

**ESTUDIO BIBLIOMETRICO-MULTIVARIANTE  
DE LOS ARTICULOS DE FISICA PUBLICADOS EN LOS  
ANALES DE LA REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE FISICA Y QUIMICA  
DURANTE EL PERIODO FRANQUISTA (1940-1975)**

CARLOS LOPEZ FERNANDEZ

I.B. Alfonso X el Sabio (Murcia)

MANUEL VALERA CANDEL

Departamento de Historia de la Medicina

(Universidad de Murcia)

**RESUMEN**

*En el presente artículo se ofrece una aproximación al estudio de la producción científica en Física recogida en los Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química a lo largo del período franquista (1940-1975). Dicho estudio es efectuado, fundamentalmente, a nivel bibliométrico, utilizándose las técnicas estadísticas del análisis factorial de componentes principales. Mediante el mismo se consigue poner de manifiesto el diferente comportamiento bibliométrico global de las áreas temáticas de investigación desarrolladas a lo largo de las tres fases históricas más características del franquismo.*

**ABSTRACT**

*The present paper gives and approach to the study of the scientific production in Physics published in Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química during the general Franco's time (1940-1975). This paper has been, mainly done, from bibliometric point of view, using the statistics technics of the factoranalysis of the main components. Under this method han been established the differente behaviour of the global bibliometric of the distinct fields of research developed during the three most characteristic periods of the general Franco's time.*

Palabras clave: Física española siglo XX, franquismo, bibliometría, análisis factorial.

## 1. Introducción

Cercanos ya al décimo aniversario de lo que fue oficialmente el final de una de las épocas históricas más influyentes y características de nuestra reciente historia, el franquismo, surge ante todo historiador de la Ciencia la inexcusable conveniencia de ir elaborando un cuerpo completo y riguroso de investigaciones que puedan ofrecer una panorámica fidedigna de lo que significó la investigación científica a lo largo de este período histórico tan controvertido.

El estudio del papel desempeñado por la Ciencia en general, y la Física en particular, dentro de la dinámica histórica del período franquista es una labor sumamente amplia y compleja, la cual, a nuestro juicio, debe ser estructurada en torno a tres direcciones fundamentales de trabajo. Así partiendo del hecho de que a lo largo del período 1903-1936 se había conseguido, especialmente en sus décadas finales, una sólida institucionalización de la producción científica en Física<sup>1</sup>, la primera dirección sería intentar explicitar cuál fue el impacto concreto que nuestra guerra civil tuvo en esas investigaciones, y ello tanto a nivel de la comunidad científica como a nivel de contenidos temáticos<sup>2</sup>. Una segunda dirección de trabajo sería el estudio de las claves sociológicas del nuevo proceso de institucionalización que las principales sociedades científicas españolas se ven forzadas a vivir ante la implantación del nuevo régimen político. Por último, la tercera dirección quedaría conformada por un análisis exhaustivo, bibliométrico y temático de la producción científica conseguida<sup>2</sup>, y es en ella donde situaríamos el presente artículo, si bien nos limitaremos de momento a los aspectos bibliométricos y dejaremos los temáticos para futuras ocasiones.

En este trabajo vamos a centrarnos sobre la producción en Física recogida en el órgano de expresión de la Real Sociedad Española de Física y Química desde 1940 hasta 1975. Institución ésta cuya significación en el contexto de las investigaciones físico-químicas españolas, tanto por la personalidad científica de sus miembros como por la procedencia institucional de los mismos, es lo suficientemente relevante para ofrecer al respecto una sólida primera aproximación al tema.

De esta forma, vamos a limitar nuestro estudio a una sólo institución, la Real Sociedad Española de Física y Química, y a la producción conte-

nida en una única revista, los *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, lo cual puede parecer, en principio, una restricción excesiva. Ahora bien, por lo que respecta a la institución elegida cabe indicar que es la única cuya labor se extiende a lo largo de todo el presente siglo, lo cual le dota de una excepcional idoneidad para estudiar el impacto producido por la guerra civil, y ello sin perjuicio de que bajo su influencia han desarrollado gran parte de su labor la mayoría de los grandes físicos y químicos españoles del período franquista, en especial los que iniciaron sus investigaciones durante la primera mitad del mismo.

