

LA FÍSICA EN ESPAÑA DURANTE EL PRIMER TERCIO DEL SIGLO XX

M. VALERA

Departamento de Historia de la Medicina
Facultad de Medicina. Murcia.

RESUMEN

En el presente artículo se ofrece un análisis de la evolución habida en la producción científica en física en España durante el primer tercio del presente siglo, a través del estudio de los artículos de física publicados en los Anales de la Sociedad Española de Física y Química desde un punto de vista bibliométrico: evolución del número de artículos, distribución de artículos por autor, identificación de los grandes productores, delimitación de las áreas generales de investigación y evolución del trabajo en equipo.

Del análisis efectuado se desprende que, en líneas generales, tiene lugar un progresivo desarrollo y consolidación de la investigación española en física, produciéndose un aumento en el número de artículos publicado, destacando en

ABSTRACT

In the present work we offer an analysis of the evolution of scientific productivity in Physics in Spain for the first thirty years of the XXth century, through study of the physics articles published by the Anales de la Sociedad Española de Física y Química from a bibliometrical viewpoint: number of them, distribution by authors, authorship, subjects of research and the team of scientific production.

We conclude from the study the fact that research in Physics in Spain is consolidated, with the increasing number of articles, and with leading scientists as Cabrera, Palacios and Catalán, and with the formation of teams of scientific work, mainly in Radiations, Spectroscopy and Electricity and Magnetism.

cuanto a productividad las figuras de Cabrera, Palacios y Catalán, así como la conformación de trabajo en equipo, especialmente en los temas de Radiaciones, Espectroscopía y Electricidad y Magnetismo.

Palabras clave: Historia, Física, España, Siglo XX, Bibliometría.

1. Introducción

Las profundas modificaciones experimentadas por las ciencias físicas durante el primer tercio del presente siglo, que afectan tanto a su fundamentación teórica y conceptual como a la organización de su actividad práctica, convierten esta ciencia en una de las más controvertidas de la época.

El conjunto de descubrimientos experimentales y de formulaciones teóricas realizados, aproximadamente, en el transcurso de los primeros treinta años de nuestro siglo, condujo al establecimiento de las ideas básicas sobre el mundo físico, abriendo el camino a las nuevas y fecundas interpretaciones teóricas que constituyen, hasta hoy día, la base fundamental de la física contemporánea. Pero al tiempo que se realizaban estos sustanciales cambios teóricos y conceptuales, también se producía un cambio en su modo de elaboración práctica, con la introducción de las técnicas y de la organización industriales a gran escala: grandes laboratorios en los que trabajan numerosos investigadores, especialización cada vez mayor del trabajo científico, acotación de parcelas diversas de investigación, con pérdida de la visión global de los proyectos, etc.¹

Simultáneamente, se asiste en España, desde el punto de vista cultural, a uno de los períodos de mayor creatividad y significación de su reciente historia, buena prueba de lo cual lo constituye el calificativo de "edad de plata" con que algunos autores han caracterizado esta época². Sin embargo, es evidente que mientras en algunas áreas culturales es extenso el número de trabajos dedicados al estudio de este período, en lo que se refiere a la investigación sobre la actividad científica española el resul-

tado está muy lejos de ser medianamente satisfactorio, pues salvo en algunas áreas muy concretas, como la Medicina (en gran medida debido a la importantísima personalidad de Cajal), en las restantes áreas científicas apenas se puede encontrar algún trabajo de investigación sobre dicho período³. Pensamos por ello, que un estudio sobre la investigación realizada en física en la España de esa época puede constituir una interesante aportación para la justa valoración de nuestro pasado cultural más reciente.

Dentro del campo del análisis de la actividad desarrollada por cualquier comunidad científica, el estudio de su producción escrita a través de revistas especializadas, junto al de las instituciones en que se agrupan los miembros de la comunidad, constituye el primero de los acercamientos posibles y, sin duda, el más necesario a la hora de comenzar su estudio, que es, justamente, lo que sucede en nuestro caso. Además, una de las características fundamentales en orden al asentamiento de cualquier comunidad científica consiste en lograr un medio de expresión propio y exclusivo, el cual se constituye en el fiel reflejo del grupo de científicos que con su actividad contribuye a su mantenimiento y difusión. Por consiguiente, a través del estudio de tal instrumento de expresión, es posible analizar tanto la trayectoria científica de los distintos protagonistas que participan en su realización como los temas que son abordados con mayor interés y la competencia científica con que ello se realiza.

Por todo ello, hemos concretado nuestro objeto de estudio a los artículos de Física publicados en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* desde el momento de su creación, en 1903, hasta 1937, año en que la revista deja de publicarse, no reapareciendo hasta el término de la guerra civil. La concreción de nuestro trabajo a los *Anales* se debe a que, en la época considerada, constituye prácticamente la única revista a través de la que se pueda seguir de un modo completo la realidad de la investigación viva practicada cotidianamente en España⁴, e incluye, además, una cantidad de artículos muy superior a la de cualquier otra revista científica del mismo período⁵. Por tanto, su estudio es suficiente para obtener una visión global sobre la investigación practicada en nuestro país en el campo de la física en el primer tercio de siglo, que constituye el objetivo del presente trabajo.

2. Fuentes bibliográficas y metodología

Lógicamente la fuente básica de datos ha sido los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*, de donde hemos extraído todos los datos referentes a los artículos de Física publicados en los volúmenes 1 a 35, así como otros datos adicionales de interés para completar nuestro estudio. Pero además de esta revista hemos utilizado otras fuentes, como las *Memorias de la Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, la *Revista, Boletín y Anuarios de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, la *Revista de la Academia de Ciencias de Zaragoza*, los volúmenes correspondientes a la *Sección de Ciencias Físico-Químicas* de los Congresos de la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias, la revista *Las Ciencias* editada por esta última asociación, las *Memorias de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas*, publicaciones estadísticas correspondientes a la época (Anuarios, Resúmenes Estadísticos, etc.), así como material diverso contenido en publicaciones de aspecto divulgativo, discursos científicos, biografías, notas necrológicas, libros, etc.

Todo este extenso material nos ha permitido abordar el estudio, tanto de los aspectos más generales de desarrollo de la Sociedad Española de Física y Química⁶, como el más específico de la producción habida en física y publicada en los *Anales*, que mostramos en el presente artículo.

El método que seguimos consiste, básicamente, en someter a un riguroso y exhaustivo análisis los datos procedentes de los artículos considerados mediante las técnicas bibliométricas adecuadas a cada caso, centrándonos fundamentalmente en los aspectos siguientes:

- 1 Evolución de la producción anual y por quinquenios⁷ de los artículos de física y su distribución por áreas temáticas.
- 2 Evolución de la tendencia al trabajo en equipo y su incidencia en las diferentes áreas temáticas, a través del estudio del número de firmas de los artículos considerados.
- 3 Centros de trabajo en que son realizados los artículos con objeto de delimitar los de mayor producción y su significación institucional en el desarrollo de la Física en nuestro país durante el período que nos ocupa.

