondientes a - todas y cada una de las grandes áreas de investigación, / hayan sido descritos correctamente por al menos un modelo matemático-estadístico, viene a indicarnos claramente que las investigaciones realizadas por los miembros de - la Sociedad entre 1940 y 1975, tanto globalmente como - / por áreas temáticas, han sido canalizadas a través de un reducido número de autores auténticamente significativos, lo cual muestra que las mismas han conseguido un notable grado de institucionalización.

Dirigiéndonos ahora nuestra atención hacia la producción individual de cada uno de los 786 autores, nos encontramos con que solo 7 de ellos son catalogables como grandes productores (índice de productividad:  $I_p \geq 1,5$ ), en tanto que 53 lo son como medianos productores ( $1 \leq I_p < 1,5$ ) y hay un total de 726 que serían pequeños productores ( $0 \leq I_p < 1$ ), lo que supone un 0,9% para la máxima categoría, un 6,7% para la intermedia y un 92,7% para la última.

Los autores más prolíficos resultan ser : J.-Catalá (84 artículos;  $I_p = 1,92$ ), F. Senent (75;  $I_p = 1,88$ ) J. Casanova (49;  $I_p = 1,60$ ), J. Aguilar (46;  $I_p = 1,66$ ), / A. García (44;  $I_p = 1,64$ ), M. Aguilar (40 ;  $I_p = 1,60$ ), / L. Brú (40;  $I_p = 1,60$ ), E. Villar (31 ;  $I_p = 1,49$ ), J. -García Santesmases (27 ;  $I_p = 1,43$ ), J. M. Otero (23 ;  $I_p = 1,36$ ) y A. Durán (22 ;  $I_p = 1,34$ ). Una caracterización cronológica y temática de los mismos, nos hace ver como los que investigan preferentemente en OPT, M. Aguilar, Otero y Durán, salvo el primero, concentran su producción en los años cuarenta. Los restantes, entre los que se encuentran representantes de EM (Santesmases), / CFS (Brú) y FN (resto), publican básicamente durante los años cincuenta y sesenta. Los investigadores más prolíficos de las otras dos áreas, FT (P. Pascual y A. Galindo), y QF (M. Diaz-Peña y J. Morcillo) lo hacen a partir de -

los años sesenta.

La relación de autores que hemos presentado - refuerza notablemente la idea de ruptura acaecida tras - la guerra civil con respecto a la labor desarrollada antes de la misma, la cual detectábamos al analizar las -/ áreas de investigación. Así, es de señalar como de los - cinco máximos autores de la primera época de la Sociedad que publicaban con regularidad en los años treinta, tres de ellos (S. Piña de Rubies, J. Garrido y B. Cabrera) no vuelven a asomarse a los Anales tras la guerra civil, en tanto que los dos que sí lo hacen (M.A. Catalán y J. Palacios) disminuyen sensiblemente sus cotas productivas./ Esta idea de ruptura a resultas de la guerra se manifiesta aún más acusadamente cuando se extiende el análisis - anterior al conjunto de todos los productores relevantes de la primera época de la Sociedad. Entendiendo como tales a los 21 que tienen un índice de productividad superior o igual a la unidad, nos encontramos con que 12 de/ ellos (57,1%) no publican ni un sólo artículo tras el -/ conflicto, en tanto que de los restantes hay 4 que dismi- nuyen fortísimamente sus cotas productivas (19,1%), hay/ 2 que las mantienen (9,5%) y tan solo 3 experimentan una subida en las mismas (14,3%).

### 3) Análisis bibliométrico de la producción

Revisadas ya las tres magnitudes sociométricas básicas, pasamos ahora a la elaboración de una síntesis/integradora de la información derivada de las restantes. Síntesis esta que a tenor de lo expuesto anteriormente - parece obligado estructurarla en base a la caracterización de las tres grandes etapas vividas por la Sociedad/ en su segunda época, la de ruptura y postguerra, iniciada en 1940 y terminada entre 1950 y 1954, la de renovación humano-temática y estancamiento productivo, entre/ el final de la primera y 1965, y la de relanzamiento de/ la producción correspondiente a toda la década final.

El análisis de cada una de estas tres etapas/ se llevará a cabo mediante la revisión a lo largo de las mismas de los valores tomados por los indicadores bibliométricos evaluadores de la calidad de la producción, del proceso de asentamiento de escuelas de investigación y - de las áreas de influencia geográfico-idiomática.

A juzgar por el mensaje de las magnitudes que ya hemos estudiado, la guerra civil no afectó significativamente a la cuantía de la producción de la Sociedad,/ pero introdujo en las investigaciones de la misma una -/ profunda ruptura a nivel de áreas temáticas y autores relevantes. Esta impresión de partida se ve altamente reforzada cuando se recurre al análisis conjunto de los in

dicadores de calidad entre 1940 y 1955.

La no influencia del conflicto en el ritmo -/ de producción vuelve a ponerla de manifiesto el análisis de la relación artículos/autor, indicador este que va--/ liendo 1,10 en los años treinta toma el valor de 1,33 - en el primer quinquenio de postguerra, sí bien a partir/ de ahí entrará en un proceso de baja continua.

Contrariamente, la idea de ruptura se mani--/ fiesta nitidamente al estudiar el porcentaje de artícu-/ los realizados en colaboración, el cual pasa del 46,5% - en la preguerra al 37,5% en la postguerra, tónica esta - que se mantiene a lo largo de toda la década de los cua- renta en la cual el porcentaje de artículos individuales supera siempre el 55% cota máxima de la época, a la vez/ que las colaboraciones múltiples (tres ó más autores) -/ apenas llegan a rebasar el 2,5%.

Otra regresión importante es la observada en- el porcentaje de artículos portadores de referencias bi- bliográficas, el cual baja de 89,1% en el quinquenio - / 1930-34 hasta el 72,7% en el 1940-44, no recuperandose - aún la cota de preguerra en el quinquenio siguiente - -/ (86,9%).

De los dos indicadores de calidad restantes,/ el del número de referencias por artículo no cambia apre- ciablemente tras la guerra y toma a lo largo de los años

cuarenta valores cercanos a 7. Sin embargo, el índice de obsolescencia alcanza durante ese decenio las máximas cotas de toda la época situándose en torno al 9.

La impresión conjunta que se deriva de todo - lo expuesto no puede ser otra que la de una pérdida de - calidad en la producción científica, al menos cuando es- ta se considera globalmente, la cual tendría un inequívoco origen en la lamentable depuración política de socios que llevo a la absurda ruptura con la tradición investi- gativa de la primera época. Esta penosa situación, extensible como mínimo al período 1940-49, queda aún más nega- tivizada cuando dirigimos nuestra atención hacia los in- dicadores de escuelas de investigación, para las que a - tenor de las cifras se detecta una sólida crisis de con- junto.

De esta forma, podemos ver como el porcentaje de autorreferencias, que se situaba en 11,6% en los años treinta, baja hasta 9,1% tras la guerra y aún pierde en- tidad (7,5%) en el segundo quinquenio de los cuarenta. - Tendencia esta que vuelve a reflejarse en el número de - autorreferencias por artículo, que pasa de 1,2 antes de/ la guerra a 0,6 después de la misma. El otro indicador - usualmente manejado en este terreno, el porcentaje de referencias en español, no experimenta cambio a raíz del - conflicto y en proceso contrario al de los anteriores, -

sufre un leve aumento entre 1940 y 1949 al pasar del 14% al 17%.

Cuando se recapacita sobre las áreas de influencia geográfico-idiomática mediante el análisis de los porcentajes asimilables a cada una de las áreas lingüísticas de las referencias, vuelve a apreciarse una notable ruptura a causa de la guerra civil, la cual pivota alrededor del fuerte descenso experimentado por el inglés (de 38,9% en los años treinta al 29,1% en los cuarenta)/ el casi mantenimiento del alemán (33,7% al 29,1%), el alza del francés (de 9,5% a 15,2%) y, sobre todo, la espectacular entrada en escena del italiano (de 0% al 11% entre 1940 y 1944). Globalizando, se aprecia que en la década de los cuarenta acaece el momento de máximo auge de influencia germano-italiana, que es la más prepotente en el primer quinquenio de postguerra (40,4%) y aún se manifiesta como muy significativa en el segundo (28,4%).

La primera etapa de la segunda época de la Sociedad se cierra entonces con un balance nada halagüeño. Hemos puesto de manifiesto la necesidad de caracterizar a la misma mediante una ruptura profunda con la tradición investigadora que tanto costó forjar antes de la guerra, una regresión casi unánime de los indicadores de calidad, una crisis de escuelas de investigación y un giro en las áreas de influencia exterior bastante brusco -

y potente.

Sin embargo, esta situación general, concomitante con la fase de política económica autárquica y el momento de máximo totalitarismo político del franquismo, parece quebrarse paulatinamente durante el primer quinquenio de los años cincuenta, en el cual, y en significativa coincidencia con el giro que durante dicha década - va experimentando en su orientación económica el regimen franquista, mediante las primeras medidas liberalizadoras que desembocaran en el plan de estabilización, y en su orientación política para conseguir el reconocimiento exterior del mismo, se asiste a un vuelco en varias de las magnitudes bibliométricas.

Esa situación de cambio se refleja nítidamente en los indicadores de calidad. Así, vemos como se produce una notable regresión de los trabajos individuales (del 55% al 26%), a la vez que las colaboraciones dobles alcanzan el primer lugar (un 40%) y las multiples experimentan una súbita alza (desde el 3% al 34%), fenómeno este último que tuvimos ocasión de comprobar, venía de la mano del potente crecimiento apreciado en esos años para el área de FN.

