

**ANALISIS TEMATICO DE LA PRODUCCION  
EN FISICA RECOGIDA EN LOS ANALES  
DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE FISICA Y QUIMICA  
DURANTE EL PERIODO (1940-1975)**

**CARLOS LOPEZ FERNANDEZ**  
Dpto. Historia de la Medicina. Murcia

**RESUMEN**

*El presente artículo ofrece un análisis temático de los artículos de Física publicados en los Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química entre 1940 y 1975. Se establece una comparación con el análisis bibliométrico al que esos mismos artículos fueron sometidos en publicaciones anteriores, y se lleva a cabo una valoración crítica global de los contenidos temáticos. Asimismo, se explicitan algunas relaciones entre la dinámica histórica general y la de la investigación española en Física durante el franquismo.*

**ABSTRACT**

*This paper gives a thematic analysis of the articles on physics published in Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química during the period (1940-1975), they are classified in various research fields, then in research lines and sublines inside each field. A comparison with preceding results of bibliometrics analysis and a general valuation of the thematic contents are carried out, in the same way some relationship between the historical dynamics of Spain during Franco's time and the behaviour of the Spanish Scientific Production on Physics is shown.*

**Palabras clave:** Análisis temático, Física española, Período franquista, Sociedad Española de Física y Química.

## 1. Introducción

En anteriores publicaciones y trabajos, hemos tenido ocasión de aproximarnos al fenómeno de la Historia de la Física española durante el período franquista a través del análisis de las investigaciones en esta disciplina reflejadas en el órgano de expresión de la Real Sociedad Española de Física y Química entre 1940 y 1975. Los datos que hasta ahora habíamos aportado han hecho siempre referencia al análisis de los artículos allí publicados bajo una perspectiva bibliométrica, a la vez que en repetidas ocasiones nos hemos emplazado a completar esa visión con otra, más internalista, que recogiera un análisis de los contenidos temáticos de dichos artículos.

Como es fácilmente comprensible, un estudio de esta naturaleza desborda sobradamente las posibilidades de un artículo, pues serían varios los que habría que dedicar monográficamente a cada una de las grandes áreas temáticas que más adelante señalaremos. De todas formas, y sin renunciar a llevar a la práctica en el futuro dicha posibilidad, creemos imprescindible iniciar esta labor con un trabajo que ofrezca una panorámica de conjunto al respecto, aún a riesgo de que adolezca de una generalidad excesiva.

Metodológicamente, y siempre bajo una tónica de concisión extrema, procederemos en primer lugar a delimitar las grandes áreas temáticas de investigación desarrolladas en los *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*. Para continuar con una rápida cuantificación y descripción de las líneas de investigación desplegadas dentro de cada área. Finalmente, llevaremos a cabo una valoración crítica global sobre el conjunto de todas las áreas, haciendo especial énfasis en comparar los datos provenientes de nuestro análisis temático con los que en su día obtuvimos del análisis bibliométrico.

## 2. Contenidos temáticos

Los 1.324 artículos de Física publicados en *Anales* entre 1940 y 1975 cabría clasificarlos, inicialmente, en 16 áreas generales de inves-

tigación, si bien al cuantificar las mismas nos encontramos con que hay seis de ellas claramente destacadas de las restantes. Estas serían la Física Nuclear (FN; 277 art.; 21 %), la Electricidad-Magnetismo (EM; 209; 15,8 %), la Óptica (OPT; 196; 14,8 %), la Química-Física (QF; 180; 13,6 %), la Cristalografía y Física de Sólidos (CFS; 156; 11,7 %) y la Física Teórica (FT; 124; 9,4). De las restantes diez áreas sólo hay dos que superen la cota del 3 % de la producción total, la Espectroscopía (64; 4,8 %) y la Termología (52; 3,9 %), siendo las otras ocho<sup>2</sup> verdaderamente irrelevantes.

Revisando la evolución cronológico-cuantitativa de las grandes áreas entre 1940 y 1971 (tabla 1), la cual hemos tenido ocasión de comentar detalladamente en anteriores trabajos<sup>3</sup>, vemos que en la post-guerra fue la OPT el área más destacada, en la fase media del período dominó la FN y en términos proporcionales, es el área de FT la más significativa de la fase final. Hecha esa precisión, pasemos ya al análisis de los contenidos temáticos de cada área en particular.

### 2.1. *Óptica*

Cuatro han sido las líneas de investigación desarrolladas dentro de este área (ver tabla 2), la Óptica Geométrica (65 art.; 33,2 %), la Óptica Fisiológica (57 art.; 29,1 %), la Óptica Tecnológica (45; 22,9 %), y la Óptica Física (29; 14,8 %). Las dos primeras han sido, sin duda, las más relevantes en todos los terrenos, alternándose siempre en el lugar de máximo peso cuantitativo a lo largo de los cinco quinquenios durante los que el área es significativa. La Óptica Física sólo toma cuerpo ya entrando los años sesenta.