4 Análisis de los autores de los trabajos considerados, su relación con respecto a los artículos, su productividad, la adecuación o no de la distribución de autores-artículos al modelo de Lotka y la adscripción de los autores más productivos a las distintas áreas temáticas.

3. Resultados

3.1. Producción de artículos

El total de artículos de física publicados en los *Anales* entre 1903 y 1937 es de 426, lo que supone un promedio de 12,2 artículos por año. A través de la evolución anual y quinquenal (Tablas 1 y 2, Gráficas 1 y 2) se pueden apreciar tres momentos de diferente productividad: tras una breve etapa que corresponde a los tres primeros años de edición de los *Anales* en la que se publican 68 trabajos, con un promedio de 23 artículos por año, se abre un extenso período que se prolonga hasta 1931, en el que el promedio de artículos baja a poco menos de diez por año. Por último, entre 1932 y 1936, se produce un sustancial aumento respecto a los años anteriores, obteniéndose ahora un promedio cercano a los veinte artículos por año.

3.2. Clasificación por áreas temáticas

Hemos agrupado por apartados o áreas temáticas los artículos que analizamos de manera que en cada una de ellas se pueda incluir al menos un diez por ciento del total de trabajos. Las áreas temáticas así obtenidas son las siguientes: Electricidad y Magnetismo, Radiaciones, Espectroscopía, Óptica, Astronomía y Física del Globo y Artículos Varios.

Entre los trabajos incluidos en Electricidad y Magnetismo abundan los relativos a propiedades eléctricas y magnéticas de la materia, así como los de carácter práctico y experimental, habiendo también buena parte de ellos (especialmente en los primeros años de publicación de los *Anales*) con un contenido más general o especulativo. En Espectroscopía la gran mayoría tratan de cuestiones relativas a la determinación de estructuras espec-

trales y a la determinación de nuevas líneas espectrales. Gran parte de los incluidos en el tema de Radiaciones corresponde a determinación de estructuras cristalinas mediante difracción de rayos X y a cuestiones relacionadas con la puesta a punto de éstas técnicas de difracción, habiendo también un reducido e interesante grupo en donde se utiliza la difracción de electrones. Los trabajos comprendidos en el área de Óptica tratan de problemas referentes a esta rama clásica de la física, incluyéndose trabajos de óptica geométrica, de óptica física, así como de aplicaciones prácticas (fotografía, estereoscopia, etc.). En el apartado que denominamos Astronomía y Física del Globo, siguiendo una denominación característica de la época para las materias que abarca este tema, se incluyen sobre todo estudios solares y de meteorología⁸. Finalmente, en Artículos Varios incluimos el resto de trabajos pertenecientes a temas diversos (Termología, Física-Matemática, etc.) que por su pequeña cantidad resultan poco significativos.

El tema que contiene mayor cantidad de artículos es el de Electricidad y Magnetismo, con 133, casi la tercera parte del total. A los temas de Radiaciones, Espectroscopía y Astronomía y Física del Globo corresponden valores porcentuales menores, todos ellos situados en torno al 15%, y al de Óptica una cantidad inferior, poco más del 11%. El conjunto de Artículos Varios supone el 12% y los trabajos correspondientes a los temas incluidos en este apartado no llegan, en el mejor de los casos, al cinco por ciento del total de los artículos considerados.

La distribución global de artículos entre las diferentes áreas temáticas no permanece constante a lo largo del período estudiado (Tablas 1 y 2, Gráficas 2 y 3), pudiendo establecerse tres etapas diferenciadas en función de los temas preponderantes en cada una de ellas. La primera corresponde al período comprendido entre 1903 y 1915 y en ella el tema que cuenta con mayor número de trabajos es el de Electricidad y Magnetismo, con casi el 40% de los publicados en dicha etapa. En la segunda etapa, que abarca los tres quinquenios comprendidos entre 1916 y 1930, el tema con mayor número de trabajos es el de Espectroscopía, con casi el 30% de los artículos publicados en esos años, seguido del de Electricidad y Magnetismo con un porcentaje del 26,2%. Finalmente, en los años treinta el tema con mayor cantidad de artículos es el de Radiaciones, al que corresponde un 46,5% de los aparecidos en esa época. Los temas restantes quedan siempre muy en segundo término respecto a los indicados en cada una de las etapas consideradas.

3.3. Tendencia al trabajo en equipo

El primer hecho que destaca el cómputo global de los artículos realizados en colaboración es que su número resulta muy inferior al de los realizados individualmente: frente a los 338 artículos con una firma sólo hay 88 con más de una firma (79,3% frente a 20,7%). Sin embargo, se observa una tendencia creciente a la realización de trabajos en equipo (Tabla 3, Gráfica 4): así, mientras que en los años iniciales los trabajos en colaboración suponen cantidades insignificantes, en los años treinta tales trabajos constituyen casi la mitad del total publicado.

La distribución por áreas temáticas de los trabajos en colaboración marca una clara diferencia entre los temas de Radiaciones, Electricidad y Magnetismo y Espectroscopía y los restantes, puesto que al primero de los mencionados corresponde el 42,1% del total de artículos con más de un autor, al segundo el 30,7% y al tercero el 18,2%, en tanto que a los demás temas corresponden unos porcentajes que no llegan en ningún caso al cinco por ciento.

Más significativos todavía resultan los porcentajes correspondientes al total de artículos de cada tema (Tabla 3, Gráfica 5), destacando nuevamente en este aspecto el de Radiaciones, con un 53,6% de artículos en colaboración sobre el total de artículos del mismo. Los valores porcentuales correspondientes a Electricidad y Magnetismo y Espectroscopía son inferiores, aunque también relativamente altos: 20,3% para el primero y 27,1% para el segundo. En las restantes áreas temáticas estos porcentajes no llegan en ningún caso al ocho por ciento.

3.4. Distribución de artículos por centros de trabajo

El resultado más destacable al analizar la distribución de artículos según los Centros de Trabajo en que son realizados es, sin duda, la gran cantidad de los efectuados en el Laboratorio de Investigaciones Físicas y en el posterior Instituto Nacional de Física y Química, que sustituye al primero en los años treinta⁹. En efecto, en estos centros se realizan 219 artículos, algo más de la mitad de todos los publicados, cantidad mucho ma-

yor que la debida a otros centros significativos como la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, en donde se realizan 49 (un 11,5%), o el Observatorio Astronómico de Madrid, en donde se realizan 38 (un 8,9%). En los demás centros el número de artículos correspondiente no llega en ningún caso al cinco por ciento del total de trabajos.