Otro cambio positivo es el detectado para el porcentaje de artículos con referencias, el cual por fin rebasa la cota alcanzada en los años treinta y se estabi

liza en unos valores altísimos (siempre superiores al -/95%). Contrariamente, el número de referencias por artículo se mantiene constante en el mismo nivel de los cuarenta, en valores cercanos a 7. El índice de obsolescencia experimenta, asimismo, una evolución positiva, al oscilar entre 5,5 y 7 frente al valor 9 que tomaba en la década anterior.

La tónica de evolución a mejor se mantiene cuando se revisan los indicadores del proceso de asentamiento de escuelas investigativas. Para todos ellos es de señalar una clara tendencia creciente entre 1955 y 1965, el porcentaje de autorreferencias pasa del 7,5% al 22,4%, las referencias en español alcanzan su valor techo de la época con un 22% y el número de autorreferencias por artículo sube desde 0,6 a 1,7.

Esta situación, unida al hecho de que era precisamente en esos años cuando entraban en escena los que luego serian máximos productores de la segunda época, parece indicarnos que a lo largo de la década de los cincuenta se consigue el asentamiento de las escuelas investigativas que han vertebrado la parte más representativa de la producción de la Sociedad.

La idea general de que algo estaba cambiando/ en el seno de la misma queda potenciada cuando se observa el giro experimentado en las áreas de influencia idio

mática, en las que la anglo-americana pasa a la primera/ posición (con más de un 60%), desaparece el italiano y bajan ostensiblemente el francés (al 11,2%) y el alemán/ (al 6,3%). El giro de la política exterior española se hace notar aquí.

El hecho de que esas escuelas que se asientan a lo largo de los años cincuenta hayan traído un cambio/ positivo en casi todos los indicadores de calidad, a la/ vez que son obviamente las causantes del giro que se / apreciaba en ese momento para el perfil temático de las/ investigaciones, dá pié para caracterizarlas como portadoras de un nuevo estilo de trabajo que entra como una bocanada de aire fresco en el seno de la Sociedad, la / cual, y pese al estancamiento que se detectaba en esos años para la producción de artículos, parece que volvía/ a recuperar parte de su pulso perdido tras la guerra.

Mediada la década de los sesenta, la situa--/ ción general española presenta unos matices bastante diferenciados de los correspondientes a años anteriores. - La política tecnocrática y la planificación indicativa sientan solidamente sus bases, acaece el famoso desarrollismo del capitalismo mundial y su incidencia en España a la vez que se asiste al "boom" de la población estudiantil y al pleno desarrollo de la reforma universitaria de Lora. En la Sociedad, una vez más en paralelismo con la/

evolucion general del país, vuelve a producirse un notable giro en la mayor parte de las magnitudes bibliométricas de su producción científica.

El primer detalle a reseñar en este terreno - sería tal vez el cambio radical apreciado en la procedencia institucional de los artículos, los cuales tras haber sido canalizados abrumadoramente a través del CSIC - desde 1940, a partir de 1965 sitúan el centro de gravedad de su procedencia en la Universidad. Asimismo, cabe recordar que es precisamente en ese decenio final cuando se detecta otro giro en los contenidos temáticos, el - / cual tenía como faceta más significativa el alza de la - QF y el asentamiento definitivo de la FT.

Todo ello se refleja inexorablemente en los - indicadores bibliométricos. Centrando inicialmente nuestra atención en los de calidad, vemos como por lo que - / respecta a los trabajos en equipo se da un mantenimiento en el porcentaje de colaboraciones dobles (entre 35% y - 40%), pero son las múltiples las que en hecho sin precedentes en la historia de la Sociedad se sitúan en primer lugar (43%), a la vez que el trabajo individual cae a su cota más baja de toda la época (17,7%).

Los artículos con referencias se estabilizan/ alrededor de un 99%, el número de referencias por artículo, que había permanecido en torno a 7,0 desde 1940, su-

be a 10,5, y simultaneamente se aprecia una ligera subida en el indice de obsolescencia que se situa en 9,0.

Las áreas de influencia geográfico-idiomática experimentan un nuevo y drástico reajuste, la angloamericana sube del 60% al 78,7% y las demás pasan a ser meras comparsas. Situación esta que más cabría achacarla ya en esos años a la simple internacionalización del idioma ingles que a otro tipo de causas.

Curiosamente, se da en concomitancia con todo lo anterior una baja generalizada en los indicadores de asentamiento de escuelas investigativas. Así, vemos como el porcentaje de autorreferencias baja del 22,4% al 8,7%, el de referencias en español del 22% al 8,2% y el número de autorreferencias por artículo de 1,7 a 1,0.

Este detalle final podría, a primera vista, parecer disonante con la evolución positiva tanto de la producción de artículos (muy alta entre 1965 y 1975), como de los indicadores de calidad, pero creemos que su explicación hay que remitirla al análisis temático. En el mismo tuvimos ocasión de comprobar como justo por esos años se daba una auténtica diáspora en los temas internos de investigación concreta dentro de cada una de las grandes áreas. Ello nos da pie a pensar que ese crecimiento de la producción, evidente y sólido, no fue canalizado masivamente a través de las escuelas forjadas a -

lo largo de los años cincuenta. Aunque las mismas siguie-  
ron funcionando, se asistió al nacimiento de otras mu--/  
chas cuya entidad cuantitativa era netamente inferior y/  
cuya expansión, tan bienintencionada como incontrolada -  
en el seno de una atomización universitaria tan opuesta/  
al monolitismo del CSIC, provoca la baja de los indicado-  
res.

En resumen, nos encontramos con un final de -  
época en el que parece imperar un tanto el desconcierto/  
temático y se pone de manifiesto una total falta de in-/  
fraestructura oficial que armonice el proceso global de/  
la investigación. No parece haberse optimizado esa base/  
conseguida en los años cincuenta, dando la impresión de/  
que si bien esta traía elementos positivos, una vez - /  
más, y al igual que ocurrió al salir de la etapa de post-  
guerra, los investigadores del decenio final no parecían  
sentirse atraídos por las líneas investigativas de sus -  
predecesores.

Todas estas apreciaciones han ido siempre ba-  
sándose en los datos provinientes de un análisis biblio-  
métrico de la producción en Física considerada en su - /  
globalidad, agotado el cual procedería, y así se ha he-/  
cho en el texto, realizar un análisis bibliométrico par-  
ticularizado a todas y cada una de las grandes áreas de/  
investigación. Por nuestra parte, una vez realizado di- /

cho análisis hemos llevado a cabo una caracterización -/  
conjunta de las áreas en base a la aplicación de las t $\acute{e}$ c/  
nicas estadísticas de análisis factorial, en el que he-/  
mos tomado como elemento de partida la matriz de datos -  
construida al representar cada área por un conjunto de -  
veinte valores, correspondientes a otros tantos indicado\_  
res bibliométricos cuidadosamente elegidos y medidos en/  
cada una de ellas.

Siguiendo el proceso normal de todo análisis/  
factorial, tras haber formado a partir de la matriz de -  
datos la matriz de correlación (en nuestro caso 20x20),/  
y mediante la lógica informatización del proceso, hemos/  
calculado los autovalores y autovectores. Seleccionando/  
de entre estos últimos aquellos cuyo autovalor correspon\_  
diente supera la unidad (criterio más usual), obtenemos/  
los cinco autovectores que en nuestro caso pueden ser -/  
considerados como factores.

Tras haber referido las veinte variables a -/  
los factores y haber realizado la consabida rotación de/  
ejes para absorber la máxima varianza posible, hemos con\_  
seguido una matriz rotada variables-factores (5x20) que/  
nos permite dar un significado práctico a los mismos, -  
resultando a este respecto ser:  $F_1$  (representativo del -  
grado de institucionalización alcanzado por las investi-  
gaciones del área);  $F_2$  (indicativo de la procedencia ins\_

titucional);  $F_3$  (representa la potencia y obsolescencia/ de la producción);  $F_4$  (mide el impacto de la producción/ y la base documental de la misma);  $F_5$  (sin interes).

Refiriendo, como paso fundamental, los casos/ (áreas) a los factores, obtenemos la matriz casos facto- res (6x5) que gráficamente representaría una nube de - / seis puntos en un espacio pentadimensional. Ante la impo- sibilidad práctica de realizar dicha representación he- / mos recurrido a visualizar las proyecciones de la misma/ según los planos bidimensionales formados al agrupar de/ dos en dos los ejes factoriales con arreglo a todas las/ formas posibles de elección.

En todas las representaciones gráficas de es- ta naturaleza, sin excepción, se ha obtenido una clasifi- cación de las áreas cualitativamente idéntica, distribu- yéndose las mismas siempre en tres grupos, uno formado - por la OPT, la CFS y la QF, otro formado en exclusiva - / por la FN y un tercero conformado por la EM y la FT. El/ detalle más significativo sería el hecho de que las tres áreas paradigmáticas de cada una de las tres fases del - franquismo y de la Sociedad, la OPT, la FN y la FT nos - han quedado siempre separadas. Ello nos hace concluir, - bajo el aplastante peso de las matemáticas, que a coorde- nadas socio-históricas distintas les ha correspondido - / unas preferencias temáticas distintas en los investigado- res y una concepción distinta en los mismos de la forma/

de hacer ciencia.

#### 4) Análisis temático del área de Óptica

Cuatro han sido las líneas de investigación desarrolladas dentro del área general de las investigaciones ópticas, la Óptica Geométrica (33,2%), la Óptica Fisiológica (29,1%), la Óptica Tecnológica (22,9%) y la Óptica Física (14,8%). Las dos principales, O. Geométrica y O. Fisiológica, han ido alternándose en el lugar de máxima prepotencia a lo largo de los cinco quinquenios en los que el área es significativa. El punto más alto de la O. Geométrica se alcanza en el quinquenio 1945-49 (43,6%), y el de la O. Fisiológica en el de 1950-54 (43,5%). Hasta 1955 no comienza a tomar cuerpo la O. Física, llegando a su cota máxima en 1960-64 (34,6%).