En lo que se refiere a la posible representatividad de la producción en Física de los *Anales* con respecto a la reflejada en otras publicaciones españolas o extranjeras, estamos en condiciones de poder afirmar tanto en base a investigaciones propias<sup>4</sup> como ajenas<sup>5</sup> que dicha representatividad es, cuando menos, bastante aceptable, si bien pierde significativamente fuerza a partir de los años sesenta. Además, no podemos perder de vista que lo que estamos haciendo no es sino abrir una línea de investigación que debe ser posteriormente ampliada y enriquecida de manera conveniente.

## 2. Material y Métodos

Serán nuestras fuentes primarias de datos los 1.324 artículos de Física publicados en *Anales* entre 1940 y 1975, recogidos en la serie única hasta 1947 y en la serie A desde 1948 hasta el final. Inicialmente realizaremos un estudio de la evolución quinquenal del número de artículos publicados, tanto a nivel global como por áreas temáticas de investigación. A continuación, y bajo esa misma doble perspectiva, procederemos a un análisis bibliométrico de la producción.

Para la realización del mismo a nivel general, considerando en su conjunto la totalidad de los artículos, ofreceremos la evolución por períodos quinquenales de dos grupos de indicadores bibliométricos, unos referentes a la calidad objetiva de la producción y otros que nos medirán el grado de institucionalización alcanzado por la actividad investigadora.

A este respecto, consideraremos indicadores de calidad:

- Porcentaje de trabajos realizados en equipo.
- Porcentaje de artículos portadores de referencias bibliográficas.
- Número referencias/artículo.
- Índice de obsolescencia de las referencias<sup>6</sup>.

Y serán para nosotros indicadores de institucionalización:

- Número autorreferencias/artículo.
- Porcentaje de autorreferencias sobre el total de referencias.
- Porcentaje de referencias en español.

Conviene advertir que para la evaluación de algunos de estos indicadores y también para algunos otros que después manejaremos al trabajar sobre áreas temáticas de investigación, se recurrió a un muestreo previo entre los artículos de partida en el que se ponderó la distribución del total de artículos por quinquenios y áreas de investigación y la productividad por autores, de ahí que en algunas tablas, cuando el muestreo arrojaba un número irrelevante de artículos, puedan apreciarse algunos huecos.

Al intentar aplicar este mismo método al análisis bibliométrico por áreas temáticas de investigación, estudiando simultáneamente para todas ellas (seis significativas) la evolución de los siete indicadores antes mencionados a lo largo de los también siete quinquenios de la época, llegábamos a unas tablas de triple entrada sumamente confusas y farragosas de las que no era posible extraer consecuencias ordenadas y fiables..

Para obviar esta situación optamos por recurrir a las técnicas estadísticas del análisis multivariante<sup>7</sup>, las cuales a la larga nos ayudaron no sólo a salvar las dificultades expuestas, sino que además nos permitieron abordar nuestro estudio bajo una perspectiva mucho más rica al poder ampliar notablemente el número de indicadores bibliométricos utilizados para caracterizar cada área temática. En nuestro caso llegamos a incluir hasta veinte de ellos, los cuales detallaremos posteriormente.

De entre las distintas técnicas del análisis multivariante elegimos las de análisis factorial de componentes principales, cuya formulación concreta<sup>8</sup> queda claramente fuera del contexto y posibilidades de un artículo como éste. Nos limitaremos a indicar, para personas no familiarizadas con el tema, que el objetivo último de estas técnicas estadísticas sería en nuestro caso concreto llegar a una clasificación de los "casos" (aquí áreas de in-

vestigación) en base a su comportamiento global frente a un buen número de variables (aquí indicadores bibliométricos). Presumiblemente, dicha clasificación nos dividirá las áreas de investigación en diversos grupos, de forma que los componentes de cada uno de ellos habrán tenido un comportamiento homogéneo frente a los indicadores bibliométricos manejados, y a su vez claramente diferenciado del correspondiente a los elementos de otros grupos.