Dentro de la Óptica Geométrica se investigó fundamentalmente en la determinación de causas, perfeccionamiento de métodos de medida y corrección de varias aberraciones simultáneas geométricas y/o cromáticas, especialmente de la aberración esférica, siendo también destacables los trabajos sobre determinación de la tolerancia teórica de algunos dispositivos ópticos. Matizando más, dentro de las investigaciones sobre el tratamiento simultáneo de varias aberraciones señalaríamos las aportaciones en torno a la influencia de la razón de las fo-

cales en el estado de corrección de los oculares de Kellner y Erfle, en tanto que, por lo que respecta a la aberración esférica destaca la incorporación de la metodología de la escuela de Florencia (A. Ronci) y el estudio de la aberración esférica angular. Temas a los que quedan asociados los nombres de J. Catalá, A. Durán y C. Morais.

En la línea de Optica Fisiológica es donde se alcanza el máximo logro de la investigación física española de la postguerra: el descubrimiento por J. Otero y A. Durán del fenómeno de la miopía nocturna, o comportamiento del ojo humano a bajas luminosidades como un ojo miope de dos dioptrías negativas. La decisiva influencia de este fenómeno en la optimización de los instrumentos telescópicos provoca una gran expectación en los investigadores ópticos internacionales, ámbito en el que se establece una viva polémica (en buena parte canalizada a través de los *Anales*) sobre la posible interpretación del fenómeno. En dicha polémica intervienen destacados investigadores españoles y extranjeros (Tousey, Ivanov, Palacios, Ronci,...). La escuela española lleva a cabo una caracterización completa del fenómeno y aboga por interpretar el mismo mediante una combinación del efecto Purkinje con la aberración esférica.

En otro tema de trabajo, pero aún dentro de las investigaciones óptico-fisiológicas, no pueden dejar de citarse las relativas a la elaboración y contrastación del modelo retiniano propuesto por M. Aguilar, J. Oliva y Y. Yunta, sobre la existencia de dos tipos de agrupaciones de fotorreceptores en la retina dentro de la zona extrafoveal, son las llamadas agrupaciones primarias y secundarias de bastones, según éstos posean o no una capacidad sumatoria ante el estímulo recibido.

Por lo que respecta a la línea de Optica Tecnológica, los temas más coherentes de trabajo fueron el estudio de las variaciones de imagen latente en el prerrevelado fotográfico, por M.T. Vigón, el estudio fotoelástico de las rótulas de hormigón armado, especialmente de su torsión y momentos flectores, desarrollado en forma casi totalmente individual por L. Villena (verdadero pionero en nuestro país de estas técnicas), y por último las investigaciones de P. la Cierva sobre láminas antirreflectoras, de claro interés militar. Por su parte, en Optica Física se da tal grado de heterogeneidad, que no vale la pena distinguir parcelas concretas.

## 2.2. *Electricidad-Magnetismo*

Dentro del área de Electricidad y Magnetismo, cuyo grado de dispersión temática destaca respecto a otras áreas, cabe distinguir tres líneas coherentes de investigación, Electrónica y Automática (76 art; 36,3 %), Instrumentación Electrónica (53; 25,4 %) y Propiedades Eléctricas y Magnéticas del Estado Sólido (43; 20,6 %), y una cuarta de contenido muy heterogéneo, la de Aspectos diversos (37 % 17,7 %), que carece de significación por más que recoja algunos trabajos interesantes.

La evolución cronológica de las tres líneas significativas (tabla 3) muestra un predominio de las dos primeras entre 1940 y 1960, momento a partir del cual irrumpe con fuerza la investigación en Estado Sólido, elemento innovador muy a tener en cuenta.

A nivel temático la línea que presenta un mayor grado de institucionalización productiva es la de Electrónica y Automática. Iniciada nada más terminar la guerra con las originales investigaciones de González del Valle sobre los principios de equivalencia generales entre los sistemas eléctricos y mecánicos, la línea va a alcanzar su proyección definitiva a través del equipo dirigido por J. García Santesmases, el cual plasma su labor inicial mediante una serie de artículos dedicados a conseguir una caracterización completa y sistemática de los fenómenos de ferorresonancia en paralelo<sup>4</sup>. Entre sus logros cabría citar la rectificación del circuito disparador de Eckles-Jordan y la consideración, dentro de estos fenómenos ferorresonantes, de las histéresis del material constituyente del núcleo de la bobina.

La labor de este equipo se prolonga prácticamente a lo largo de toda la época, bien sea a través de la labor desarrollada por el propio Santesmases y col. en el Instituto de Electricidad y Automática del CSIC, o bien a través de sus discípulos. Este sería el caso de J.L. Lloret en Valencia, cuyo equipo se centra en la obtención de unidades no-lineales para calculadoras de tipo analógico y en el diseño de convertidores analógico-digitales. Con todo ello, el camino hacia las investigaciones de automatización y ordenadores quedaba ya dibujado.

En la línea de Instrumentación Electrónica, a nivel de equipos permanentes de trabajo, destacaríamos el de A. Tanarro, R. Segovia y col.

en la JEN, sobre parcelas concretas de la instrumentación electrónica nuclear (circuitos de coincidencias y anticoincidencias, analizadores monocanales transistorizados y medidores de frecuencias de impulsos aperódicos, entre otros) y también en el diseño y optimización de los sistemas de seguridad de reactores nucleares.