Dentro de la Óptica Geométrica se investiga fundamentalmente en la determinación de las causas, métodos de medida y corrección de varias aberraciones simultáneas geométricas y/o cromáticas, así como en la determinación de la tolerancia teórica de dispositivos ópticos concretos. La principal herramienta metodológica ha sido el manejo de los modelos geométrico-matemáticos, a la vez que los Institutos del CSIC, Daza de Valdes y Alonso Santa Cruz eran los focos esenciales de producción.

En el tratamiento de varias aberraciones si-  
multáneas destacan las investigaciones en torno a la in-  
fluencia de la razón de las focales parciales en el esta-  
do de corrección de distintos tipos de oculares, en un -  
intento de mejorar los ideados por Kellner y Erfle, si -  
bien las investigaciones más numerosas de este campo han  
ido dirigidas al estudio monográfico de la aberración es  
férica. Entre ellas serían de destacar las de J. Catalá,  
en torno al estudio de esta aberración mediante la utili-  
zación del interferómetro de Ronchi, según la metodología  
de la escuela de Florencia, las de C. Morais sobre el lí-  
mite de tolerancia de la aberración esférica admisible -  
para ser compatible con la perfección óptica de un apara  
to, y las de A. Durán sobre la resolución del problema -  
de cálculo de la aberración esférica angular.

Dentro de la línea de Óptica Fisiológica se -  
ha trabajado en tres direcciones muy concretas, el estu-  
dio del rendimiento óptico del ojo como instrumento, la/  
elaboración de modelos retinianos y el análisis de algu-  
nos defectos de la visión. Por lo que respecta al estu-  
dio del rendimiento ocular, las investigaciones han pivo-  
tado básicamente en torno a la determinación de valores/  
umbrales bajo diversas condiciones de recepción óptica -  
(tanto en visión monocular como binocular), así como ba-  
jo la toma en consideración de diversos factores fisiológ

gicos. Junto a ellas se ofrecen diseños de umbralómetros y un análisis de la agudeza visual interpretada como un caso particular de umbrales diferenciales y dependiente del test de visión empleado.

Por lo que respecta a los modelos retinianos, los esfuerzos se centran en la elaboración y contrastación de uno concreto debido a los investigadores N. Aguilar, J. Oliva y Y. Yunta, el cual, preconiza en última instancia, la existencia de dos tipos de agrupaciones de fotoreceptores en la retina dentro de su zona extrafoveal, son las llamadas agrupaciones primarias y secundarias de bastones que se distinguen por poseer o no una capacidad sumatoria para los estímulos recibidos. Este modelo es profusamente contrastado en diversos problemas y con él se llega hasta criticar algunas concepciones cuánticas de la visión.

Pero el tema auténticamente relevante de las investigaciones óptico-fisiológicas es el del estudio de los defectos de la visión, en especial del descubierto por los físicos J. Otero y A. Durán a principios de los años cuarenta: la miopía nocturna o comportamiento del ojo humano a bajas luminosidades como un ojo miope de "-2" dioptrías. Descubrimiento que incidía decisivamente en la optimización de los instrumentos telescópicos. Tras dar a conocer el mismo se aviene una viva polémica/

internacional, canalizada en buena parte a través de los Anales, sobre la interpretación de dicho fenómeno, en la que tercián auténticas eminencias extranjeras. La escuela española rechaza abiertamente algunas teorías al respecto, como las debidas a Tousey e Ivanov sobre la interpretación del fenómeno en base a la toma en consideración de las aberraciones y la convergencia binocular. A la vez acepta parcialmente otras como la de Ronci, que explica la miopía nocturna mediante el efecto Purkinje en combinación con la aberración esférica y aboga, como aportación propia, por la de considerar como sustrato causal la inhibición del poder de acomodación del cristalino al adquirir este su posición de reposo ante la falta de un estímulo luminoso. Fuera ya del análisis de las causas, la escuela española lleva a cabo una caracterización sistemática en torno a la relación de la miopía nocturna con otras con otros defectos, su relación con leyes fotométricas y las posibilidades de corrección instrumental de la misma.

También la investigación llevada a cabo en Optica Tecnológica es dirigida a tres apartados, el de fotoelasticidad, el de fotografía y el de instrumentación. El primero de ellos es desarrollado en el Laboratorio Central de Ensayo de Materiales del CSIC por L. Villena, en labor casi totalmente individual y notablemente inno-

vadora. Centra su atención en el estudio fotoelástico de la torsión y momentos flectores de las rótulas de hormigón armado y la posterior utilización a este respecto de métodos fotogravimétricos, labor que se proyecta más tarde a materiales viscoelásticos. En Fotografía destaca la labor de M.T. Vigón con sus trabajos en colaboración dedicados al estudio de las variaciones de la imagen latente durante el intervalo de tiempo que precede al revelado y las variaciones de las imágenes fotográficas en función de la exposición. Las investigaciones en instrumentación son menos homogéneas, destacan las de P. de la Cierva sobre utilización y elaboración de láminas anti-reflectoras, las de diseño de instrumentos ópticos de interés militar (de lo que no estaban exentas las anteriores) y algunas sobre la determinación de índices de refracción. Muchos de estos trabajos se realizan en el L.T.I.E.M.A.

Las investigaciones en Óptica Física han presentado un alto grado de heterogeneidad y una fuerte dispersión en todo lo referente a autores y centros de producción, siendo tal vez la única excepción a este respecto las llevadas a cabo por F. Catalina y colaboradores, en torno al funcionamiento y diversas aplicaciones del microscopio electrónico, investigaciones que por cierto presentan una fuerte interdisciplinariedad y de

forma indirecta seran analizadas en otras áreas.

No parece procedente terminar estos párrafos/ destinados a la descripción de las investigaciones ópticas, sin hacer algún comentario sobre el sorprendenteme te fuerte resurgimiento de las mismas tras la guerra. Posiblemente no sea ajeno este fenómeno a la fuerte demanda que en esos años llevaban a cabo los países del Eje - sobre este tipo de investigaciones ante sus imperiosas - necesidades en el terreno militar, siendo estos países - aquellos hacia los cuales la Sociedad proclamaba institucionalmente su deseo de acercamiento en exclusiva.

5) Análisis temático del área de Cristalografía/  
y Física de los Sólidos

Dentro del área de Cristalografía y Física de los Sólidos han sido cultivadas tres importantes líneas/ de investigación, la de Determinación de Estructuras - / Cristalinas (27,1% de los artículos), la de Métodos de - Investigación de la Materia Cristalina (38,7%), y la de/ Propiedades del Estado Sólido (34,2%). La evolución quinquenal de las mismas nos hace ver que las dos primeras - han sido las más relevantes entre el final de la guerra/ y 1959, en concreto la de Determinación de Estructuras - alcanza su momento máximo en el quinquenio 1945-49 - - / (54,5%), pasando la de Métodos de Investigación a la pri

mera posición durante los dos períodos quinquenales siguientes (llega hasta el 74,5%). Sin embargo, y cuando en buena lógica habría sido de preveer en consecuencia un nuevo impulso de las investigaciones estructurales, desde 1960 hasta el final surge potente una nueva línea que se sitúa en el lugar preferente, la de Propiedades del Estado Sólido, la cual alcanza su momento cumbre en el quinquenio 1965-69 (75%).

Las investigaciones desarrolladas en la línea de Determinación de Estructuras presentan algunas características comunes pese a ser distintos los equipos que las llevan a cabo. La primera característica sería su naturalidad sistemática y descriptiva, poco propiciatoria a la aportación de ideas originales, la segunda haría referencia a la continuidad relativa que presentan con respecto a las desarrolladas en la primera época de la So-ciedad, cuestión en torno a la cual es de destacar la labor de catalizador desplegada en la sombra por J. Pala-cios, que si bien no firma artículos en el área presente sí que recibe en los mismos abundantes agradecimientos por la sugerencia del tema o lectura crítica del origi-nal.

Temáticamente son de distinguir en este terreno dos notables equipos. Uno despliega su labor a través del Instituto Alonso Santa Cruz y Gregorio Rocasolano -/

(CSIC) y es dirigido por L. Rivoir y S. García-Blanco, - mediante la utilización de las técnicas de Patterson y - Buerguer, y la utilización de algunas otras puntualmente (como los diagramas de Debye), abordan el estudio sistemático de una amplia gama de compuestos orgánicos e inorgánicos, en base a la cual ofrecen algunas aportaciones/ originales como la proposición de una celdilla elemental más simple para el ditionato bórico bihidratado y la rectificación de la estructura del hipofosfito de magnesio/ hexahidratado, la cual defienden es tetragonal en contra de otras opiniones extranjeras. El otro equipo actúa en/ la Universidad de Sevilla y tiene en L. Brú y M. Perez - Rodriguez a sus elementos más destacados. Estudian exclusivamente compuestos orgánicos, prestando la máxima atención al 4-arabo-tetrahidroxibutil-imidazol en sus dos variedades cristalinas (A y B), a la vez que proponen fórmula y estructura para algunos compuestos desconocidos.

Por lo que respecta a la línea de Métodos de/ Investigación de la Materia Cristalina, complementaria - de la anterior como es lógico, se aprecia la actuación - de un grupo de equipos más numeroso. El más destacado - es, a nuestro juicio, el de L. Brú en la Universidad de/ Sevilla, el cual despliega una labor multidireccional. - Así, dicho equipo presenta dos bloques de investigaciones sobre analogías, muy interesantes. En un primero, es

tudia las analogías formales entre los fenómenos de difracción de rayos X y la difracción de la luz mediante un estudio en el que se utilizan los métodos de Fourier/ y el de Bragg rectificado. También en este mismo terreno son efectuadas algunas determinaciones estructurales concretas, posteriormente contrastadas, en base a la simulación de estructuras cristalinas mediante láminas de plástico en las que se incrusta un sistema de pequeñas lentes (método Fly's eyes).