La complejidad a nivel de cálculo de un análisis factorial hace imprescindible la utilización de medios informáticos<sup>9</sup>, por nuestra parte hemos canalizado los mismos hacia la utilización del programa para FACTOR-ANALYSIS de la serie BMPD.

### 3. Resultados

#### a) Artículos y áreas temáticas.

Entre 1940 y 1975 se publican en los *Anales* un total de 1.324 artículos de Física, lo que arroja una media anual de 50 trabajos. Al estudiar la evolución quinquenal de este fenómeno (tabla 1), parecen quedar deli-

**TABLA 1**

**EVOLUCION QUINQUENAL DEL NUMERO DE ARTICULOS DE FISICA PUBLICADOS EN LOS ANALES DE LA REAL SOCIEDAD DE FISICA Y QUIMICA ENTRE 1940 Y 1975**

QUINQUENIO	Nº ARTICULOS	MEDIA ANUAL
1940-44	94	18,8
1945-49	144	28,8
1950-54	173	34,6
1955-59	150	30,0
1960-64	178	35,6
1965-69	234	46,8
1970-75	351	70,2
<b>TOTALES</b>	<b>1.324</b>	<b>40,9</b>

mitadas tres grandes etapas. La primera de ellas se daría entre el final de la guerra civil y 1955, a lo largo de la misma el ritmo de producción de artículos es claramente creciente, subiendo la media anual desde los 18,8 artículos/año hasta 34,6. La segunda etapa, correspondiente a la década 1955-65, es de estancamiento productivo, oscilando la media anual entre 30 y 35,6. Los diez años restantes hasta el final de la época en 1975, vuelven a mostrar una clara tendencia al crecimiento de la producción, llegando a situarse la media anual en el valor 70,2 durante el último quinquenio.

La clasificación temática de los 1.324 artículos de Física publicados nos hacía ver la existencia de seis grandes áreas de investigación, estas eran las de Optica (OPT; 196 art.; 14,9%), Física Nuclear (FN; 278; 19,1%), Física Teórica (FT; 124; 9,7%), Electricidad y Magnetismo (EM; 209; 15,4%), Química-Física (QF; 180; 12,4%), Cristalografía y Física de los Sólidos (CFS; 155; 10,6%), quedando otras eventuales áreas temáticas muy distanciadas cuantitativamente de las anteriores<sup>10</sup>.

El análisis de la evolución quinquenal de las seis áreas fundamentales de investigación (tabla 2), nos sugiere, de nuevo, la delimitación de tres etapas cronológicas muy similares a las anteriores. Así, es de notar que los quince primeros años de postguerra están dominados por un área de investigación, la OPT, posteriormente, entre 1955 y 1965, se asiste al relevo en las cotas de máxima producción de este área por la de FN, cuyo ritmo de crecimiento a lo largo de esa época es verdaderamente potente. El panorama vuelve a cambiar en la década final, a lo largo de la cual la FN desciende a nivel porcentual en tanto que otras como EM, CFS y FT experimentan subidas en este mismo terreno, si bien es para la última donde parece apreciarse un crecimiento relativo más fuerte con relación a las cifras de quinquenios anteriores.

#### b) Indicadores bibliométricos de calidad e institucionalización.

El estudio de los indicadores bibliométricos de calidad (tabla 3), pone de manifiesto, en primer lugar, una apreciable baja de los mismos a resultas de la guerra civil cuando se les compara con los obtenidos para los años treinta<sup>11</sup>, descendiendo nueve puntos el porcentaje de artículos en colaboración, diecisiete el de artículos con referencias bibliográficas y manteniéndose el número de referencias/artículo. Esta situación negativa perdura a lo largo de toda la década de los cuarenta, pero entre 1950 y 1955

TABLA 2

## EVOLUCION QUINQUENAL DE LOS ARTICULOS CORRESPONDIENTES A CADA UNA DE LAS GRANDES AREAS TEMATICAS DE INVESTIGACION.

## a) Valores absolutos

QUINQUENIOS	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
<b>TOTALES</b>	<b>196</b>	<b>278</b>	<b>124</b>	<b>209</b>	<b>180</b>	<b>155</b>	<b>182</b>