Por lo que respecta a la línea de Propiedades Eléctricas y Magnéticas del Estado Sólido, que estaba aún en fase de consolidación al final del período estudiado, señalaremos la labor de tres equipos, el de la Universidad de Navarra (González Ibeas y col.), sobre fenómenos de conmutación en cristales ferroeléctricos y retardos anómalos en la imanación de los mismos, el del CIF (Jiménez, Maurer y col.), sobre la influencia de las impurezas reticulares en la conmutación y ciclo de histéresis de cristales ferroeléctricos y sobre fenómenos de inversión de la polarización, y el de la Autónoma de Madrid (Trueba, Hernando y col.) que estudian la dinámica de la pared de Bloch en "whirskers" de hierro.

### 2.3. *Cristalografía y Física de Sólidos*

Las investigaciones de este área pueden dividirse en tres grandes líneas de trabajo, la de Determinación de Estructuras Cristalinas (42 art; 27 %), la de Métodos de investigación de la materia cristalina (61, 39,1 %) y la de Propiedades del Estado Sólido (53, 33,9 %). De ellas, las dos primeras (ver tabla 4) han sido las dominantes durante los años cuarenta y cincuenta, coincidiendo el inicio de los sesenta con la entrada en escena del Estado Sólido, que al final de la época pasa a ser ya la línea más relevante.

Las investigaciones sobre Determinación de Estructuras Cristalinas, han tenido un cariz o esencialmente descriptivo y sistemático, tendente, a aportar datos sobre la ordenación cristalográfica de diversos compuestos orgánicos e inorgánicos. Dentro de ellas cabe citar dos equipos, el del Instituto A. Santa Cruz (Rivoir, García Blanco y col.) y el de la Universidad de Sevilla (Brú, Rodríguez y col.). Las técnicas de Patterson y Buerger han sido las más utilizadas en este terreno, aunque de manera más o menos puntual se haya podido recurrir a otras como los diagramas de Debye.

Los contenidos de la línea de Métodos de Investigación han sido, como es natural, complementarios a los de la anterior. El equipo más destacado ha sido, sin duda, el de L. Brú en la Universidad de Sevilla que aporta dos bloques de investigaciones sobre analogías formales, uno, entre la difracción de rayos X y la difracción de la luz, utilizándose para ello los métodos de Fourier y de Bragg (rectificado). El segundo bloque hace referencia al estudio de la analogía difracción luz-difracción electrones por moléculas gaseosas, mediante la proyección del haz luminoso sobre un conjunto de rendijas con área y periodicidad adecuadas, (el llamado método Fly's eyes). También aporta este equipo algunas investigaciones instrumentales (fotosumador de Eller) y metodológicas (optimización de las técnicas de Patterson).

Por su parte, la línea de Propiedades del Estado Sólido, si bien es la dominante al final de la época, no alcanza en sus investigaciones un buen grado de coherencia y homogeneidad a nivel temático. Así cabe citar a distintos equipos de trabajo. En la JEN, Agulló López y col., estudian la dinámica y anomalías de la estructura de las sales haloideas. En Sevilla, Brú ofrece aportaciones sobre el estudio de la membrana de los alpechines (de claro interés industrial), así como sobre el fenómeno de la epitaxia de sales de plata. Cerrando esta relación los trabajos sobre emulsiones fotográficas de Casanova y Saja (Univ. Valladolid), de posible aplicación en investigaciones y fotocorpusculares y los de Terol y M.J. Otero sobre luminiscencia y fluorescencia.

#### 2.4. *Física Nuclear*

Dentro de este área de investigación, la más prolífica de todas, según tuvimos ocasión de ver, hay que distinguir tres líneas bien diferenciadas, la de Física Fotocorpuscular (154 art; 55,6 %), sin duda alguna la más significativa a todos los niveles, y las de Física Corpuscular con técnicas no fotográficas (48; 17,3 %) y Física Nuclear Técnica y Aplicada (75; 27,1 %).

La evolución cronológica de las líneas (ver tabla 5), nos hace ver claramente que el área en su conjunto apenas tuvo relevancia hasta el inicio de los años cincuenta, siendo a partir de ahí la línea de Fotocor-

puscular la que se erige en clara protagonista, sólo en la década final bajará levemente e irrumpirá la de técnicas no fotográficas. Por su parte la Física Nuclear Técnica y Aplicada presenta una evolución más irregular, destacando a principios de los sesenta.

El peso fundamental de las investigaciones en la línea de Fotocorpuscular ha sido llevado por el equipo dirigido en el IFIC de la Universidad de Valencia por J. Catalá (autor más prolífico de la época estudiada según los *Anales*). Entre sus componentes más destacados y citaríamos a F. Senet, J. Aguilar, E. Villar, J. Casanova, A. García, J. Rubia y F. Tejerina<sup>5</sup>.

Temáticamente, cabe distinguir en la línea cinco direcciones de trabajo, de las cuales apenas si daremos un breve apunte. La primera hace referencia al estudio de reacciones nucleares particulares de forma monográfica, aunque han sido varias las estudiadas destacamos las de  $C^{12}$  (d,p)  $G^{13}$  y  $Li^7$  (d,n)  $Be^8$ , constituyendo la explicitación de algunos niveles energéticos de este último elemento el primer trabajo con que el equipo del IFIC alcanza cierta relevancia internacional.