El segundo bloque de investigaciones se dirige hacia el estudio de las analogías entre la difracción de la luz y la de electrones mediante moléculas gaseosas, método este atractivo y original, en el cual la simulación se consigue proyectando el haz luminoso sobre un conjunto de rendijas con área y periodicidad adecuadas. Este equipo ofrece también otras investigaciones dedicadas a aspectos instrumentales (como la utilización del fotosumador de Eller) y metodológicos (como la optimización de las técnicas de Patterson).

Hay otros tres equipos cuya labor es más reducida. Uno es el de J.L. Amorós en la Universidad de Barcelona, el cual salvo algunos trabajos originales dedicados a la focalización de rayos X con muestra plana, se limita a aportar una serie de artículos en los que abundan elementos descriptivo-instrumentales y la elabora--/

cion de farragosas tabulaciones. En el Instituto Alonso/Santa Cruz (CSIC), F. Huerta y colaboradores, ofrecen -/ otra serie de trabajos en los que aportan diversas técnicas gráficas y matemáticas, así como algunos instrumen-/tos electrónicos y mecánicos de clara utilidad en las investigaciones estructurales. Por último, podría darse noticia de los trabajos de L. Rivoir y colaboradores, en - torno a la realización de análisis químicos cuantitati-/vos, mediante la utilización de rayos X, para el que - / aportan el llamado método de la raya testigo y rectifi-/can las leyes conocidas sobre la relación de la cantidad de átomos existentes del elemento muestral y la intensi-/dad de las rayas impresionadas.

Entrando, finalmente, en el análisis de la -/ tercera línea, la de Propiedades del Estado Sólido, de - la que hemos apartado lo referente a los aspectos elec-/tromagnéticos para incluirlos en otra área, cabe distin-/guir varios equipos dispersos y una notable variedad te-/mática.

Nos referiremos inicialmente a las investiga-/ciones de F. Agullo-Lopez y colaboradores en la JEN, que trabajan monográficamente en torno a la dinámica y anomalías de la estructura cristalina, referida en concreto - hacia las sales haloideas (es especial ClNa y Fli), sobre las que se investigan la dislocación estructural en pro-

cesos de enfriamiento por temple, la cinética del centro de masas y las variaciones de la curva de coloración entre otros aspectos. Por su parte, y en la Universidad de Madrid, L. Brú, J. Serna y colaboradores, estudian en este terreno la influencia de la red sobre la movilidad de las dislocaciones y aportan algunos estudios mineralógicos.

En otra dirección distinta, como es la de investigación de films y emulsiones, el que ya se manifiesta como máxima figura indiscutible del área, L. Brú, en investigaciones realizadas en Francia, aporta datos sobre la naturaleza de la estructura de la membrana de los alpecines, cuya repesca como aceite tanto ha demandado la industria. Asimismo, y en la Universidad de Valladolid, J. Casanova y A. Saja, estudian las características cristalográficas de emulsiones fotográficas de posible aplicación en Física Fotocorpuscular.

Otra de las direcciones de investigación dentro de esta línea la constituyen la interpretación de las propiedades macroscópicas no electromagnéticas. Sobre la misma son de señalar las investigaciones de L. Brú y colaboradores en torno a fenómenos de eiptaxia en sales de plata y su interrelación con las magnitudes térmicas fundamentales, y las de S. Terol y M.J. Otero, sobre fenómenos de luminiscencia, piezobirrefringencia y de

terminación de constantes de fluorescencia y coeficientes piezoópticos.

6) Análisis temático del área de Electricidad- /  
-Magnetismo

El contenido del área de Electricidad-Magnetismo presenta, en terminos proporcionales, un grado de dispersión superior al de cualquier otra área, lo que se pone claramente de manifiesto cuando junto a las tres líneas coherentes de investigación que cabe distinguir, la de Electrónica y Automática (35,9%), la de Instrumentación Electrónica (25,4%) y la de Propiedades Eléctricas y Magnéticas del Estado Sólido (20,6%), nos hemos visto forzados a considerar una cuarta de contenido totalmente heterogéneo, la de Aspectos Diversos, cuyo peso porcentual (18,2%) es muy significativo, pero obviamente irrelevante a la hora de extraer conclusiones.

La evolución quinquenal de los porcentajes correspondientes a cada línea pone de manifiesto que las de Electrónica-Automática e Instrumentación, han ido alternandose en el lugar de máxima relevancia entre 1940 y 1969. En concreto, la primera de ellas alcanza su momento cumbre en el quinquenio 1955-59 (66,7%) y la segunda lo hace en el de 1960-64 (60,0%). Sin embargo, a partir/

de 1960 la de Estado Sólido, que hasta entonces jamás ha**ba** rebasado el 7%, experimenta una potente subida que - la lleva a situarse al final de la época en segundo lu-  
gar (37,3%), en detrimento sobre todo de la de Instrumen**ta**ción (baja al 9,3%).

La línea de Electricidad y Automática ha sido la que desde el punto de vista de los contenidos temáti**co**s presenta, con mucho, un mayor grado de instituciona**li**zación en sus investigaciones, las cuales son inicia-  
das apenas termina la guerra bajo una doble dirección. - Una de ellas es la debida al profesor Gonzalez del Valle, quien despliega una impresionante labor individual a tra**ve**s de varios artículos en los que, de forma crítica y - original, establece un principio de equivalencia general entre los sistemas eléctricos y mecánicos, aplicando pos**te**riormente estas investigaciones al diseño de máquinas/  
para el gobierno y control automáticos.

La otra dirección, cuya influencia en ulterio**re**s investigaciones del área ha sido mucho más decisiva, es la implantada por quien luego resulta ser la figura - clave de la misma, José García Santesmases. Este investi**ga**dor y sus colaboradores, que canalizan su labor básic**ame**nte a través del Instituto de Electricidad y Automáti**ca** (CSIC), dan comienzo a su labor con una serie de artí**cu**los en los que se procede a una caracterización siste-

mática de los fenómenos de ferresonancia en paralelo, /  
mediante circuitos constituidos por un condensador, una /  
bobina de autoinducción con núcleo de hierro y una resis /  
tencia, los cuales son posteriormente utilizados para la /  
rectificación del circuito disparador de Eckles-Jordan, /  
de tanta utilidad en máquinas electrónicas de cálculo. -  
Santesmases y sus colaboradores (entre los que destaca /  
mos a Lloret y Alique Pague) prolongarán estos trabajos /  
hasta los años sesenta con el tratamiento de una amplia /  
gama de cuestiones que en el texto hemos ido detallando, /  
entre las cuales destacaríamos, por ser este equipo el -  
pionero internacional de este tema concreto, la conside /  
ración dentro de los fenómenos de ferresonancia de la /  
histéresis del material constituyente del núcleo de la -  
bobina.

La pauta general marcada por estas dos direc /  
ciones de investigación, cuaja positivamente al transcu /  
rrir de los años en el tratamiento por parte de los in /  
vestigadores de otros temas de trabajo prolongación de -  
los arriba expuestos pero de mayor envergadura. Son de /  
señalar a este tenor la aparición de varios equipos, en /  
tre ellos destacaríamos el formado en el I.E.A. por Gar /  
cía Santesmases, J. Gonzalez Ibeas y colaboradores y el /  
de la Universidad de Valencia, con J.L. Lloret, J. Espí /  
y M. Vicens como principales firmantes, todos los cuales

dirigen su atención, en terminos muy generales, a la obtención de unidades no lineales de las calculadoras de tipo analógico y conversores analógico-digitales. A reflejar también en este terreno la existencia de otros dos equipos, uno en la Universidad de Valladolid V. (Aleixandre, J. R. Perán y colaboradores) y otro en el I. E.A. (M. Mellado y colaboradores), cuyos esfuerzos se centran genéricamente en la optimización del funcionamiento de los sistemas de control. Con todo ello el camino hacia las investigaciones de la automatización y los ordenadores parece quedar, tras largos años, definitivamente abierto.

No deja de resultar curioso que la línea central de las investigaciones de Electricidad-Magnetismo hayan ido dirigidas, en última instancia, a un campo, como el de los ordenadores, en el que nuestro país carecía de una infraestructura tecnológica minimamente competitiva. Si a esta situación le añadimos el hecho de que las investigaciones desarrolladas en este terreno durante la primera fase de la época fueron, en buena parte, subvencionadas por el ejercito norteamericano (a traves del E.O.A.R.D.), parece perfilarse la idea de que este cuerpo de investigaciones electrónicas se dieron más a remolque de las necesidades de otros paises que en base a las nuestras propias.

Dejando ya las investigaciones sobre Electrónica y Automática, y adentrándonos en las de la segunda línea de investigación, la de Instrumentación Electrónica, cabe indicar que dentro de ella sólo se detecta un tema en el que aparezcan nítidamente equipos coherentes de investigación, el de Electrónica Nuclear. Los trabajos en éste, desarrollados casi exclusivamente en la JEN por A. Tanarro, R. Segovia y otros, tienen como objetivo central la elaboración de equipos instrumentales dedicados a la detección, selección, control automático y recuento de los impulsos electrónicos que tienen lugar ya sea en las emisiones radiactivas de muestras materiales o como consecuencia de la actividad de los reactores nucleares.

Los equipos instrumentales que han merecido la máxima atención de los investigadores han sido los de tectores y contadores. Se ha trabajado tanto en el diseño y realización de aparatos concretos, como contadores Geiger y escintilómetros, así como en parcelas concretas de la instrumentación nuclear: circuitos de coincidencias y anticoincidencias, analizadores monocanales transistorizados y medidores de frecuencias de impulsos aperiódicos. Ello no obsta para que también se haya trabajado en torno a instrumentaciones de otra naturaleza, como el diseño de equipos espectrométricos para la radiación/

gamma, dispositivos para el disparo automático de aceleradores de partículas y equipos de control automático para la seguridad de los reactores nucleares.