## b) Valores porcentuales

QUINQUENIOS	OPT.	FN.	FT.	EM.	QF.	CFS.	OTR.
1940-44	34,0	2,1	1,0	18,0	8,5	5,3	34,8
1945-49	36,4	3,3	1,3	14,1	16,2	7,4	20,9
1950-54	26,0	13,2	1,7	13,8	6,9	25,4	12,7
1955-59	20,6	19,3	6,6	10,6	10,0	14,6	18,0
1960-64	14,6	31,6	11,8	13,5	5,0	5,6	17,5
1965-69	2,5	22,6	16,6	14,9	16,2	8,5	18,4
1970-75	1,1	24,4	15,0	19,6	15,6	8,2	15,9
<b>TOTALES</b>	<b>14,9</b>	<b>19,1</b>	<b>9,7</b>	<b>15,5</b>	<b>12,4</b>	<b>10,6</b>	<b>17,7</b>

OPT: Optica  
 FN: Física Nuclear  
 FT: Física Teórica

EM: Electricidad y Magnetismo  
 QF: Química Física  
 CFS: Cristalografía y Física de los Solidos

TABLA 3

## EVOLUCION QUINQUENAL DE LOS INDICADORES BIBLIOMETRICOS DE CALIDAD

QUINQUENIO	%art. col.	%art. ref.	ref./art.	Ind. obs.
1931-35	46,5	89,1	7,9	
1940-44	37,5	72,7		9,3
1945-49	44,4	86,9	8,1	9,0
1950-54	61,8	88,8	6,2	5,4
1955-59	74,0	97,2	8,9	6,9
1960-64	70,3	96,2	7,4	6,9
1965-69	68,4	98,9	10,1	8,0
1970-75	82,3	99,2	11,4	8,2

% art. col.: Porcentaje de artículos en equipo.

% art. ref.: Porcentaje de artículos con referencias

ref./art.: Número de referencias por artículo

Ind. Obs.: Índice de obsolescencia de las referencias

TABLA 4

## EVOLUCION QUINQUENAL DE LOS INDICADORES BIBLIOMETRICOS DE INSTITUCIONALIZACION

QUINQUENIO	%autorr./ref.	autorr./art.	%ref.esp.
1931-35	11,6	1,2	14,8
1940-44	9,1		13,9
1945-49	7,5	0,6	17,1
1950-54	18,6	1,2	18,4
1955-59	19,8	1,8	20,5
1960-64	22,4	1,7	22,9
1965-69	13,9	1,4	14,4
1970-75	8,7	1,0	8,3

% autrr/ref.: Porcentaje de autorreferencias sobre referencias

autrr/art.: Número de autorreferencias por artículo

% ref. esp.: Porcentaje de referencias en español



se aprecia un giro positivo casi unánime en los indicadores, superando el porcentaje de trabajos en equipo por primera vez su valor de preguerra (llega hasta 61,8%) y ocurriendo lo mismo para el número de referencias/artículo (valor 8,1) a la vez que se aprecia un importantísimo descenso en el índice de obsolescencia (desde 9 hasta 5,4), todo lo cual parece sugerir un cierto cambio de estilo en la forma de investigar claramente positivo. Esta situación continuará los diez años siguientes, pero vuelve a cambiar en el segundo quinquenio de los años sesenta, en el que notamos un ligero descenso de los artículos en colaboración (si bien luego se recupera) y una nueva alza en el índice de obsolescencia (hasta 8,2) como elementos negativos, en tanto que hay una nueva subida del número de referencias/artículo (hasta 11,4) como dato positivo, situación ésta que se mantiene ya mientras dura la época.

Por su parte, la evolución de los indicadores de institucionalización es bastante similar (tabla 4). También aquí apreciamos un descenso con respecto a los valores de los años treinta, lo que parece indicar la existencia de una crisis de escuelas investigativas tras la guerra. Los valores alcanzados por los tres indicadores de institucionalización en la preguerra no se recuperan durante la década de los años cuarenta, para ello hay que esperar, tal y como ocurría con los indicadores de calidad, hasta los años cincuenta, y a partir de ahí nuestra tabulación pone de manifiesto un alza continuada en las cotas alcanzadas por los indicadores hasta el quinquenio 1960-64, momento en el cual el porcentaje de autorreferencias sobre referencias se sitúa en 22,4%, el de referencias en español alcanza el valor de 22,9% y el número de autorreferencias/artículo es de 1,7. Sin embargo, y vuelve a reproducirse lo dicho para indicadores de calidad, entre 1965 y 1975 la situación experimenta un nuevo cambio, y en general a peor, pues los tres indicadores anteriormente citados descienden, respectivamente, a los valores 8,7, 8,3 y 1,0. Ello indica que algo estaba ocurriendo por esos años en los principales equipos de investigación establecidos.