La segunda dirección quedaría conformada por los procesos de "scattering", tanto los de partículas alfa por tetrafluoruro de carbono como los de  $He^3$  por neon, las cuales forman parte de un programa conjunto centralizado en Birmingham al que es invitado a participar el equipo español. El estudio es llevado a cabo, bajo ambas perspectivas, para un total de unas veinte reacciones. Destaca, asimismo, la colaboración con el Dpto. de Física Teórica de Valencia para la contrastación de los modelos Inopin-Ericson, Honda-Kudo-Vi y Franz-Venter.

La tercera dirección de trabajo sería el estudio de reacciones de fragmentación producidas en las interacciones con partículas de alta energía. En estas investigaciones, realizadas preferentemente en el próton-sincrotrón del CERN, se obtiene el resonante éxito de la evidenciación del núcleo de  $He^6$ .

La cuarta dirección, cronológicamente anterior a otras ya citadas, sería la del estudio de la trifisión del uranio, en la que más que los resultados obtenidos llama la atención de procedimientos técnicos desplegados para conseguir el aumento en la probabilidad de detección de tan raro suceso.



La quinta dirección haría referencia al estudio de procesos nucleares mediante cámaras de burbujas. En ellas, junto al equipo del IFIC, habría que destacar también el Grupo de Altas Energías de la JEN. Se estudia la naturaleza de las interacciones neutrino-antineutrino, intentando evidenciar el bosón intermedio, y la interacción protón-antiprotón.

Pasando ya a la línea de Física Corpuscular mediante técnicas no fotográficas, ésta contiene, como principal dirección de trabajo, el análisis de procesos nucleares mediante la espectroscopía "gamma", campo en el que han destacado dos equipos, el de la JEN (R. Gaeta y col.), que trabaja en torno a las posibilidades de aplicación de los contadores de semiconductor en las espectroscopías "alfa" y "gamma", aparte de en la elaboración concreta de espectros de elementos transuránicos, y el equipo de la Autónoma de Madrid (Campos y col.), que centra su atención en el método de coincidencias "gamma-gamma" con detectores de INa (TI), aportando el método de coincidencias retardadas.

Por último, tenemos la línea de Física Nuclear Técnica y Aplicada, en la que, junto a varios artículos dispersos, se aprecian tres direcciones coherentes de trabajo, la mensuración de densidades neutrónicas (mediante sondas y cámaras de fisión en miniatura), estudios sobre reactores nucleares artificiales (reactores subcríticos uranio-agua y diversos reactores de la JEN y otros centros) y estudios sobre analogías entre reactores naturales y artificiales.

## 2.5. *Química-Física*

Las investigaciones de este área pueden catalogarse en tres líneas bien diferenciadas, la de Electromagnetoquímica (52 art; 28,9 %), la de Termoquímica (también 52; 28,9 %) y la de Química Cuántica (76; 42,4 %). La evolución quinquenal de las mismas (ver tabla 6) ha estado perfectamente secuenciada, pues durante los quince primeros años de postguerra dominó la Electromagnetoquímica, desde el inicio de los cincuenta hasta mediados de los sesenta lo hizo la Química Cuántica y desde ahí hasta el final la Termoquímica.

En la línea de Electromagnetoquímica las investigaciones se nos presentan bajo la tónica de una fuerte dispersión, tanto a nivel de temas como de autores. Aunque no de forma exclusiva, entre éstos destacaríamos a A. Ríus, L. Brú, C. Gómez Herrera, J. Palacios y J.M. Alameda, en tanto que los principales temas de trabajo fueron, el estudio de los electrodos con vena de mercurio, la formación de potenciales de metales en contacto con disoluciones de sales de otro metal distinto, la adsorción de iones como origen de potenciales, el diseño y construcción de nuevas balanzas para determinaciones magnetoquímicas y, ya al final de la época, la formulación de teorías electrónicas sobre catálisis.

La línea de Termoquímica ha sido desarrollada, de forma dominante, por el equipo de M. Díaz Peña. Dos han sido las principales direcciones de trabajo de este equipo, el estudio termodinámico de los procesos de mezcla (con profuso manejo de las funciones de exceso) y la elaboración de una teoría molecular del estado líquido (mediante el desarrollo de una aproximación a la teoría de celdas con hueco).

Pasando ya a la línea más potente, la de Química Cuántica, dentro de ella cabe distinguir dos temas generales de investigación, el de espectroscopía molecular y el de elaboración de modelos cuántico-moleculares. En el primero de ellos no pueden dejar de citarse los trabajos de J. Morcillo, J. Fernández Biarge y J. Herranz sobre un interesante método de información espectral basado en la evaluación de la intensidad fotométrica de las bandas de vibración-rotación, la cual relaciona posteriormente con diversas magnitudes, aportándose asimismo, una amplia gama de espectros concretos por parte de diversos autores.

En lo referente al otro tema general de trabajo, la elaboración de modelos cuántico-moleculares, señalaremos la actuación de tres equipos, en Valladolid (S. Senent, F. Senent y M. Aguilar), en Madrid (Y.G. Guillemin) y en colaboración Instituto Sarriá-Universidad de Alberta (R. Carbó, S. Fraga). El primero 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, a la vez que se dan varias aplicaciones del mismo. El tercero centra su atención, principalmente, en el estudio estructural de moléculas poliatómicas de has-

ta ocho átomos mediante el método AVE-CI-SCF, determinando, en cada caso, la afinidad electrónica, el potencial de ionización y los estados excitados.