La tercera y última línea coherente de investigación, la de Propiedades Eléctricas y Magnéticas del Estado Sólido, parecía estar al final de la época un tanto en ciernes y parecía presentar ~~una~~ serias dificultades de institucionalización ante la fuerte dependencia respecto a centros e investigadores extranjeros. Cabe distinguir en ella varios equipos y temas de trabajo.

En la Universidad de Navarra, J. Gonzalez Ibeas y A. del Moral, trabajan en torno a fenómenos de conmutación en cristales ferroeléctricos, dando cuenta del pulso de conmutación producido a través de una resistencia en serie con el cristal que conmuta bajo un impulso rectangular, así como también en torno a fenómenos de imanación, cual serían el estudio de los retardos anómalos de la misma mediante la consideración de las corrientes de Foucault y el análisis de casos concretos de susceptibilidad reversible y comportamientos magneto-resistivos.

En Madrid actúan otros dos equipos, en el C.I.F. (B. Jiménez, E. Maurer y colaboradores) y en la Autónoma (A. Trueba, A. Hernando y colaboradores). El primero centra su atención en fenómenos de inversión de

la polarización y en la influencia de las impurezas reticulares sobre la conmutación y ciclo de histéresis de determinados cristales ferroeléctricos. El segundo investiga preferentemente la dinámica de la pared de Bloch en "whiskers" de hierro, relacionando su velocidad de propagación con el lado medio de los cristales, aunque también son de notar otros estudios como los dedicados al efecto magnetoóptico, determinación de permeabilidades bajo campos externos en materiales ferromagnéticos y algunas aportaciones instrumentales.

A señalar, por último, la existencia de algunos equipos, muy dispersos y menos productivos que los anteriores, que centran su labor en la investigación de diversos tipos de semiconductores, y la de una buena serie de trabajos aislados.

#### 7) Análisis temático del área de Física Nuclear

Dentro del área de Física Nuclear, la más prolífica de todas, con un total de 277 artículos, hemos distinguido a nivel temático tres líneas de investigación, la de Física Fotocorpuscular (55,6%), la de Física Corpuscular mediante técnicas no fotográficas (17,3%), y la de Física Nuclear Técnica y Aplicada (27,1%). La evolución quinquenal de las mismas pone de manifiesto que -

la Fotocorpuscular ha sido indiscutiblemente la línea responsable de la introducción brusca de las investigaciones nucleares a principio de los cincuenta (alcanza ahí un 65%), manteniéndose siempre en posición privilegiada (por encima del 50%), salvo en el quinquenio final (baja levemente hasta 46,3%). La Física Nuclear Técnica y Aplicada, bastante más irregular en su desarrollo, alcanza su momento máximo efectivo en el quinquenio 1960-64 (40%). La línea de técnicas no fotográficas se mantiene irrelevante hasta 1965, pero experimenta a partir de ahí un poderoso impulso final (hasta 29,5%). La distribución cronológica de las investigaciones nucleares hace ver claramente como las mismas surgen a raíz de la oleada internacional que se deriva de la primera utilización bélica de la energía nuclear.

El peso fundamental de las investigaciones en la línea de Fotocorpuscular, la de máxima envergadura -/ cuantitativa en terminos absolutos y proporcionales de - todas cuantas han sido practicadas en la historia de la/ Sociedad, ha sido llevado por el equipo investigador de/ IFIC de la Universidad de Valencia, que a su vez ha tenido como figura central al autor más prolífico de toda la época, J. Catalá, el cual se rodea de un fuerte y numeroso equipo que va a experimentar sucesivas ampliaciones y renovaciones. Por citar sólo a los miembros más prolifi-

cos de dicho equipo citaremos a F. Senent, J. Aguilar, E. Villar, J. Casanova, A. García, J.M. Bolta, M. de la -// Cuadra, G. Pardo, J. de la Rubia y A.F. Tejerina.

El objeto central de las investigaciones de la línea es el extraer información sobre la naturaleza, niveles energéticos y tipos de interacción mutua tanto de los núcleos atómicos como de los componentes elementales de estos. Información que es conseguida en base a mediciones de distinta naturaleza efectuadas sobre las trazas dejadas por estos componentes, al ser bombardeadas - emulsiones fotográficas, o líquidos encerrados en cámaras, con partículas fuertemente aceleradas. La penuria de instrumentos adecuados para este fin en nuestro país, pone de manifiesto una total dependencia del extranjero/ en este tipo de investigaciones.

La metodología utilizada ha sido notablemente diversa y ha ido en función del objetivo concreto que en cada momento se pretendía conseguir. El método más general de todos ha consistido en la recopilación estadística de las medidas de magnitudes geométricas fundamentales tomadas sobre las trazas, las cuales han servido de base para posteriores elaboraciones de distribuciones an gulares y han sido fuente de identificación de partículas. Pero ha habido otras metodologías más concretas, en tre ellas la basada en la clasificación de las "estre--/

illas" nucleares según su grado de ionización, o bien el análisis de las interacciones nucleares mediante la contrastación de los datos obtenidos experimentalmente con los que se derivarían de un tratamiento matemático basado en la difracción de la luz mediante un disco opaco, y análisis análogos al anterior pero tomando como elemento de comparación los datos derivados de una hipotética exclusiva interacción clásico-newtoniana entre las partículas atómicas.

Bajando del nivel metodológico al temático, - en la línea de Fotocorpuscular cabe distinguir cinco direcciones concretas de investigación, de las cuales, - / tras haber elaborado una descripción completa en el texto, daremos algunos breves apuntes.

La primera de ellas hace referencia al estudio monográfico de algunas reacciones nucleares particulares, especialmente las de  $C^{12} (d,p) C^{13}$  y  $Li^7 (d,n) Be^8$ , constituyendo la explicitación de algunos niveles energéticos de este último elemento el primer aldabonazo internacional del equipo del IFIC. Otras 6 reacciones más, - / que tienen como punto común la difusión de deuterones bajo la acción de distintos campos magnéticos, conseguida en el espectrógrafo magnético multicanal de Aldermaston, son asimismo estudiadas.

La segunda dirección quedaría conformada por/

las investigaciones del "scattering" de partículas  $\alpha$  -/ por tetrafluoruro de carbono y de  $\text{He}^3$  por neón, las cuales forman parte de un programa conjunto centralizado en Birmingham al que es invitado a participar el IFIC. Por/ lo que respecta a las partículas  $\alpha$  el proceso es estu-/ diado para 7 blancos distintos y se investigan seis reac- ciones secundarias, para el  $\text{He}^3$  el estudio se desarro-/ lla a través de 13 reacciones básicas, todas ellas porme- norizadas en el texto. Es de señalar que sobre este tema se publican algunos artículos en colaboración con el De- partamento de Física Teórica de Valencia, en los cuales/ se contrastan los modelos teóricos de Inopin-Ericson, -/ Honda-Kudo-Ui y Frahn-Venter.

La tercera dirección de investigación es el - estudio de reacciones de fragmentación producidos en las interacciones con partículas de alta energía. En estas - investigaciones, llevadas a efecto preferentemente en el protón-sincrotón del CERN, se utilizan como proyectiles, sucesivamente, protones, antiprotones y mesones K, los - cuales son acelerados bajo la acción de un campo magnéti- co pulsante. Es de señalar que en ellas es donde el equi- po del IFIC obtiene su éxito más resonante, la evidencia- ción del núcleo de  $\text{He}^8$ , lograda en 1971 por los docto-/ res Tejerina, Pellicer, Ramón, Catalá y Senent.

La cuarta dirección de trabajo sería el estu-

dio de los fenómenos de trifisión del uranio, vieja aspiración esta del equipo del IFIC, que a larga, si bien -/ conseguida, se manifiestan en ella más interesantes las/ técnicas instrumentales que se ven obligados a poner en/ juego que los resultados obtenidos en sí. Dichas técni- / cas, enfocadas a aumentar la probabilidad de este singular suceso y basadas en la introducción dentro de la - / emulsión de hilos de seda o finísimos capilares, dan ori- gen a otra serie de investigaciones dirigidas a aspectos técnicos que no cesaran ya.

La quinta dirección de trabajo es la de estudio de procesos nucleares mediante cámaras de burbujas, / tema este que se desarrolla en la fase final de la época y en el que el protagonismo no corresponde ya exclusivamente a los investigadores valencianos, pues incide abundantemente en el mismo el Grupo de Altas Energías de la/ JEN. En el IFIC se intenta estudiar con detalle la naturaleza de las interacciones neutrino-antineutrino y revelar la posible existencia del bosón intermedio. En la -/ JEN se trabajara básicamente en torno a la interacción - protón-antiprotón, aportando la sección eficaz de la aniquilación consiguiente bajo diversas energías de incidencia.

Acabada ya, con esta última dirección, la relación de investigaciones de la prolífica línea de Foto-

corpúscular, pasemos ahora a detallar las llevadas a cabo en la segunda de las grandes líneas de investigación, la Física Corpúscular mediante técnicas no fotográficas, línea esta que como se desprende de su título solo se diferencia de la anterior en la naturaleza de los medios - experimentales utilizados. Dentro de ella se han cultivado dos temas generales, el estudio de procesos nucleares mediante detectores y la espectroscopía nuclear de la radiación  $\gamma$  .

En el primer tema han actuado dos equipos, -/ uno en Valladolid (J. Casanova y colaboradores) y otro - en la JEN (F. Maurer y colaboradores). Tanto uno como -/ otro han trabajado profusamente, pero no en forma exclusiva, en la determinación de la sección eficaz de activación para una amplísima gama de elementos. Los instrumentos de recogida de datos son ahora detectores sólidos como la mica u otros como el de INa (Tl) o el de Ge-Li de alta resolución, o bien detectores conectados a ordenadores.