### c) Análisis factorial de las áreas de investigación.

Como indicábamos anteriormente, nuestro análisis factorial fue estructurado en base a la existencia de seis casos (áreas de investigación) y veinte variables (indicadores bibliométricos, véase tabla 5) para caracterizar a cada uno de ellos. Obteníamos así una matriz inicial de datos de órdenes  $6 \times 20$  (ver tabla 6), la cual se sometía posteriormente al proceso normal de standarización.

TABLA 5

**RELACION DE VARIABLES UTILIZADAS EN EL ANALISIS FACTORIAL DE LAS AREAS DE INVESTIGACION**

$x_1$	Porcentaje que representa el número de artículos del área sobre el total de los correspondientes a toda la época.
$x_2$	Número de quinquenios en los que el área tiene más de cinco artículos publicados.
$x_3$	Porcentaje de artículos del área realizados en equipo.
$x_4$	Porcentaje de artículos del área realizados en colaboración múltiple (tres ó más firmas).
$x_5$	Porcentaje de artículos del área realizados a través del C.S.I.C.
$x_6$	Porcentaje de artículos del área realizados a través de centros universitarios.
$x_7$	Valor de la relación artículos: autor en el área.
$x_8$	Porcentaje de autores del área que pueden catalogarse como relevantes (índice de productividad superior o igual a uno).
$x_9$	Valor promedio del índice de productividad de los cinco productos más prolíficos del área.
$x_{10}$	Pendiente de la recta ajustada en el modelo de Lotka para el área en cuestión.
$x_{11}$	Ordenada en el origen de esa misma recta.
$x_{12}$	Número de líneas de investigación correspondientes al área.
$x_{13}$	Porcentaje de artículos del máximo productor del área que sean publicados en <i>Anales</i> y citados en el Science Citation Index, sobre el total de estos últimos.
$x_{14}$	Índice de "impacto" del máximo productor del área.
$x_{15}$	Porcentaje de artículos del área portadores de referencias.
$x_{16}$	Valor de la relación N° referencias/artículo en el área.
$x_{17}$	Valor de la relación autorreferencias/artículos en el área.
$x_{18}$	Porcentaje que suponen las autorreferencias con relación al total de las referencias del área.
$x_{19}$	Porcentaje de referencias del área correspondiente al idioma español.
$x_{20}$	Índice de obsolescencia de las referencias del área.

TABLA 6

## ANALISIS FACTORIAL DE LAS AREAS DE INVESTIGACION, MATRIZ INICIAL DE DATOS

VARIABLES	OPT.	CFS.	EM.	QF.	FN.	FT.
$x_1$	14.8	11.15.8	13.6	21.0	9.4	
$x_2$	4	7	7	7	5	4
$x_3$	59.7	76.8	61.1	78.3	85.2	44.3
$x_4$	16.3	29.1	20.4	26.1	62.9	9.6
$x_5$	76.1	51.2	36.1	60.4	11.2	11.9
$x_6$	4.0	36.3	40.7	30.5	40.9	52.1
$x_7$	2.42	1.48	1.21	1.26	1.49	1.35
$x_8$	5.6	6.0	2.9	3.5	8.0	3.6
$x_9$	1.32	1.21	1.13	1.14	1.69	0.95
$x_{10}$	1.31	1.70	1.53	1.61	1.28	1.68
$x_{11}$	37.72	60.20	95.34	76.81	82.63	55.81
$x_{12}$	4	3	4	3	3	2
$x_{13}$	22.2	40.0	0.0	50.0	46.7	6.7
$x_{14}$	12.3	3.3	0.0	40.9	10.4	9.7
$x_{15}$	83.8	97.6	90.5	100.0	99.3	96.4
$x_{16}$	5.2	8.1	6.2	14.9	10.8	10.0
$x_{17}$	0.9	1.1	0.9	1.9	1.9	0.5
$x_{18}$	17.6	13.4	14.7	13.1	17.8	5.3
$x_{19}$	18.2	15.6	13.5	11.5	19.4	6.9
$x_{20}$	6.7	9.3	8.0	7.7	5.2	7.3