El peso de Laboratorio de Investigaciones Físicas-Instituto Nacional de Física y Química es todavía mayor de lo expresado en las cifras anteriores si únicamente consideramos los trabajos publicados desde su puesta en funcionamiento en 1911, pues entonces el porcentaje sobre los artículos publicados desde esa fecha se elevaría al 72,3%, casi las tres cuartas partes de la producción total. Según estos datos, la Junta de Ampliación de Estudios, a través de los centros citados, se perfila nítidamente como el organismo decisivo en el desarrollo de la investigación realizada en física a lo largo del período que abarca nuestro estudio.

3.5. Análisis de los autores

El total de autores correspondiente a los artículos analizados es de 127, obteniéndose un valor global para la relación entre el número de artículos y el de autores de 3,3 artículos por autor. Sin embargo, como sucede en todo colectivo de productores científicos, la distribución de artículos entre sus componentes no es homogénea, existiendo un reducido grupo de mayores productores y otro más amplio de pequeños productores. En nuestro caso, aproximadamente una cuarta parte de autores realiza el 75% de artículos, mientras que entre todos los demás publican algo menos de la cuarta parte (Tabla 4).

Comparando nuestra distribución de autores y artículos con el clásico modelo de Lotka¹⁰ y efectuando un ajuste mínimo cuadrático ponderado a partir de una expresión del tipo $A_n = K n^{-Q}$ obtenemos para nuestra distribución la expresión¹¹ (Gráfica 6):

$$A_n = 59,4 n^{-1,4} \quad (Q = 00,69)$$

con un exponente -1,4 no muy cercano al -2 que predice la formulación inicial de Lotka, lo que nos parece ligado al hecho de considerar en nues-

tro estudio una sola revista, con la consiguiente eliminación de algunos autores ocasionales de pequeña productividad.

Los autores más destacados por su productividad son Cabrera, con 65 artículos, Palacios con 40 y Catalán con 34. Tras estos tres autores destacan también por su producción Piña de Rubies con 25, Fernández Ascarza con 17, Garrido con 13, Carrasco con 12 y Terradas con 11. El resto de autores publica menos de diez artículos.

Con objeto de perfilar la adscripción de los autores más productivos a los diferentes temas que consideramos, hemos realizado la distribución de los artículos publicados por estos autores entre los correspondientes temas. Dicha distribución muestra (Tabla 5) que, en general, los trabajos realizados por los máximos productores corresponden fundamentalmente a una sola de las áreas temáticas consideradas. Así, para Catalán, Fernández Ascarza y Garrido, la totalidad de sus artículos corresponde a un solo tema: Espectroscopía, Astronomía y física del Globo y Radiaciones, respectivamente. Para Cabrera y Piña de Rubies más del 80% de su producción se incluye en Electricidad y Magnetismo y Espectroscopía, respectivamente. Finalmente, en los tres autores restantes se observa una mayor dispersión: para Palacios poco más de los dos tercios de su producción corresponde a Radiaciones; para Carrasco la mayoría de sus trabajos corresponde a Astronomía y Física del Globo, aunque éstos no llegaran al 60% de su producción, y por último, para Terradas, que es el que ofrece mayor dispersión, en ninguno de los temas en que publica alcanza un porcentaje que llegue al 40%.

4. Comentarios

En base a los datos anteriormente indicados, apreciamos una fuerte estabilidad en la producción de trabajos de Física (prescindiendo del anómalo trienio inicial), hasta llegar a los años treinta, en los que se produce un incremento significativo en la producción analizada, al igual que sucede en otros aspectos de la Sociedad Española de Física y Química, ya señalados en otra ocasión¹².

Probablemente la producción tan elevada de los primeros años de publicación de los *Anales* es debida a que en ese período prima mucho más

la necesidad de que aparezca la revista, potenciándose así la recién nacida Sociedad Española de Física y Química, que la exigencia de un mínimo de calidad y rigor en los trabajos aparecidos en la misma¹³. De hecho, en ese periodo inicial se publican bastantes artículos con escaso interés científico y, en muchos casos, con sólo algún interés didáctico y/o divulgativo¹⁴.

En cualquier caso, bien por una mayor exigencia de calidad, bien por una pérdida del entusiasmo inicial, o por ambas cosas a la vez, el resultado es que la producción va paulátinamente disminuyendo tras los años iniciales hasta alcanzar su cota más baja en el quinquenio de 1911-1915. Precisamente este período, pese a ser el de menor productividad, constituye uno de los más significativos en otros aspectos, pues en él se inicia la actividad en el Laboratorio de Investigaciones Físicas, comienzan asimismo las primeras investigaciones experimentales planificadas en Electricidad y Magnetismo, vislumbrándose ya algunos equipos de investigación en dicho tema, aparecen también los primeros artículos realizados por autores españoles fuera del país junto a prestigiosos científicos del momento¹⁵, etc.

Esas primeras manifestaciones de "contemporaneidad" en la práctica científica recibirán un nuevo impulso con la aparición de los temas de Espectroscopía y Radiaciones, desarrollándose a lo largo de los años veinte y alcanzando su máxima expresión en la década de los treinta. En estos años se produce un auge similar al de otras manifestaciones científicas y culturales del país, lo que se pone de manifiesto no sólo en una producción cuantitativamente más elevada sino en otros aspectos, como el aumento en el trabajo en equipo, en la investigación perfectamente planificada, en la diversificación de las líneas de trabajo ya consolidadas, etc.; es decir, en todo aquello que, al menos externamente, caracteriza la producción científica contemporánea.

Pasando ahora a comentar algunos aspectos significativos relacionados con los autores, recordemos que en cada uno de los temas de mayor interés se encuentra alguno de los mayores productores señalados anteriormente: Catalán en Espectroscopía, Palacios en Radiaciones, y en Electricidad y Magnetismo Cabrera, sin duda la figura más destacada de la época, tanto por su propia labor científica como por su importante tarea institucional al frente del Laboratorio de Investigaciones Físicas y del Instituto

Nacional de Física y Química, centros ambos de los que fue su único director. Los autores citados, junto a otros de menor relevancia cuantitativa, como Carrasco, Martínez Risco, Duperier, Garrido, Plans, Terradas, etc., constituyen el núcleo científico de mayor peso, no sólo por su mayor producción cuantitativa sino por la calidad de sus trabajos. En torno a los tres primeros se nuclea, además, la actividad desarrollada en sus respectivos campos de trabajo, constituyendo los principales exponentes de las investigaciones que se inscriben en los mismos. Un dato que avala en alguna medida la relevancia de estos autores en su incidencia actual, obtenida a través del *Science Citation Index* para el período 1964-1978, en donde todavía aparecen citados 23 artículos de Cabrera, 5 de Palacios y 8 de Catalán, correspondientes todas ellas a artículos publicados en los años que comprende nuestro trabajo.¹⁶