## 2.6. Física Teórica

De las dos líneas que hemos distinguido dentro de este área, partículas Elementales (67 art; 54 %) y Mecánica Teórica (57; 46 %), en realidad sólo la primera de ellas puede considerarse como un cuerpo coherente de investigación sólidamente establecido. La segunda recoge diversos temas de investigación, unos más afirmados que otros, que o bien estaban surgiendo o bien eran incursiones esporádicas de autores de la primera línea. La evolución quinquenal (tabla 7), aporta, como principal información, el hecho de que la Física Teórica en su conjunto es un área de muy tardío desarrollo.

Aunque la diferencia entre ellas no sea precisamente muy acusada, dentro de la línea de Partículas Elementales hemos distinguido, a nivel temático, dos direcciones concretas de investigación, la Teoría Cuántica de Campos y la Física Nuclear Teórica. La primera de ellas ha tenido en L.M. Garrido, P. Pascual y A. Galindo a sus máximas figuras. El tema principalmente trabajado en este terreno ha sido el de la representación matemática 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 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, en tanto que, por otro lado, se detectan algunas investigaciones de corte más operativo, como serían el desarrollo en el tiempo de los campos de interacción de nucleones 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. Sánchez-Gómez y A. Tiemblo, las investigaciones toman una dirección

múltiple, trabajándose principalmente en cuatro apartados. El primero sería el “decay” de mesones, con el manejo de diferentes técnicas (modelo de “loop” con quark y álgebra de corrientes) y normalmente centrado en el problema del cálculo de anchuras de desintegración. El segundo apartado es el de “scattering”, con una vertiente metodológica (interpretación de procesos mediante las teorías cuánticas de colisión y dispersión nucleares) y operativa (cálculo de amplitudes y secciones eficaces totales en proceso de difusión pión-nucleón y pión-pión). El tercer apartado es el de procesos de captura, inicialmente abordado mediante la especialización de la teoría general de ritmos al caso de estados descritos por el modelo de Nilsson. El cuarto apartado es el de la fotoproducción de piones, fenómeno básicamente estudiado para el  $\text{He}^3$ , evaluando la sección eficaz diferencial e introduciendo términos relativistas para tomar en consideración el movimiento intranuclear de los nucleones.

Por lo que respecta a la otra línea de investigación, la de Mecánica Teórica, nos limitaremos a citar las direcciones concretas de trabajo en que cabe subdividirla. Estas serían la Mecánica Racional, con investigaciones sobre aspectos generales de mecánica analítica y analogías cuántico-newtonianas, la Mecánica Cuántica, con estudios sobre el método de Hartree-Fock, teoría de perturbaciones (para niveles no degenerados) y correcciones relativistas a la teoría de Schrödinger, la Mecánica Estadística, que es el tema más trabajado y con mejores perspectivas al final de la época, en la que se investiga, de forma genérica, en procesos de transporte, abordándose la evaluación de coeficientes y la deducción de ecuaciones de evolución, y finalmente, la Mecánica Relativista, con las críticas a la teoría restringida einsteniana de Palacios y Olinychenko.

## 2.7. Otras áreas

Haremos en este último apartado una muy breve referencia a las dos áreas minoritarias más características, las de Espectroscopía y Termología, la primera adquiere cierta relevancia entre 1940 y 1960, bajando bastante su significación a partir de ahí, justo todo lo contrario que la Termología (tabla 8).

Sobre la Espectroscopía habría que matizar dos períodos bien diferenciados, uno, los años cuarenta, en el que destacan las investigaciones de M. López Azcona y F. Poggio, las cuales se dirigen básicamente al estudio de diversas técnicas instrumentales de aplicación en espectroquímica. El otro período, correspondiente a la década de los cincuenta y bastante más interesante, tiene su origen en la reincorporación de Catalán a su cátedra. La acción de su equipo de trabajo se centra, tanto en la elaboración de una amplia gama de espectros concretos para elementos de los grupos de hierro, paladio y manganeso, como en el estudio de la variación del factor de Landé y la interpretación de multipletes en el caso de la interacción fuerte de Pashen-Brack. Desgraciadamente, tras la desaparición de Catalán la labor del equipo parece eclipsarse notablemente.

Por lo que respecta a la Terminología, cabe destacar la labor desplegada por dos equipos, ambos a partir de 1960. El dirigido por J. Aguilar en Madrid, que presenta, como nota más significativa, una interesante serie de artículos sobre simulaciones analógicas de procesos térmicos, y el de la Universidad de Zaragoza, con J.M. Savirón como principal firmante, sobre columnas de difusión térmica y su aplicación a la separación de isótopos.

### 3 Valoración conjunta y conclusiones

Cuando en anteriores publicaciones hemos expuesto nuestras conclusiones derivadas del análisis bibliométrico de los artículos de Física publicados en *Anales* entre 1940 y 1975<sup>6</sup>, hemos establecido, como conclusión más general, la delimitación de tres etapas bien diferenciadas.