A partir de esa matriz standarizada construimos la matriz de correlación de variables con los criterios usuales (en nuestro caso, naturalmente, era cuadrada de orden 20), de la cual calculábamos los autovectores y seleccionábamos aquellos cuyo autovalor correspondiente superara la unidad. A partir de ellos, y tras aplicarles el coeficiente de proporcionalidad adecuado, obteníamos la matriz variables factores, la cual, tras ser sometida a la rotación precisa para absorber la mayor cantidad posible de varianza con respecto a los casos, se convertía en la matriz rotada variables-factores (tabla 7).

TABLA 7

## ANALISIS FACTORIAL DE LAS AREAS DE INVESTIGACION. MATRIZ DE VARIABLES FACTORES ROTADA

VARIABLES	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>
x <sub>1</sub>	0,71	,19	0,52	0,00	0,41
x <sub>2</sub>	0,10	0,10	-0,69	0,19	0,67
x <sub>3</sub>	0,83	0,06	-0,20	0,43	0,27
x <sub>4</sub>	0,89	-0,23	0,22	0,16	0,24
x <sub>5</sub>	-0,06	0,89	-0,35	0,23	-0,23
x <sub>6</sub>	-0,14	-0,90	-0,07	-0,10	0,37
x <sub>7</sub>	0,15	0,64	0,30	-0,17	-0,66
x <sub>8</sub>	0,91	-0,09	0,17	-0,07	0,24
x <sub>9</sub>	0,91	0,10	0,39	0,01	0,03
x <sub>10</sub>	-0,52	-0,42	-0,73	0,09	0,03
x <sub>11</sub>	0,14	-0,23	0,03	0,05	0,95
x <sub>12</sub>	0,17	0,88	0,05	-0,28	0,32
x <sub>13</sub>	0,67	-0,02	-0,19	0,69	-0,12
x <sub>14</sub>	-0,14	0,13	0,05	0,97	-0,01
x <sub>15</sub>	0,25	-0,74	-0,24	0,52	0,21
x <sub>16</sub>	0,02	-0,43	-0,01	0,88	0,15
x <sub>17</sub>	0,63	0,03	0,08	0,69	0,32
x <sub>18</sub>	0,71	0,64	0,17	-0,03	0,19
x <sub>19</sub>	0,85	0,47	0,14	-0,17	-0,03
x <sub>20</sub>	-0,35	0,06	-0,92	-0,12	0,06

Como es bien sabido, esta matriz rotada es la que permite dar una interpretación práctica a los factores al poder apreciar mediante la misma las variables que más influyen en cada uno de ellos. Así, vemos que en el *factor 1* (F<sub>1</sub>) intervienen fundamentalmente las siguientes variables:

- x<sub>1</sub> : Porcentaje de artículos asignables al área (0,72).
- x<sub>2</sub> : Porcentaje de trabajos en equipo (0,82).
- x<sub>3</sub> : Porcentaje de artículos con tres ó más firmas (0,89).
- x<sub>4</sub> : Porcentaje de productores relavantes (0,91).

- $x_9$  : Promedio del índice de productividad de los cinco máximos productores del área (0,91).
- $x_{13}$  : Porcentaje de artículos citados en el Science Citation Index (0,67)
- $x_{17}$  : Número de autorreferencias/artículo (0,63).
- $x_{18}$  : Porcentaje de autorreferencias (0,71).
- $x_{19}$  : Porcentaje de referencias en español (0,85).