Junto a estos aspectos de la producción en física y de sus autores más destacados, hay que señalar la importancia de dos organismos que contribuyen de manera fundamental al asentamiento de la investigación en nuestro campo de estudio. Se trata, por una parte, de la Sociedad Española de Física y Química que, agrupando a los investigadores en física y en química y dotándoles de un adecuado medio de expresión, fomentó la actividad en estas materias, logrando su plena inserción en la vida científica y académica del país y convirtiéndose en punto de referencia obligado a la hora de analizar la institucionalización de la actividad científica española en el primer tercio del siglo. Junto a la Sociedad Española de Física y Química, otro organismo decisivo en el desarrollo científico español es la Junta de Ampliación de Estudios que, a través del Laboratorio de Investigaciones Físicas y, posteriormente, del Instituto Nacional de Física y Química, supo impulsar la incipiente investigación científica española, dotando a los jóvenes investigadores de medios, ambiente y posibilidades de formación, elevando paulatinamente el nivel de competencia científica mediante una acertada visión de futuro, de la que se había carecido hasta ese momento o, al menos, no se había sabido plasmar de un modo tan eficaz como la Junta lo hizo. Su política de envío de jóvenes estudiantes-investigadores al extranjero para ampliar estudios y trabajar junto a prestigiosos científicos de la época, siempre con la idea de que a su regreso pudiesen poner en marcha investigaciones de la misma índole que las efectuadas fuera del país, aunque no siempre pudo llevarse completamente a cabo, sirvió, sin embargo, para desarrollar el trabajo científico en España en proporciones desconocidas hasta entonces, creándose

un importante núcleo de investigadores españoles de reconocido prestigio y competencia.

Se puede asegurar, por tanto, que a lo largo del primer tercio de siglo se logra una paulatina inserción de la comunidad científica española dedicada a las ciencias físicas en la correspondiente comunidad internacional. Los principales campos en que se produce esta situación son los de Electricidad y Magnetismo, a través de los trabajos sobre susceptibilidades de cuerpos para y diamagnéticos, por parte de Cabrera y sus colaboradores más directos, entre los que cabe destacar a Duperier, Fahlenbrach, etc.; Espectroscopía, con los trabajos de Catalán y colaboradores sobre estructuras espectrales; y Radiaciones, con los trabajos sobre determinación de estructuras cristalinas mediante difracción de rayos X, realizados por Palacios y colaboradores como Garrido, Bru, Salvia, García de la Cueva, P. de la Cierva, etc. Otras materias en las que, asimismo, se aprecia un trabajo de calidad, aunque su producción cuantitativa no resulte tan significativa como la correspondiente a las líneas anteriormente mencionadas, son los de difracción de electrones, radiación cósmica, espectroscopía Raman, etc., temas todos ellos abordados ya en los años treinta y cuyo desarrollo fué truncado de raíz por la guerra civil.

5. Conclusiones

A través del estudio de los artículos de física publicados en los *Anales de la Sociedad Española de Física y Química* desde 1903 a 1937, cuyos aspectos más relevantes hemos mostrado a lo largo del presente trabajo, podemos plantear las siguientes conclusiones:

1. Producción de artículos

Prescindiendo del "anómalo" trienio inicial, quedan delimitadas dos épocas de diferente productividad y duración: la primera abarca el período comprendido entre 1906 y 1931 y en ella el promedio de producción de trabajos es un poco inferior a los diez artículos por año. La segunda, que comprende solamente el período comprendido entre 1932 y 1936, presenta una producción mucho mayor, cercana a los veinte artículos por año.

2. Clasificación por áreas temáticas

Las seis áreas temáticas en que hemos clasificado los artículos de física objeto de estudio son: Electricidad y Magnetismo, Espectroscopía, Radiaciones, Astronomía y Física del Globo, Óptica y Artículos Varios.

El tema que cuenta con mayor cantidad de trabajos es el de Electricidad y Magnetismo, al que corresponde casi la tercera parte del total. A los de Espectroscopía, Radiaciones y Astronomía y Física del Globo corresponden porcentajes situados en torno al 15%, y una cantidad menor a los de Óptica, 11,3%, y Artículos Varios, 12%.

Aunque globalmente no se aprecian diferencias considerables entre las cantidades correspondientes a los diferentes temas, salvo en Electricidad y Magnetismo, analizando la evolución cuantitativa conjunta de tales temas, tres de ellos se perfilan como los más significativos a lo largo de diferentes períodos comprendidos en la totalidad de la época estudiada: Electricidad y Magnetismo hasta 1915, Espectroscopía entre 1916 y 1930, y Radiaciones en los años treinta.

3. Tendencia al trabajo en equipo

El número de los artículos realizados por más de un autor es muy inferior al de los realizados individualmente: sólo un 20% del total de artículos es realizado en colaboración, pero existe una evolución creciente a la realización de este tipo de trabajos, puesto que en los años treinta casi la mitad de artículos son efectuados por dos o más autores.

El tema que cuenta con mayor cantidad de artículos en colaboración es el de Radiaciones, con algo más de la mitad de sus trabajos realizados de esta manera. Cantidades relativamente importantes también se aprecian en Espectroscopía (27,1%) y en Electricidad y Magnetismo (20,3%), mientras que en los demás estos porcentajes son insignificantes.

4. Centros de Trabajo

Dos centros de la Junta de Ampliación de Estudios son los de mayor importancia por el volumen global de los trabajos allí realizados: se trata del Laboratorio de Investigaciones Físicas y del Instituto Nacional de Fí-

sica y Química, que en conjunto suponen algo más de la mitad de los trabajos publicados, cantidad que se eleva a casi el 75% si sólo se consideran los artículos publicados a partir de 1911, fecha en que se inicia la labor en el primero de los centros mencionados.

5. Autores más productivos

Los autores de mayor significación cuantitativa son Cabrera, que publica 65 artículos, Palacios, con 40, y Catalán, con 34. Estos autores publican la inmensa mayoría de sus trabajos en uno de los temas que anteriormente indicamos como más significativos: Electricidad y Magnetismo, Radiaciones y Espectroscopía, representando en cada uno de ellos los mayores exponentes de las investigaciones practicadas en sus respectivos ámbitos de trabajo.