La primera, correspondiente al período de postguerra (1940-1955), se caracterizaba por una importante ruptura con la tradición investigadora de los años treinta (tanto en autores, como en áreas temáticas y áreas de influencia geográfico-idiomática), y por un notable empeoramiento de los indicadores bibliométricos de calidad. La segunda, que se corresponde con el período (1955-1965), era de recuperación y renovación, pues a lo largo de la misma cuajaban equipos de trabajo importantes (al margen de los ya establecidos en postguerra) y los indica-

dores de calidad, tras el largo paréntesis de los años cuarenta, volvían por fin a recuperar las cotas que alcanzaron en los años treinta. La tercera, correspondiente a la década final (1965-1975), era de gran crecimiento productivo y de estabilización en los valores alcanzados por los indicadores de calidad.

Es también de destacar que a lo largo de toda la época estudiada los indicadores bibliométricos de institucionalización presentaban, globalmente, unos valores muy aceptables, en especial en el período central de los tres que hemos distinguido. En otro orden de cosas, hacemos notar el hecho de que las tres etapas señaladas se corresponden, asimismo, con las tres etapas más características del régimen franquista: autarquía-totalitarismo, estabilización-reconocimiento exterior y planificación indicativa-tecnocratismo.

Pues bien, tras haber realizado en el presente artículo una exposición sistemática (aunque resumida) de los contenidos temáticos de los artículos de Física, si nos olvidamos de la matización por áreas y reflexionamos sobre el conjunto de lo realizado entre 1940 y 1975, observamos claramente que esas tres etapas antes reseñadas se han correspondido con importantes renovaciones en la orientación de los contenidos temáticos, a la vez que podemos aportar nuevos elementos para la caracterización de dichas etapas.

Primeramente, es de señalar que la sensación de ruptura entre las épocas de preguerra y postguerra que se perfilaba con los datos bibliométricos, queda plenamente confirmada en el ámbito temático. Así, hemos comprobado que las investigaciones punteras sobre las propiedades magnéticas de la materia llevadas a cabo por Cabrera durante los años treinta, son totalmente abandonadas tras la guerra civil, pues las investigaciones del equipo de García Santesmases en los años cuarenta, aunque dignas, no enlazaron con las de Cabrera. Las de Catalán y su equipo, en Espectroscopía, sufren un fuerte impacto negativo, del que nunca llegan a recuperarse del todo. Por contra, la línea de investigación más sólida de la postguerra, es la de Óptica Geométrica, tema de investigación ya un tanto periclitado en esos años y sin antecedentes en los *Anales*. El balance comparativo no admite dudas, como tampoco parece admitirlas el hecho, que hemos puesto de manifiesto en ocasiones anteriores<sup>7</sup>, de que las motivaciones ideológicas influyeron decisivamente en este proceso.

El único tema en el que sí se aprecia una continuidad tras el conflicto bélico es el de Cristalografía. Este tema, que surge a partir de la labor desplegada por la Cátedra Cajal<sup>8</sup>, tuvo su máxima figura de los años treinta en J. Palacios. Durante los años cuarenta será un discípulo de Palacios, L. Brú, quien catalice el conjunto de las investigaciones cristalógraficas, en el seno de las cuales el propio Palacios, aunque pierde protagonismo, mantiene aún unos niveles de influencia no despreciables<sup>9</sup>.

La guerra civil conllevó entonces la liquidación de la mayor parte de las escuelas investigativas que tras un largo proceso de gestación durante el primer tercio del siglo, funcionaban a pleno rendimiento y con un prestigio internacional reconocido en la época de preguerra. La fuerte pérdida de calidad detectada bibliométricamente, encuentra aquí su explicación, a la vez que la situación que hemos dibujado, actúa como un rotundo desmentido a las grandilocuentes declaraciones oficiales, y científico-institucionales, que tanto se prodigaron durante la etapa autárquica del franquismo en relación con la puesta en marcha de las principales instituciones científicas una vez superada la guerra.

La tendencia va a cambiar durante la que hemos considerado como segunda etapa, 1955-65, pues ese giro positivo que en su día apreciábamos en lo bibliométrico viene aparejado a una importante renovación temática. De esta forma, hemos tenido ocasión de ver cómo a partir de 1955 se asiste a la implantación y rapidísimo desarrollo de un área de investigación como la Física Nuclear, mucho más actualizada y novedosa que las cultivadas en postguerra. Concomitantemente, destaca la recuperación parcial de la Espectroscopía, la consolidación de las líneas de Electrónica y Automática, la entrada en escena de las investigaciones químico-cuánticas y el giro interno que se aprecia en las investigaciones cristalógraficas, donde la línea estructural-descriptiva pierde entidad en beneficio de la metodológico-instrumental, con ello, se sentaban las bases para las futuras investigaciones de Estado Sólido.

Parece entonces claro que el amortiguamiento de las tendencias autárquicas del régimen franquista, y en paralelo proceso de reconocimiento internacional del mismo, trajo un mayor contacto entre los investigadores españoles y extranjeros. Ello posibilitó el tratamiento de unos temas más actualizados (a juzgar por nuestro análisis temático) y un nuevo estilo de trabajo en la labor científico-investigativa (sólida mejoría de los indicadores bibliométricos).