En el tema de espectroscopía  $\gamma$  han trabajado también dos equipos. El de la JEN (R. Gaeta y colaboradores), que investiga en torno a las posibilidades de aplicación de los contadores de semiconductor en las espec-troscopías  $\alpha$  y  $\gamma$  , realizando posteriormente varios espectros concretos para el uranio y algunos elementos - /

transuranidos. El de la Universidad Autónoma de Madrid - (J. Campos y colaboradores), trabaja en técnicas instrumentales y de investigación en espectroscopía nuclear, - centrandó su atención en el método de coincidencias  $\gamma - \gamma$  con detectores de INa (Tl) y ofreciendo, como aportación original, el llamado método de coincidencias retardadas/ que permite la medida directa de vidas medias para estados atómicos, preferentemente en gases nobles.

La tercera y última línea de investigación, - que hemos llamado Física Nuclear Técnica y Aplicada, pre senta tres direcciones coherentes de trabajo y una amplia gama de artículos dispersos. La mensuración de actividades neutrónicas ha sido la primera de esas direcciones,/ haciéndose de notar en ella tres equipos, encabezados -/ por M.A. Vigón, J. Montes y F. Verdaguer, los cuales han centrado su atención, respectivamente, en la integración de densidades neutrónicas mediante sondas, la utiliza--/ ción de cámaras de fisión en miniatura y en la consecuc- / ción de fuentes pulsadas de neutrones.

La segunda dirección es la de investigaciones sobre reactores nucleares artificiales, y recoge las lle vadas a cabo en la JEN sobre reactores subcríticos ura- / nio-agua y los reactores JEN-1, JEN-2, Argonaut y Coral- -1, de los que se estudian diversas cuestiones citadas - en el texto. La tercera y última dirección ha tenido co-

mo máximo protagonista a L. Garzón (Oviedo), que presenta como investigaciones más llamativas las desarrolladas en torno a las analogías entre reactores naturales y artificiales y analiza la importancia de las micas como detectores.

#### 8) Análisis temático del área de Química-Física

En función de sus contenidos temáticos los -/ trabajos del área de Química-Física pueden ser clasificados en tres amplias líneas de investigación, la de Química Cuántica (42,4%), la de Electromagnetoquímica (28,9%) y la de Termoquímica (28,9%). Durante los quince prime-/ros años de postguerra es la Electromagnetoquímica la línea indiscutiblemente dominante, llegando incluso a superar el 72,4% en el quinquenio 1945-49. Esta tónica se -/quebra claramente a partir de 1950, momento desde el -/cual inicia su potente escalada la línea de Química Cuántica, que durante tres quinquenios será el tema de investigación más prepotente, alcanzando incluso un 81,2% su nivel porcentual. La situación no cambiará apreciablemente hasta la década final, momento en el que irrumpe la - línea de Termoquímica con notable fuerza, la cual llega/a incluir el 46,6% de la producción en detrimento de las investigaciones cuánticas.

Pasando ya al análisis de los contenidos te-  
máticos, y comenzando por los de Electromagnetoquímica, /  
cabe indicar que en los mismos hemos incluido las inves-  
tigaciones desarrolladas en torno a los fenómenos eléc-  
tricos, magnéticos y catalíticos, dado que estos últimos  
se referían a la teoría electrónica de la catálisis.

Por lo que respecta a la labor desarrollada -  
en Electroquímica es de destacar la acción de tres equi-  
pos. En el Instituto G. Rocasolano, A. Ríus, A. Marín y/  
J. Llopis trabajan en torno a los electrodos de vena de/  
mercurio, investigando especialmente la capacidad de la/  
doble capa formada en la interfase mercurio-electrolito/  
y la optimización del funcionamiento general del electro-  
do, y también en torno al estudio de la impedancia fara-  
dática, efectuandose algunos análisis teóricos sobre la -  
variación de la misma con electrodos de platino en pre-  
sencia de sistemas de oxirreducción. Otro equipo sería -  
el formado en Sevilla por L. Brú y C. Gómez Herrera, los  
cuales, tras trabajar en torno a la comprobación experi-  
mental de algunas correcciones teóricas propuestas por -  
investigadores extranjeros a la teoría de Debye-Hückel,/  
centran su atención en el problema de los potenciales de  
metales en contacto con disoluciones de sales de otro me-  
tal distinto, tema en el que son prácticamente pioneros/  
y plantean la formulación matemática del fenómeno y la -  
formación espontanea del potencial. El tercer equipo es/

el capitaneado por J. Palacios, M.T. Vigón y R. Salcedo/ en el Instituto A. Santa Cruz (CSIC), su temática es va- riada, pero tal vez su tema más destacado sea la adsor- cion de iones como origen de potenciales, sobre el que - presentan una crítica a la teoria de Nernst, defendiendo se la hipótesis de que el potencial galvánico electroli- to-metal es debido, principalmente, a la emisión de elec- trones por parte del metal, y secundariamente a la adsor- cion de cationes por el mismo.

Centrando ahora nuestra atención en las inves- tigaciones magnetoquímicas, es de observar que en las -/ mismas sólo destacan los trabajos de J.M. Alameda en Va- lladolid en torno al diseño y construcción de un nuevo - tipo de balanza Curie-Cheveneau para el estudio de las - propiedades magnéticas de las soluciones, con aplicacio- nes concretas a diversas sales de hierro y niquel. Por - lo que respecta a las investigaciones en Catálisis tam- bién destaca un único equipo, el de J.A. Pajares Somoano y J. Soria Ruiz en el Instituto G. Rocasolano, siendo su principal tema de actuación la explicitación de la depen- dencia cuantitativa entre la actividad catalítica y la - conductividad eléctrica para el caso de los semiconducto- res.

La segunda línea de investigación que estudia- mos es la de Química Cuántica, en la cual se detectan dos

grandes temas generales de investigación, el de espectros copia molecular y el de modelos cuántico-moleculares. El de espectroscopía subdivide sus investigaciones en dos apartados, uno dedicado a la elaboración de espectros concretos de vibración-rotación puramente sistemático y con una gran dispersión de autores, centros y temas, y otro dedicado a las técnicas de investigación espectroscópica, donde no pueden dejar de citarse los trabajos de J. Morcillo, J. Fernandez Biarge y J. Herranz sobre un interesante método de información espectral en base a la evaluación de la intensidad fotométrica de las bandas de vibración-rotación, la cual relacionan posteriormente con diversas magnitudes (polaridad y polarizabilidad).

El otro tema general de investigación, los modelos moleculares, es tratado por tres equipos, actuales en Valladolid (hermanos Senent y M. Aguilar), en Madrid (Y.G. Smeyers Guillemin) y en colaboración Instituto de Sarriá-Universidad Alberta (R. Carbó, S. Fraga). El primero de ellos ofrece un nuevo método para el cálculo de las intensidades de enlace en las ligaduras  $\Pi$ , rectificando las ideas de Kimball al respecto. El segundo aporta como tema fundamental un estudio de la estructura electrónica de la molécula de  $CF_4$  mediante el método de orbitales moleculares de Coulson y da varias aplicaciones del mismo. El tercero, centra principalmente su

atención en el estudio estructural de moléculas poliatómicas (de hasta 8 átomos), mediante el método AVE-CI-SCF, determinando en cada caso la afinidad electrónica, el potencial de ionización y los estados excitados.

Entrando ya en la tercera y última línea de investigación, la de Termoquímica, es de observar que en la misma se trabaja temáticamente en dos direcciones: líquidos y gases. Dentro del tema de la termoquímica de gases han destacado dos equipos cuya acción está muy distanciada cronológicamente. Así, vemos como entre 1942 y 1947, y trabajando desde el CSIC en colaboración con la Universidad de Göttingen, O.R. Foz, S. Senent y colaboradores, estudian el mecanismo de dependencia entre la conductividad calorífica y la presión en gases reales, proponiendo al respecto un modelo teórico en base a la consideración exclusiva de la asociación molecular. Unos veinte años después, en el Rocasolano, A.P. Masiá y colaboradores insisten en la cuestión de la conductividad calorífica, ahora bajo la perspectiva de su dependencia con la presión y la temperatura, a la vez que ofrecen un estudio del fenómeno de acomodación molecular en el platino mediante el llamado método del alambre caliente.

Por lo que respecta a las investigaciones sobre la termoquímica de líquidos, son de señalar dos equipos. El primero sería el formado por O.R. Foz y M. -

Colomina en los años cuarenta en la Universidad de Valencia, que aporta algunas determinaciones en torno a los calores de disolución u dilución mediante un dispositivo experimental original basado en la rectificación del propuesto por Lange. Pero las investigaciones más relevantes en este terreno son, indiscutiblemente, las realizadas en la Complutense de Madrid por M. Diaz-Peña y colaboradores a partir de 1963, en dos direcciones: procesos de mezcla y teoría molecular del estado líquido. En la primera abordan el problema de la mezcla de dos líquidos, desde el punto de vista termodinámico, mediante una profusa utilización de las funciones de exceso. En la segunda, desarrollan como tema central una aproximación a la teoría de celdas con huecos del estado líquido, en base a la cual atacan posteriormente una amplia gama de cuestiones teóricas y experimentales detalladas en el texto.

#### 9) Análisis temático del área de Física Teórica

Las investigaciones desarrolladas en el seno del área de Física Teórica pueden ser clasificadas en dos grandes líneas de investigación, la de Partículas Elementales (54%) y la de Mecánica Teórica (46%), si bien ésta última es algo dispersa. La evolución quinquenal de ambas ha de ser comenzada en 1955, pues antes el monto total -

de las investigaciones teóricas es auténticamente irrelevante. Entre 1955 y 1965 la situación es un tanto irregular, pues ambas líneas se relevan en el lugar de máxima/significación, pero a partir de 1965 el dominio de la línea de Partículas Elementales es claro, llegando a abarcar hasta un 65,3% de la producción al final de la época, lo que a su vez pone de manifiesto el que la de Mecánica Teórica se mantiene, pese a todo, en unos niveles de significación aceptables.