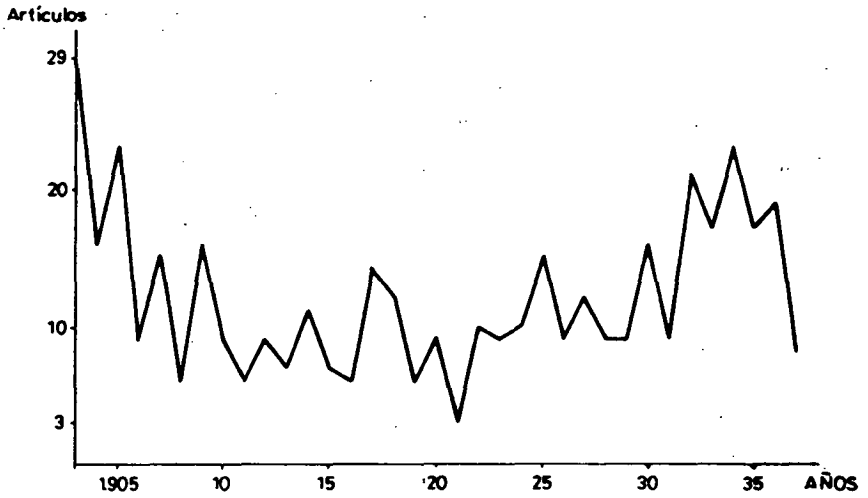
6. Conclusión general

Junto a los cambios estructurales operados en la vida española, las mejoras en el sistema educativo, el importante desarrollo cultural, etc., el avance experimentado en la actividad científica, y en concreto en la física, situaban nuestro país en un nivel de contemporaneidad con respecto a los de su mismo ámbito geográfico-cultural.

Así pues, superando en gran medida el atraso científico existente a comienzos de siglo, la actividad de los físicos españoles se va insertando paulatinamente en la de su correspondiente comunidad científica internacional, apareciendo además algunas personalidades de gran relieve en las materias específicas de su competencia.

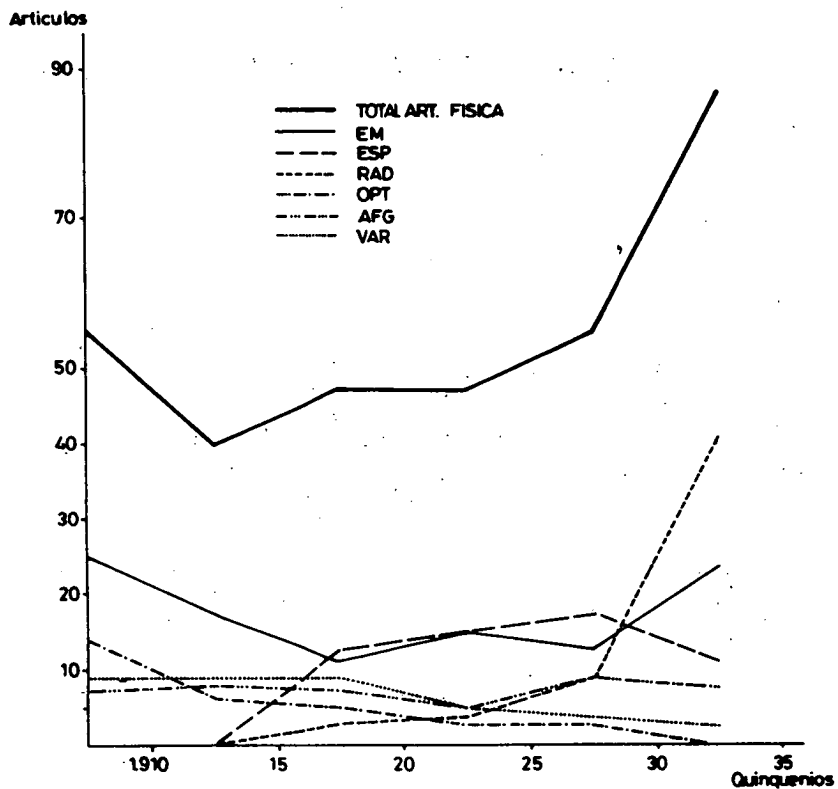
Este proceso de continuo avance producido desde comienzos de siglo, y que alcanzaría su máxima proyección en la década de los años treinta, sería, sin embargo, violentamente interrumpido por la guerra civil al provocar la quiebra de las condiciones materiales de investigación, la ruptura de los ya consolidados equipos de trabajo, con la desaparición consiguiente de las líneas de investigación existentes, la pérdida de los principales investigadores, en el exilio unos, expulsados de la Universidad y de los centros públicos de investigación o relegados al ostracismo otros, ocasionando todo ello, en lo que se refiere a la actividad científica que nos ocupa, un daño irreparable de duraderas consecuencias posteriores.