En la parte negativa hemos de citar la escasa conexión que se aprecia entre las necesidades nacionales y las líneas de investigación, si bien esta crítica es también aplicable a la etapa de postguerra. Así, es sintomático ver que impera la investigación en Óptica Geométrica justo en los años en los que la demanda de la misma por parte de las potencias del Eje era máxima, y también lo es que al cambiar en los años cincuenta la orientación internacional del régimen franquista la investigación se centre en temas, como la Física Fotocorpuscular o la Electrónica básica de computadoras, en los que nuestro país ni tenía ni podía tener a corto ni medio plazo una infraestructura tecnológica sólida. La dependencia del extranjero que se dio en el desarrollo de estos dos temas de investigación, fue claramente reflejada en la descripción de las investigaciones por áreas.

La situación vuelve a cambiar, y apreciamos asimismo una nueva coincidencia entre las perspectivas bibliométricas y temática, al inicio de la tercera etapa (1965-1975). Hemos probado en el análisis temático que el fuerte crecimiento productivo de esta década final puede asociarse con una diversificación temática sin precedentes, baste sino recordar que era precisamente en esos años cuando se consolidaba la Física Teórica de partículas y surgía la línea de Física Estadística, hacía su aparición la investigación en Estado Sólido (simultáneamente en Cristalografía y en Electricidad-Magnetismo), en Químico-física tomaban cuerpo la línea de Catálisis y Termo-química, en Fotocorpuscular comenzaba a investigarse mediante cámaras de burbujas e irrumpía con fuerza una nueva área, la de Termología.

La razón de esta notable diversificación y multiplicación temática habría que buscarla en el cambio que se aprecia en la procedencia institucional de los artículos. El análisis bibliométrico puso en su momento de manifiesto que a partir de los años sesenta el CSIC deja de ser la institución clave, para pasar a serlo la Universidad, la cual, con su atomizada organización departamental, provoca la diáspora apreciada en los contenidos. Los defectos de que esta organización ha adolecido, que obvia por sobradamente conocidos, han actuado como tampón a la hora de intentar entroncar esa importante renovación final de las líneas de investigación en un contexto general que hubiera permitido incardinar la investigación científica con el desarrollo tecnológico y cultural del país. Un estudio monográfico de cada una de las grandes áreas de investigación, que dejemos para futuras ocasiones, permitiría matizar adecuadamente esta cuestión.



## NOTAS

1 Ver, López Fernández (1986), López Fernández y col. (1984), López Fernández-Valera (1983) y Maset-Valera-López Fernández (1981).

2 Se trata de las áreas de Matemáticas (19 art., 1,4 %), Mecánica Física (12, 0,9 %), Ensayo de Materiales (10; 0,8 %), Análisis dimensional (8; 0,6 %), Magnetohidrodinámica y Física de Plasmas (6; 0,5 %), Meteorología (6; 0,5 %), Historia de la Ciencia (3; 0,2 %) y Geofísica (2; 0,1 %).

3 Ver especialmente López Fernández-Valera (1983) y Maset-Valera-López Fernández (1981).

4 Estas investigaciones son subvencionadas por el E.O.A.R.D., Oficina de investigación en Europa de la U.S. Air Force. Aquí se tiene uno de los frutos de las gestiones realizadas por Von Karman durante los años cuarenta, a instancias de E. Terradas, para favorecer las investigaciones científico-tecnológicas españolas. Ver Roca-Sánchez Rón (1983).

5 Este equipo surge a raíz de la estancia de J. Catalá en Bristol a principios de los años cincuenta, donde trabaja con Gibson. Si bien las investigaciones Fotocorpusculares estaban sólidamente establecidas a nivel internacional años atrás, la mayor parte de las mismas se basaban en los datos experimentales provenientes de la radiación cósmica. Catalá trae entonces a España una técnica relativamente novedosa en esos años, la de obtener datos experimentales en emulsiones fotográficas bombardeadas con partículas, si bien dichos datos eran necesariamente obtenidos en aceleradores de partículas extranjeros y aquí se limitaban a medirlos, procesarlos e interpretarlos.

6 *Ibid*, nota 1.

7 Ver, especialmente, López Fernández (1986) y Maset-Valera-López Fernández (1981).

8 El inicio de las investigaciones sobre Radiaciones en nuestro país tiene su origen en la estancia, bajo los auspicios de la Cátedra Cajal, del eminente científico alemán P. Scherrer, quien incluso después de la guerra se asoma esporádicamente a los Anales.

9 Basamos esta afirmación en el hecho de que si bien no aparecen artículos de Cristalografía firmados por Palacios a partir de la guerra civil, es muy frecuente encontrar en el los agradecimientos a él por la sugerencia del tema o la lectura crítica del original.

## BIBLIOGRAFIA

Abreviatura: *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química* (ARSEFQ)

LOPEZ FERNANDEZ, C.; VALERA CANDEL, M. (1983): Estudio bibliométrico-multivariante de los artículos de Física publicados en los *ARSEFQ* durante el periodo franquista (1940-1975). *Llull*, 6, 37-56.

LOPEZ FERNANDEZ, C.; VALERA CANDEL, M.; INIESTA RODRIGUEZ, M.A.; MARSET CAMPOS, P. (1984): Aproximación al análisis bibliométrico de la producción española en Física durante el franquismo, a través de los *ARSEFQ*. *Actas del II Congreso de la S.E.H.C.*, 3 171-186.

LOPEZ FERNANDEZ, C. (1986): La producción española en Física durante el período (1940-1975) a través de los *ARSEFQ*. Tesis de Doctorado, Zaragoza.