La línea de Partículas Elementales presenta - una coherencia interna muy superior a la otra, y dentro de la misma cabe distinguir dos sublíneas cuya diferenciación no es precisamente muy acentuada, les hemos llamado Teoría Cuántica de Campos a la primera y Física Nuclear Teórica a la segunda.

Por lo que respecta a la de Teoría de Campos, cabe indicar que sus focos básicos de producción fueron la JEN y las Universidades de Madrid, Valencia y Barcelona, habiendo sido L.M. Garrido, A. Galindo y P. Pascual sus máximas figuras. El tema principalmente trabajado en este terreno ha sido el de las representaciones matemáticas de los campos de interacción entre partículas, dirigiéndose las investigaciones en una doble vertiente, de un lado se aprecia un enfoque metodológico, en el que se trabaja en temas como el análisis de la alternativa que/

supone la utilización de los operadores creación-destrucción frente al formalismo lagrangiano o la aportación de las transformaciones G-P para la diagonalización de ciertos hamiltonianos, de otro lado, se aprecian algunas investigaciones de corte más operativo, como serían el desarrollo en el tiempo de los campos de interacción del nucleón y el mesón  $\pi$  o el estudio al que son sometidos/ los factores de forma electromagnéticos en algunos casos particulares.

Por lo que respecta a la Física Nuclear Teórica, que tiene como figuras principales a las citadas anteriormente y algunas otras como J.L. Sanchez-Gómez y A. Tiemblo, las investigaciones toman una dirección múltiple, trabajándose principalmente en cuatro apartados. El primero sería el de "decay" de mesones, fenómeno estudiado sobre todo para mesones del tipo K y  $\eta$  con la utilización de diferentes técnicas (como el modelo de "loop" con quark y el álgebra de corrientes) y normalmente centrado el problema en el cálculo de las anchuras de desintegración. El segundo apartado es el de "scattering", cuyas investigaciones se han dirigido, asimismo, a una vertiente metodológica, como en los artículos dedicados a la interpretación general de procesos mediante las teorías cuánticas de la colisión y dispersión nucleares, y a otra operativa, como el cálculo de amplitudes y seccio

nes eficaces totales en los procesos de difusión pión-nucleón y pión-pión. El tercer apartado sería el de procesos de captura, en el cual casi todos los trabajos están dirigidos a la captura de muones por núcleos, fenómeno éste estudiado inicialmente mediante la especialización/ de la teoría general de los ritmos de captura en el caso de que los estados inicial y final vengan descritos por/ el modelo de capas o el de Nilsson, pero que después se/ desarrolla en otras cuestiones. El cuarto apartado es el de fotoproducción de piones, fenómeno estudiado básicamente para el  $\text{He}^3$  evaluando la sección eficaz diferencial y analizando la influencia en el mismo del movimiento de los nucleones dentro del núcleo, llegando incluso/ a considerar terminos relativistas para ello.

Entrando ya en la segunda gran línea de investigación, la de Mecánica Teórica se aprecia, junto a algunas otras investigaciones más dispares, la existencia/ de cuatro direcciones coherentes de trabajo. La primera/ de ellas sería la de Mecánica Clásica, en la cual, bajo/ una fuerte dispersión de autores y temas, se tratan cuestiones diversas de mecánica analítica y de medios continuos, así como analogías formales clásico-cuánticas, concretamente a través de la teoría de perturbaciones. En la segunda, la de Mecánica Cuántica, se tratan aspectos fundamentales de esta disciplina dispersos y aisla-

dos, podríamos citar algunas variaciones propuestas al método de Hartree-Fock, análisis de la teoría de perturbaciones múltiples para sistemas no degenerados y correcciones relativistas propuestas a la teoría de Schrödinger. La tercera dirección es la de mecánica Estadística, y en ella se distinguen claramente dos equipos de trabajo. -/ Desde la Universidad Libre de Bruselas, G. Velarde, aporta algunas investigaciones sobre el cálculo de la entropía para estados de no-equilibrio y sobre la imposibilidad del desarrollo analítico de la densidad para los coeficientes de transporte en gases clásicos y cuánticos. - El otro equipo, formado por Juan de la Rubia, J.J. Brey/ y colaboradores, en Sevilla, trabaja básicamente en el tratamiento de fenómenos de transporte en procesos irreversibles, siendo la deducción de las ecuaciones de evolución el tema más cultivado, aunque también puedan citarse otros como la comparación de las teorías de Bogoliubov y Prigogin para sistemas inhomogéneos. El cuarto/ y último tema, es el de Mecánica Relativista, y en el se da la curiosa circunstancia de que los dos únicos bloques de artículos de contenido coherente se oponen a los principios relativistas. De un lado, en Madrid, J. Palacios y sus colaboradores, proponen una rectificación a las teorías de Einstein basada en la contracción longitudinal y transversal con respecto a la dirección del movimiento.

miento y aportan las llamadas transformaciones naturales, en base a todo lo cual reinterpretan una amplia gama de fenómenos físicos. De otro, el científico soviético --/ Olijnychenko ataca la paradoja de los relojes y deduce --/ la no conservación del momento cinético de un reloj gi-/ roscópico si se aplica al mismo los principios relativis- / tas. Es de señalar, sin embargo, que salvo estas oposi- / ciones explícitas a la teoría restringida de la relativ- / dad, la inmensa mayoría de los investigadores de la So- / ciedad utilizan la misma profusamente en sus investiga- / ciones.

Con la situación reflejada en los párrafos an- / teriores, parece algo claro que al final de la época la / Física Teórica era una disciplina ya irreversiblemente - / asentada en las investigaciones de la Sociedad. Sin em- / bargo no deja de llamar la atención lo tardío de su desa- / rrollo, fenómeno éste que posiblemente pudiera conectar- / se con la evolución seguida por las investigaciones en - / Matemáticas a lo largo del franquismo.

#### 10) Análisis temático de otras áreas diversas

De entre las áreas menores de investigación, sólo ha habido dos que hayan presentado un mínimo de relevancia, la de Espectroscopía y la de Termología, dando

se la especial circunstancia de que aquella fue una de las áreas básicas de la primera época, lo que realza su importancia como posible elemento de comparación entre ambas épocas, y la segunda se desarrolla fundamentalmente en los años setenta, lo que la convierte en una excelente piedra de toque sobre las direcciones finales de investigación que imperaban en la fase final de la época.

Por lo que respecta al área de Espectroscopía, se aprecia, como elemento característico de partida, una fuerte ruptura al inicio de los años cuarenta con respecto a lo que fue la tradición investigadora de los años treinta. Así, se observa como tras la separación de Catalán de su cátedra universitaria son abandonadas las investigaciones sistemáticas en torno a la elaboración de espectros de los elementos del grupo del hierro y las relativas a la interpretación de las configuraciones electrónicas en base a la utilización del efecto Zeeman y el factor de Lande. Las únicas investigaciones que aparecen en esos años son las llevadas a cabo por M. Lopez de Azcona y F. Poggio sobre la construcción y manejo de aparatos para estudios espectroquímicos y sobre las técnicas para el empleo de electrodos de carbono en el análisis espectral de las disoluciones, autores estos que, asimismo, aportan espectros concretos de una amplia gama de elementos, detallados en el texto, con un rango de 2.200

-5.000 Å fundamentalmente.

No será hasta 1949 cuando una vez readmitido/ Catalán se retomen los temas de investigación de la preguerra. Desde su cátedra en la Universidad madrileña, es te autor y sus colaboradores despliegan a partir de esa/ fecha, una amplia gama de investigaciones, las cuales -/ son dirigidas en una doble dirección, de un lado hay algunos trabajos metodológicos, en los que se estudia la - variación del factor de Lande y la interpretación de mul tiplettes en el caso de la interacción fuerte de Paschen-/ -Back, de otro, acometen la elaboración sistemática de - espectros concretos de emisión electrónica, abundando -/ los relativos a los grupos de hierro y del paladio y, es pecialmente, los del manganeso, todos ellos con rango un de frecuencias y características particulares pormenori- zados en el texto, lugar donde, asimismo, han sido deta- lladas otro importante cumulo de investigaciones de este mismo equipo, el cual sufre un sólido descenso en su rit mo de producción a raíz de la muerte de Catalán, pese a/ que su labor se prolongue hasta mediados de los años se- senta.

Por lo que respecta al área de Termología, de sarrollada como ya indicamos en la fase final de la épo- ca básicamente, presenta una gama de investigaciones muy variada temática e institucionalmente, si bien entre - /

ellas se aprecia la labor continuada de algunos equipos/ de trabajo y series más o menos coherentes de artículos, como sería la firmada por F. Moran en los años cuarenta/ desde el Servicio Meteorológico Nacional, junto a la que se aprecian varios artículos dispersos firmados por autores de sólido renombre, y a los que en su momento hici-/ mos referencia.

Pero no será hasta 1960 cuando cuajen, aunque en forma no demasiado completa, los primeros equipos de/ trabajo. Entre ellos señalaremos dos; el que funciona en la Universidad de Zaragoza, con J.M. Savirón y J. Casas, como principales firmantes, y el formado en la Universi- dad de Madrid por J. Aguilar. El primero de ellos centra su atención en el diseño y construcción de columnas de - difusión térmica, con posterior aplicación de las mismas a la separación de isótopos y a la comprobación experi-/ mental del cálculo de los coeficientes de difusión. El - segundo trabaja principalmente, aunque ni mucho menos de forma exclusiva, en torno al estudio y aplicación de las simulaciones analógicas de procesos térmicos, problema - éste que es tratado bajo diversos puntos de vista, desde la simulación de la distribución de temperaturas en un - reactor atómico, hasta las de procesos geotérmicos y de/ radiación calorífica.