EVOLUCION DE LOS ARTICULOS DE FISICA



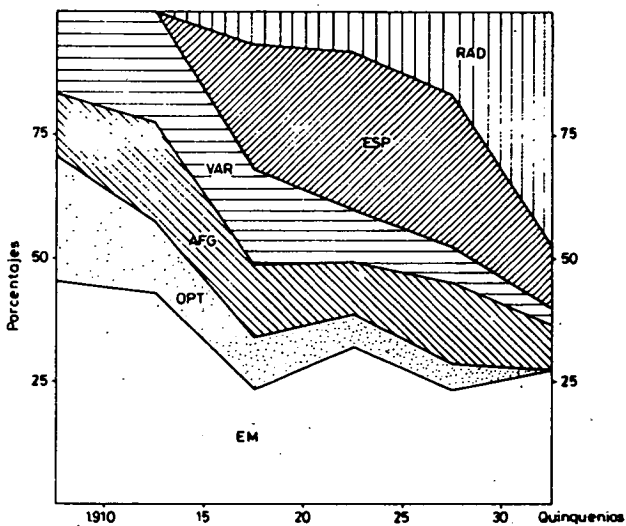
GRAFICA 1

EVOLUCION DE ARTICULOS POR QUINQUENIOS Y
AREAS TEMATICAS



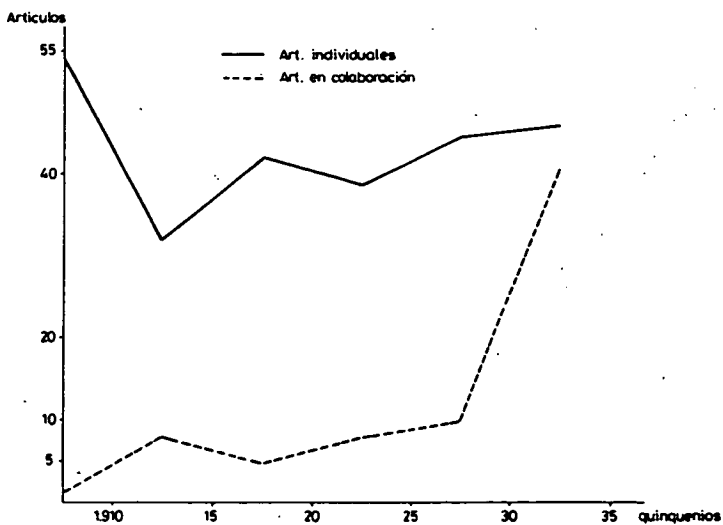
GRAFICA 2

DISTRIBUCION PORCENTUAL POR QUINQUENIOS Y AREAS TEMATICAS DE LOS ARTICULOS DE FISICA



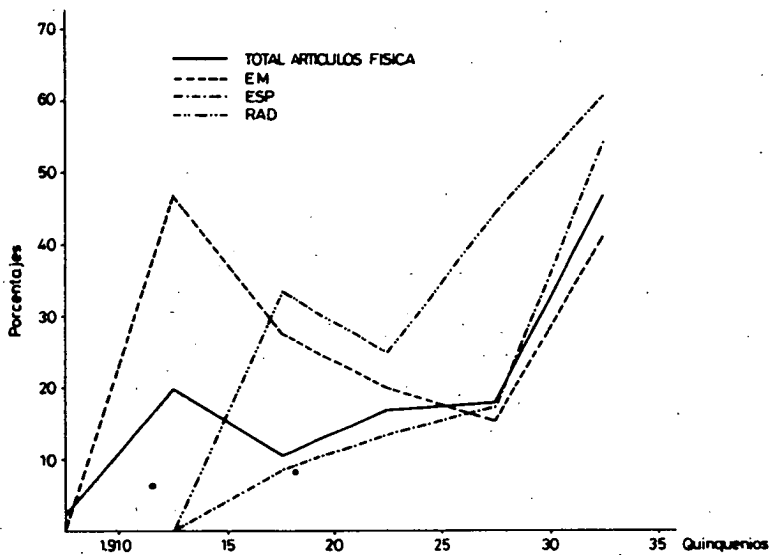
GRAFICA 3

EVOLUCION QUINQUENAL DE LOS ARTICULOS REALIZADOS INDIVIDUALMENTE Y EN COLABORACION



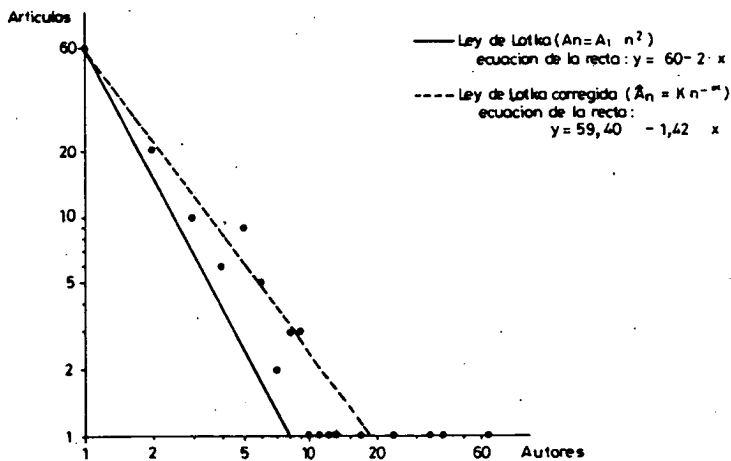
GRAFICA 4

PORCENTAJES QUE REPRESENTAN LOS ARTICULOS REALIZADOS EN COLABORACION SOBRE EL TOTAL DE ARTICULOS.



GRAFICA 5

DISTRIBUCION DE ARTICULOS Y AUTORES (Ley de Lotka)



GRAFICA 6

TABLA 1

EVOLUCION ANUAL DE LOS ARTICULOS DE FISICA PUBLICADOS EN LOS ANALES DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA Y QUIMICA (1903-1937). DISTRIBUCION POR AREAS TEMATICAS.

AÑOS	TOTAL ARTIC.	E-M	ESP	RAD	OPT	AFG	VAR
1903	29	10	-	-	3	12	4
1904	16	7	-	-	5	2	2
1905	23	6	-	-	9	4	4
1906	9	4	-	-	2	-	3
1907	15	7	-	-	4	-	4
1908	6	2	-	-	-	4	-
1909	16	9	-	-	4	1	2
1910	9	3	-	-	4	2	-
1911	6	4	-	-	2	-	-
1912	9	3	-	-	4	-	2
1913	7	5	-	-	-	-	2
1914	11	3	-	-	-	4	4
1915	7	2	-	-	-	4	1
1916	6	2	1	1	-	2	-
1917	14	2	7	1	-	1	3
1918	12	5	3	1	-	1	2
1919	6	2	-	-	2	1	1
1920	9	-	1	-	3	2	3
1921	3	1	-	-	1	1	-
1922	10	4	1	1	1	-	3
1923	9	1	6	1	-	-	1
1924	10	4	4	-	-	1	1
1925	15	5	4	2	1	3	-
1926	9	1	3	1	-	4	-
1927	12	1	6	1	2	2	-
1928	9	4	1	4	-	-	-
1929	9	2	3	3	-	1	-
1930	16	5	4	-	1	2	4
1931	9	3	1	5	-	-	-
1932	21	5	2	10	-	3	1
1933	17	4	2	10	-	-	1
1934	23	9	2	8	-	3	1
1935	17	3	4	8	-	2	1
1936	19	1	4	11	-	2	1
1937	8	4	-	1	-	2	1
TOTAL	426	133	59	69	48	66	51

E-M: Electricidad y Magnetismo; ESP: Espectroscopía; RAD: Radiaciones; OPT: Optica; AFG: Astronomía y Física del Globo; VAR: Artículos Varios.

TABLA 2

EVOLUCION QUINQUENAL DE LOS ARTICULOS DE FISICA. DISTRIBUCION POR AREAS TEMATICAS
I. Valores absolutos.

QUINQUENIOS	ARTIC.	E-M	ESP	RAD	OPT	AFG	VAR
1906-1910	55	25	-	-	14	7	9
1911-1915	40	17	-	-	6	8	9
1916-1920	47	11	12	3	5	7	9
1921-1925	47	15	15	4	3	5	5
1926-1930	55	13	17	9	3	9	4
1931-1935	87	24	11	41	-	8	3

II. Valores porcentuales.

QUINQUENIOS	E-M	ESP	RAD	ORT	AFG	VAR	TOTAL
1906-1910	45,4	-	-	25,4	12,7	16,4	99,9
1911-1915	42,5	-	-	15,0	20,0	22,5	100,0
1916-1920	23,4	25,5	6,4	10,6	14,9	19,2	100,0
1921-1925	31,9	31,0	8,5	6,4	10,6	10,6	99,9
1926-1930	23,6	30,9	16,4	5,4	16,4	7,3	100,0
1931-1935	27,6	12,6	47,1	-	9,2	3,5	100,0

Porcentajes

Globales	31,2	13,8	16,2	11,3	15,5	12,0	100,0
----------	------	------	------	------	------	------	-------

TABLA 3

ARTICULOS EN COLABORACION. DISTRIBUCION POR QUINQUENIOS Y AREAS TEMATICAS.