LOPEZ FERNANDEZ, C. (1986 b): Instituciones científicas e ideología en la España de 1940 a 1955. Actas de Simposio sobre cincuenta anys de Ciencia i Técnica a Catalunya, Barcelona, 1984, (en prensa).

MARSET CAMPOS, P.; VALERA CANDEL, M.; LOPEZ FERNANDEZ, C. (1981): Repercusiones de la guerra civil española (1936-1939) en la producción científica en Física a través de los *ARSEFQ*. *Dynamis*, 1, 179-202.

ROCA ROSELL, A.; SANCHEZ RON, J.M. (1983): La vuelta de Esteban Terradas a España *Llull*, 6, 105-142.

VALERA, M. (1982): La producción española en Física durante el período (1903-1937) a través de los *ARSEFQ*. Tesis de Doctorado, Murcia.

VALERA, M. (1982): La Física española durante el primer tercio del siglo XX. Un estudio de los artículos de Física publicados en los *ARSEFQ*. *Llull*, 5, 149-174.

*Tabla 1:* Evolución quinquenal del número de artículos correspondientes a cada una de las grandes áreas de investigación.

Quinquenio	OPT	FN	FT	EM	QF	CFS	OTR
1940-44	32	2	1	16	9	5	29
1945-49	55	5	1	18	29	11	25
1950-54	44	23	3	24	14	44	21
1955-59	31	29	11	15	15	25	24
1960-64	26	60	17	25	16	12	22
1965-69	4	63	42	36	39	24	26
1970-75	4	96	49	75	58	34	35
Totales	196	278	124	209	180	155	182

OPT : Óptica.  
 FN : Física Nuclear.  
 FT : Física Teórica.  
 EM : Electricidad-Magnetismo.  
 QM : Química-Física.  
 CFS : Cristalografía y Física de los Sólidos.  
 OTR : Otras.

*Tabla 2:* Evolución quinquenal del número de artículos por línea temática en el área de Óptica.

Quinquenio	OG	OFL	OT	OFS
1940-44	10	12	9	1
1945-49	24	8	18	5
1950-54	18	18	6	2
1955-59	6	9	7	9
1960-64	4	10	3	9
1965-69	3	0	1	0
1970-75	0	0	1	3
Totales	65	57	45	29

OG : Óptica Geométrica  
 OFL : Óptica Fisiológica.  
 OT : Óptica Tecnológica.  
 OFS : Óptica Física.

**Tabla 3:** Evolución quinquenal del número de artículos por línea temática en el área de Electricidad y Magnetismo.

Quinquenio	AE	IE	PEMES	AVR
1940-44	9	1	1	8
1945-49	6	7	0	5
1950-54	4	10	0	10
1955-59	10	2	1	2
1960-64	3	15	5	2
1965-69	10	11	8	7
1970-75	36	7	28	4
Totales	78	53	43	38

AE : Automática y Electrónica.

IE : Instrumentación Electrónica.

PEMES : Propiedades Eléctricas y Magnéticas del Estado Sólido.

AVR : Aspectos Diversos.

**Tabla 4:** Evolución quinquenal del número de artículos por línea temática en el área de Cristalografía y Física de los Sólidos.

Quinquenio	DEC	MI	PES
1940-44	1	4	0
1945-49	6	5	0
1950-54	8	35	1
1955-59	9	10	6
1960-64	3	2	7
1965-69	4	2	18
1970-75	11	2	21
Totales	42	60	53

DEC : Determinación de Estructuras Cristalinas.

MI : Métodos de Investigación de la Materia Cristalina.

PES : Propiedades del Estado Sólido.

**Tabla 5:** Evolución quinquenal del número de artículos por línea temática en el área de Física Nuclear

Quinquenio	FF	FCTNF	FNTA
1940-44	0	0	2
1945-49	0	1	4
1950-54	15	2	6
1955-59	26	1	2
1960-64	34	2	24
1965-69	35	14	14
1970-75	44	28	23
Totales	154	48	75

FF : Física Fotocorpuscular.

FCTNF : Física Corpuscular con Técnicas no Fotográficas.

FNTA : Física Nuclear Técnica y Aplicada.

**Tabla 6:** Evolución quinquenal del número de artículos para cada una de las líneas temáticas del área de Química/Física.

Quinquenio	EMQ	QC	TQ
1940-44	4	1	4
1945-49	21	2	6
1950-54	6	8	0
1955-59	6	9	0
1960-64	0	13	3
1965-69	5	16	18
1970-75	10	27	21
Totales	52	76	52

EMQ : Electro-magneto-química.

QC : Química Cuántica.

TQ : Termoquímica.

*Tabla 7:* Evolución quinquenal del número de artículos por línea temática en el área de Física Teórica.

Quinquenio	PE	MT
1940-44	1	0
1945-49	0	1
1950-54	0	3
1955-59	6	5
1960-64	3	14
1965-69	25	17
1970-75	32	17
Totales	67	57

PE : Partículas Elementales.

MT : Mecánica Teórica.

*Tabla 8:* Evolución quinquenal del número de artículos correspondientes a las áreas temáticas de Espectroscopia y Termología.

Quinquenio	Espectr.	Termol.
1940-44	12	7
1945-49	9	1
1950-54	19	2
1955-59	15	0
1960-64	8	4
1965-69	3	18
1970-75	0	20