La labor de estos equipos, tal y como se puso

de manifiesto en el texto, viene acompañada por la de -/  
otros de menor entidad y por un no desdeñable cúmulo de/  
investigaciones dispersas. Con todo, parecía un tema de/  
investigación muy prometedor pero aún no excesivamente -  
arraigado entre los investigadores de la Sociedad.

#### 11) Conclusión general

Tras el análisis institucional de la Real So-  
ciedad Española de Física y Química que llevamos a cabo/  
en los primeros capítulos de este trabajo, y el posterior  
análisis bibliométrico realizado sobre su producción en/  
Física, vimos que la evolución de esta institución puede  
describirse mediante tres etapas netamente diferenciadas.  
Asimismo, una vez realizado el análisis temático, dichas  
etapas no sólo se mantenían sino que se reforzaban.

La primera de ellas se correspondería con el -  
período de postguerra, abarcando desde el final de la -/  
guerra civil hasta principios de los años cincuenta, y -  
su característica fundamental sería la ruptura en todos/  
los ordenes con la tradición de investigación conseguida  
a lo largo del primer tercio de siglo. Ese proceso ruptu-  
rista, que resulto tan ostensible al contrastar los valo-  
res tomados por los indicadores bibliométricos antes y -  
después de la guerra, viendose como estos experimentaban

en general un giro fuertemente negativo, es plenamente -  
confirmado a nivel temático.

Bajo esta perspectiva tuvimos ocasión de comprobar como las investigaciones de Cabrera son totalmente abandonadas, las de Catalán son marginadas durante va  
rios años y pese a su recuperación posterior nunca lle-/  
gan a retomar la fuerza de los años treinta. Mientras -/  
tanto, la única figura superviviente de la primera época,  
Palacios, se manifiesta menos productivo y más disperso,  
si bien parece desarrollar una eficaz labor como catali-  
zador de las investigaciones cristalográficas.

Asimismo, y considerada en su conjunto, la al  
ternativa que ofrece la postguerra frente al sólido cuer-  
po de investigaciones de la preguerra es bastante exíguo.  
Posiblemente, la labor de continuidad que se aprecia en/  
los trabajos sobre radiaciones, el surgimiento del equi-  
po investigador de Electrónica y Automática y el descu-/  
brimiento e interpretación de la miopía nocturna, sean -  
los máximos logros de esta primera etapa. Años atrás se/  
descubrían los multipleres, se desplegaba en todo su apo-  
geo la labor investigadora de Cabrera y se participaba -  
en los trabajos pioneros sobre la determinación estructu-  
ral de los compuestos orgánicos. Todo ello mediante unos  
equipos de trabajo sólidamente institucionalizados y en/  
el seno de unas líneas generales de investigación bien -

planificadas. El balance es desolador.

Los orígenes de este absurdo rupturismo, a -/  
juzgar por nuestro análisis institucional, habría que -/  
buscarlos en el sectarismo político de varios destacados  
miembros de la Sociedad y en el estado de penuria gene-/  
ral que vivía la investigación científica en nuestro - /  
país. Lo primero estaría en plena consonancia con el he-  
cho de que es precisamente en esos años cuando el régi-/  
men franquista vive su fase más totalitaria, lo segundo/  
sería una clara consecuencia de las estrecheces derivadas  
de la política económica autárquica preconizada a nivel/  
gubernamental.

La segunda etapa vivida por la Sociedad, que/  
podríamos situar entre el inicio de los años cincuenta y  
mediados de los sesenta, se enmarca en unas coordenadas/  
de transición y cambio, en pleno paralelismo con el giro  
que se aprecia por esos años en la proyección exterior,/  
estructuración económica y perfil político del régimen -  
franquista. Dentro del cual se viven la crisis de la au-  
tarquía, el Plan de Estabilización, el reconocimiento in  
ternacional y los pactos económicos con EEUU como hechos  
más relevantes.

Justo por esta época nuestro análisis biblio-  
métrico ponía de manifiesto un cambio profundo en la ma-  
yor parte de los indicadores, que en general experimenta

ban un giro positivo, el cual mostraba a las claras que/ estaba tomando cuerpo un nuevo estilo de trabajo en el - seno de la Sociedad. Después de haber realizado el análi sis temático no pudimos sino reforzar esta impresión, -/ pues también a nivel de contenidos científicos se obser- vaban cambios muy sustanciales durante los años cincuen- ta. De esta forma, tuvimos ocasión de comprobar como en/ esa década se asistía a la implantación definitiva del - tema de Física Nuclear, especialmente de las investiga- ciones fotocorpusculares desarrolladas en el IFIC, a la/ afirmación de los equipos de trabajo en Electricidad y - Automática, al surgimiento de las investigaciones en Quí mica Cuántica, al auge de la Optica Fisiológica, a la re- cuperación parcial de la Espectroscopía y al desplaza--/ miento de las investigaciones cristalográficas hacia - / cuestiones relativas a técnicas de investigación en de-/ trimento de su anterior orientación descriptiva.

Pero este cambio de los años cincuenta no está exento de importantes contradicciones, pues hemos tenido ocasión de comprobar como el peso principal de la inves- tigación científica se vuelca, bien sea hacia temas de - nula proyección práctica en un país en vías de industria lización como el nuestro (Fotocorpuscular y Química Cuán tica) o hacia temas que aunque puedan tenerla no se esta- ba en condiciones económicas de lograr en ellos un despe

gue internacional mínimamente competitivo (como los de - elementos electrónicos para ordenadores).

La tercera etapa, correspondiente a la déca- / da final de la época franquista y concomitante a la plenitud de la planificación indicativa en lo económico con el famoso desarrollismo de los sesenta, y al auge de la / tecnocracia en lo político, viene caracterizada por lo - que respecta a la producción en Física de la Sociedad, - por una eclosión de nuevos temas de investigación en tal cantidad que cabría hablar de una autentica diaspora temática.

Así, tuvimos ocasión de ver como durante esos años en temas como la Química-Física tomaba cuerpo su línea más prolífica (la de Termoquímica) y se iniciaba la / de Catálisis. Las investigaciones cristalográficas gira-ban definitivamente hacia el Estado Sólido y algunos temas minoritarios, como la Termología, aumentaban notablemente su producción. En forma paralela, se apreciaban importantes innovaciones dentro de temas de investigación / ya sólidamente consagrados. De esta forma, en Física Nuclear se comienza a trabajar en reactores nucleares y en cámaras de burbujas y en Electricidad-Magnetismo irrumpe, por fin, el Estado Sólido. Junto a todo ello, y como nota más destacada, se asiste a la consolidación definitiva de un nuevo tema, el de Física Teórica, que sí bien -

formó su embrión en la segunda etapa, es en esta tercera cuando sienta definitivamente sus bases con la institucionalización de las investigaciones sobre Partículas Elementales y el surgimiento posterior de las de Física Estadística.

Hay, pues, en la etapa final un importante -/ crecimiento cuantitativo y cualitativo, pero nuestro análisis bibliométrico, en el que en terminos generales se/ apreciaba un nuevo vuelco masivo de los indicadores, nos hacía ver la existencia de algunas facetas claramente negativas, como la baja de los indicadores relativos al -/ proceso de asentamiento de escuelas investigativas y el aumento de los de obsolescencia de la producción. El crecimiento se manifiesta entonces como un tanto desordenado y disperso.

La situación parece reflejar fehacientemente/ en esta tercera etapa, al menos a nivel de los Anales, - la ausencia de unos planes de coordinación gubernamentales y de una correcta evaluación y optimización de los - recursos económicos y humanos destinados a la investigación durante esos años de máximo desarrollo económico -/ del régimen franquista.

En definitiva, hemos tenido ocasión de comprobar como a lo largo del franquismo son abordados en los/ Anales nada menos que cuarenta y tres temas generales de

investigación (considerando como tales a las sublíneas y áreas minoritarias), gran parte de ellos dudosamente conectados con las necesidades tecnológicas nacionales, a la vez que portadores de un desfase cronológico importante respecto al desarrollo internacional del tema en cuestión, y con una dependencia crónica del exterior en lo que a infraestructura experimental se refiere.

Bajo este contexto global, la Sociedad, reflejando la política científica general del país, pierde paulatinamente el papel regenerador e impulsor de la investigación que tuvo antes de la guerra, para convertirse cada vez más, en un simple organismo gestor de unos determinados fondos y canalizador de una parte de las investigaciones científicas españolas hacia su órgano de expresión.

A tenor de lo expuesto, nuestra conclusión última no puede ser optimista. El perfil general que a nuestro juicio ha de tener la investigación científica en un país como el nuestro, unas pocas líneas de investigación bien dotadas de medios y dirigidas en su mayor parte a la resolución de las necesidades nacionales, aunque no de forma exclusiva, ha distado mucho de ser conseguido durante el franquismo, al menos si hemos de juzgar acoradamente a la visión que arroja a este respecto la Real Sociedad Española de Física y Química. El hecho de que

siete años después de terminado oficialmente el período/franquista, nuestros más eminentes investigadores clamaran pública y colectivamente (342) por la necesidad de conseguir para la investigación científica española una situación como la que arriba hemos diseñado, es el mejor y más triste aval para nuestras apreciaciones.

El contrastar si esta negativa herencia ha sido o no superada en el marco de nuestra nueva ordenación política democrática es algo que aparece ya como una apasionante fuente de futuras investigaciones, aunque obviamente estas sean tan interesantes como prematuras. Sería nuestro máximo deseo el poder verificar en el futuro esa mejora, la cual, por otra parte, es cada vez más imperiosa. A ella deseamos contribuir con el presente trabajo, siempre desde el total convencimiento de la necesidad de asumir nuestra reciente historia de la Ciencia como un elemento imprescindible para ello.