I. Valores absolutos.

QUINQUENIOS	ART. COLAB.	E-M	ESP	RAD	OPT	AFG	VAR
1906-1910	1	-	-	-	-	-	1
1911-1915	8	8	-	-	-	-	-
1916-1920	5	3	1	1	-	-	-
1921-1925	8	3	2	1	-	-	2
1926-1930	10	2	3	4	1	-	-
1931-1935	41	10	6	25	-	-	-
TOTAL (1)	88	27	16	37	1	3	4

(1) Se incluyen todos los artículos en colaboración, añadiendo a los indicados en la Tabla los correspondientes a los períodos 1903 a 1905 y 1936-1937.

II. Valores porcentuales sobre el total de cada tema.

QUINQUENIOS	TOTAL ART.	E-M	ESP	RAD	OPT	AFG	VAR
1906-1910	1,8	0,0	-	-	0,0	0,0	11,1
1911-1915	20,0	47,1	-	-	0,0	0,0	0,0
1916-1920	10,6	27,3	8,3	33,3	0,0	0,0	0,0
1921-1925	17,0	20,0	13,3	25,0	0,0	0,0	40,0
1926-1930	18,2	15,4	17,6	44,4	33,3	0,0	0,0
1931-1935	47,1	41,7	54,5	61,0	-	0,0	0,0
Porcentajes Globales	20,7	20,0	27,1	53,6	2,1	4,5	7,8

TABLA 4

DISTRIBUCION DE ARTICULOS Y AUTORES

a_n	n	A_N	N	$\%A_N$	$\%N$
1	65	1	65	0,79	15,25
1	40	2	104	1,57	24,41
1	34	3	138	2,36	32,39
1	24	4	159	3,15	37,32
1	17	5	176	3,94	41,31
1	13	6	188	4,72	44,13
1	12	7	200	5,51	46,95
1	11	8	211	6,30	49,53
1	10	9	221	7,09	51,88
3	9	12	242	9,45	56,81
3	8	15	263	11,81	61,74
2	7	17	274	13,38	64,32
5	6	22	298	17,32	69,95
9	5	31	328	24,41	76,99
6	4	37	344	29,13	80,75
10	3	47	361	37,01	84,74
20	2	67	385	52,75	90,37
60	1	127	426	100,00	100,00

a_n : Número de autores con n artículos.

n: Número de artículos.

A_N : Números de autores con N artículos (acumulados).

N: Número de artículos realizado por A_N autores (acumulado).

$\% A_N$: Porcentaje de A_N sobre el total de autores.

$\% N$: Porcentaje de N sobre el total de artículos.

TABLA 5

DISTRIBUCION POR AREAS TEMATICAS DE LOS ARTICULOS PUBLICADOS POR LOS AUTORES MAS PRODUCTIVOS

I. Valores absolutos.							
AUTORES	ARTIC.	E-M	ESP	RAD	OPT	AFG	VAR
Cabrera	65	56	-	2	-	1	6
Palacios	40	2	-	27	-	-	11
Catalán	34	-	34	-	-	-	-
Piña	24	3	20	-	-	-	1
F. Ascarza	17	-	-	-	-	17	-
Garrido	13	-	-	13	-	-	-
Carrasco	12	-	-	-	5	7	-
Terradas	11	3	-	-	4	-	4

II. Valores porcentuales						
AUTORES	E-M	ESP	RAD	OPT	AFG	VAR
Cabrera	86,2	-	3,1	-	1,5	9,2
Palacios	5,0	-	67,5	-	-	27,5
Catalán	-	100,0	-	-	-	-
Piña	12,5	83,3	-	-	-	4,2
F. Ascarza	-	-	-	-	100,0	-
Garrido	-	-	100,0	-	-	-
Carrasco	-	-	-	41,7	58,3	-
Terradas	27,2	-	-	36,4	-	36,4

NOTAS

1 BERNAL (1967), vol. 2. p. 35.

2 Véase, por ejemplo, MARTINEZ CUADRADO (1973), pp. 529-551; TUÑON DE LARA (1973), p. 9; MAINER (1981), etc.

3 En lo que respecta a la Física algunos aspectos parciales, como la introducción de la relatividad en España o la Física contemporánea en Cataluña a través de Terradas, han sido tratados en LAFUENTE (1977, 1979) y GLICK (1979) en el primer caso, y ROCA (1980) en el segundo.

4 Los artículos publicados en las revistas de las Academias de Ciencias son, en gran parte, realizados por los propios académicos o, al menos, presentados por ellos, lo que ya supone un filtro considerable. En ese sentido queremos indicar que no muestran la realidad viva de la investigación que se practica en el país.

5 Véase por ejemplo en PEREZ ALVAREZ-OSORIO (1977) como los "Anales" continúa siendo en la actualidad la revista española que cubre un mayor rango de la producción en Química, lo que sucede en mayor medida todavía en el período de nuestro estudio, tanto en Física como en Química, con la salvedad de la producción correspondiente a Astronomía y Meteorología (véase Nota 8).

6 Una visión resumida sobre aspectos generales del desarrollo de la Sociedad Española de Física y Química puede verse en VALERA-MARSET (1980). Un estudio más detallado sobre tales aspectos se ofrece en VALERA (1982).

7 Con objeto de que la pauta temporal elegida proporcione un panorama claro sobre la evolución seguida en la producción de trabajos, los quinquenios que consideramos son los comprendidos entre los años 1906 y 1935, dejando fuera de esta división quinquenal dos períodos que por su falta de tipicidad respecto a la evolución general observada distorsionan la visión de tal evolución: el trienio inicial y el último bienio.

8 A diferencia de lo que sucede con los restantes temas, únicamente con los trabajos de AFG publicados en los "Anales" no se obtiene una completa visión de la actividad desarrollada en este campo de investigación, pues existen otras revistas especializadas dedicadas exclusivamente a estos temas editadas por diferentes Observatorios Astronómicos o Meteorológicos que, obviamente, resultan más completas. Incluso en las revistas de las Academias de Ciencias de Madrid y Barcelona (especialmente en este último caso) se puede encontrar una cantidad mayor de artículos dedicados a las materias incluidas en este tema.

9 El Laboratorio de Investigaciones Físicas fue constituido inmediatamente después de la puesta en marcha de la Junta de Ampliación de Estudios, con objeto de fomentar el desarrollo de la investigación en las ciencias Físico-Químicas, tratando además de recoger adecuadamente el fruto de las investigaciones realizadas por los pensionados en el extranjero, intentando que en el citado centro se continuasen tales investigaciones o similares.

Las gestiones para la donación de un Instituto de Física y Química por parte del *International Education Board* (Fundación Rockefeller) comenzaron hacia 1923 y fueron confirmadas en 1926. En marzo de 1928 la Junta de Ampliación de Estudios nombró un comité directivo del Instituto, delegando en él todas sus facultades, que estaba presidido por Ignacio Bolívar y cuyo secretario era Blas Cabrera, que además fué propuesto como director del centro y nombrado oficialmente por R.O. de 9 de junio de 1928. Posteriormente fueron nombrados los jefes de las diferentes Secciones que compondrían el Instituto, recayendo los nombramientos correspondientes a las Secciones de Física en B. Cabrera (Electricidad y Magnetismo), M.A. Catalán (Espectroscopia, con Piña de Rubies como Profesor Agregado a di-

cha Sección) y Palacios (Rayos X). El Instituto Nacional de Física y Química fue acabado totalmente en septiembre de 1931 e inaugurado oficialmente el 6 de febrero de 1932, contando con la asistencia de destacados científicos extranjeros, como Weiss, Sommerfeld, Scherrer, Willstatter y Hönigschmid, invitados por el Gobierno de la República "en atención a su influencia en la formación científica de los distintos miembros del Instituto".

10 Véase LOTKA (1926).

11 Véase TERRADA-NAVARRO (1977).

12 VALERA-MARSET (1980) y VALERA (1982).

13 En realidad, hasta la Memoria correspondiente a 1918 (publicada a principios de 1919) no aparece ninguna mención explícita a la exigencia de un control sobre la calidad de los trabajos que se han de publicar en los "Anales".

14 Baste señalar que, según comenta Obdulio Fernández, en los primeros años de existencia de la Sociedad, Rodríguez Carracido "rogaba en cartas y conversaciones a discípulos y amigos que le enviasen un trabajo que tuviese un *poquito de originalidad*, un dato de técnica, una observación pequeña, algo, en fin, que contribuyese a sostener la vida de la Sociedad". Asimismo, aprovechaba su presencia en los tribunales de oposición, sigue relatando O. Fernández, para recabar de los opositores que las memorias presentadas, con algunos retoques, pudiesen ser publicadas en los "Anales". Véase FERNANDEZ RODRIGUEZ (s.f.), pp. 143-145.

15 En el quinquenio de 1911-1915 se publican los trabajos siguientes, realizados todos ellos en el extranjero: MARTINEZ RISCO (1911) efectuado en Holanda con Zeeman, el cual también envía un trabajo para ser publicado en los "Anales" (ZEEMAN 1911); CABRERA-MOLES (1912), trabajo realizado junto al profesor Weiss en Zurich; CARRASCO (1912), con Fowler, en Inglaterra; VECINO (1912), en París en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas; y GUZMAN (1913) en Leipzig, con el profesor Drucker.

16 Concretamente, en el caso de Cabrera se obtienen 43 citas correspondientes a 23 artículos diferentes, once de ellos publicados en revistas españolas (nueve en los "Anales" y dos en la "Revista de la Academia de Ciencias de Madrid") y los restantes en publicaciones extranjeras. En el caso de Catalán se producen 14 citas correspondientes a los ocho trabajos indicados, cinco de los cuales son publicados en los "Anales" y los restantes en revistas extranjeras. Finalmente, los cinco artículos citados de Palacios son mencionados en doce ocasiones, y todos los trabajos son publicados en los "Anales". Una referencia completa de todos los artículos citados así como de aquellos en que se producen las citas se presenta en VALERA (1982).

BIBLIOGRAFIA

- 1 BERNAL, J.D. (1967): *Historia Social de la Ciencia* (2 vol.). Barcelona, Península.
- 2 CABRERA, B. y MOLES, E. (1912): *La teoría de los magnetones y la magnetoquímica de los compuestos férricos*, Anales Soc. Esp. Fis. Quim. 10, 316-344 y 394-431.
- 3 CARRASCO, P. (1912): *Una nueva montura automática de resalto cóncavo*, Anales Soc. Esp. Fis. Quim. 10, 187-190.
- 4 FERNANDEZ RODRIGUEZ, O (s.f.): *José Rodríguez Carracido. Recuerdos de su vida y comentarios a su obra*, Madrid, Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid.
- 5 GARMA, S. (ed.) (1980): *El científico español ante su historia. La ciencia en España entre 1750-1850. I Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias*, Madrid, Servicios de Extensión Cultural y Divulgación de la Diputación Provincial.
- 6 GLICK, T.F. (1979): *Einstein y los españoles. Aspectos de la recepción de la relatividad*, Llull, 2 (n° 5), 3-22.
- 7 GUZMAN, J. (1913): *Simplificación del método de Stronhal y Barns para el calibrado eléctrico de los hilos*, Anales Soc. Esp. Fis. Quim., 11, 347-353.
- 8 LAFUENTE, A. (1977): *Introducción de la relatividad especial en España*, Barcelona, Tesis de Licenciatura.
- 9 LAFUENTE, A. (1979): *La hipótesis del éter en España*, Llull, 2 (n° 3), 15-28.
- 10 LOTKA, A.P. (1926): *The Frequency Distribution of Scientific Productivity*, J. Washington Acad. Sciences, 16, 317-332.
- 11 MAINER, J.C. (1981): *La edad de plata (1902-1939). Ensayo de interpretación de un proceso cultural*. Madrid, Cátedra.
- 12 MARTINEZ CUADRADO, M. (1973): *La burguesía conservadora (1874-1931)*, Madrid, Alianza.
- 13 MARTINEZ RISCO, M. (1911): *La asimetría de los tripletes de Zeeman*, Anales Soc. Esp. Fis. Quim., 9, 263-271.
- 14 PEREZ ALVAREZ-OSORIO, J.R. (1977): *Un ensayo de evaluación de las revistas químicas españolas*, Rev. Esp. de Documentación Científica, 1, 21-29.
- 15 ROCA, A. (1980): *L'Impacte de la Hipòtesi Quàntica a Catalunya*, in GARMA (ed.) (1980), 383-387.
- 16 TERRADA, M^a L. y NAVARRO, V. (1977): *La productividad de los autores españoles de bibliografía médica*, Rev. Esp. de Documentación Científica, 1, 9-19.
- 17 TUÑÓN DE LARA, M. (1973): *Medio siglo de cultura española (1885-1936)*, Madrid, Tecnos (3^a ed.).
- 18 VALERA, M. y MARSET, P. (1980): *Aspectos bibliométricos e institucionales de a Real Sociedad Española de Física y Química para el período 1903-1937* in GARMA (ed.) (1980), 391-432.
- 19 VALERA, M. (1982): *La producción española en Física a través de los Anales de la Sociedad Española de Física y Química (1903-1937)*, Murcia, Tesis de Doctorado.
- 20 VECINO, J. (1912): *Dilatación del cuarzo en dirección perpendicular al eje*. Anales Soc. Esp. Fis. Quim., 10, 355-369.
- 21 ZEEMAN, P. (1911): *Consideraciones concernientes a la radiación luminosa bajo la acción simultánea de las fuerzas eléctricas y magnéticas y algunos experimentos por ellas sugeridas (1^a parte)*, Anales Soc. Esp. Fis. Quim., 9, 339-351.