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 las variables indicativas del grado de institucionalización que alcanzan las investigaciones del área considerada en cada momento, y ello desde el punto de vista del estilo de trabajo ( $x_3$  y  $x_4$ ), desde el de asentamiento de escuelas investigativas ( $x_{17}$ ,  $x_{18}$  y  $x_{19}$ ) y desde el de acaparación de la producción a nivel cuantitativo y cualitativo ( $s_1$ ,  $x_8$ ,  $x_9$  y  $x_{13}$ ).

Para el *factor 2* ( $F_2$ ), nos encontramos con que en él tienen un papel destacado las variables:

- $x_5$  : Porcentaje de artículos realizados a través del CSIC (0,87).
- $x_{12}$  : Número de líneas de investigación del área (0,88).
- $x_6$  : Porcentaje de artículos firmados a través de la Universidad (-0,90).
- $x_7$  : Porcentaje de artículos con referencias (-0,74).

Las dos únicas variables homogéneas de este factor ( $x_5$  y  $x_6$ ), parecen caracterizarlo como indicativo de la procedencia institucional, con lo que es complementario de  $F_1$ . Pasando ahora al *factor 3* ( $F_3$ ), vemos que las principales variables contribuyentes al mismo son:

- $x_2$  : Número de quinquenios con más de cinco artículos correspondiente al área (-0,69).
- $x_{10}$  : Pendiente de la ley de Lotka para el área (-0,73).
- $x_{20}$  : Índice de obsolescencia de referencias (-0,92).

Todo ello confiere la importancia a este factor, pues vendría a medirnos la potencia ( $x_2$  y  $x_{10}$ ) y obsolescencia ( $x_{20}$ ) de la producción. Por lo que respecta al *factor 4* ( $F_4$ ), sus variables más influyentes serían:

- $x_{13}$  : Porcentaje de artículos citados en el Science Citation Index (0,69).
- $x_{14}$  : Índice de impacto del máximo productor (0,97).
- $x_{16}$  : Número de referencias/artículo (0,88).
- $x_{17}$  : Número de autorreferencias/artículo (0,69).

En relación a lo cual cabe interpretar  $F_4$  como representativo del impacto o visibilidad de la producción ( $x_{13}$  y  $x_{14}$ ) y de la base documental de la misma ( $x_{16}$  y  $x_{17}$ ), lo que le confiere también su importancia. No ocurre así con el *factor 5* ( $F_5$ ), que por las variables significativas del mismo ( $x_2$ ,  $x_{11}$  y  $x_7$ ) parece ser un mero complemento del  $F_3$ , por lo que no lo detallaremos.

Con estas últimas apreciaciones agotaríamos la información derivada de la matriz rotada variables-factores. Siguiendo ahora el proceso normal de todo análisis factorial hemos de dar ya el paso fundamental, como es el de referir los casos a los factores y formar así la matriz casos-factores (tabla 8). Dicha matriz tendría su visualización gráfica rigurosa en un espacio pentadimensional cuyos ejes serían los factores y en cuyo seno se representaría cada uno de los seis casos (áreas investigativas) por un punto. Ante la imposibilidad de realizar una gráfica de tal naturaleza utilizaremos el recurso, usual en todo análisis factorial, de proyectar esa nube de seis puntos hacia planos bidimensionales del espacio pentadimensional, cada uno de los cuales quedará determinado por dos de los factores como ejes de referencia.

Por la fundamentación teórica del análisis factorial es sabido que, de todas las proyecciones bidimensionales antes citadas, las más importantes son aquellas en las que interviene el  $F_1$  (no en balde es el absorbe mayor varianza), por eso son las gráficas de esas proyecciones las que hemos preferido mostrar (ver gráficas 1, 2 y 3). Las mismas no dejan lugar a dudas sobre cuál debe ser la clasificación asignable a nuestros casos (áreas investigativas), la cual quedaría conformada por tres grupos, uno primero recogería los casos 1, 2 y 4 (respectivamente, las áreas de OPT, CFS y QF), un segundo grupo sería el de los casos 3 y 6 (áreas de EM y FT), en tanto que habría un tercer y último grupo cuyo único componente sería el caso 5 (área de FN).

TABLA 8

## ANALISIS FACTORIAL DE LAS AREAS DE INVESTIGACION. MATRIZ CASOS-FACTORES

CASOS	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>
OPT.	0,65	1,13	-2,94	-2,10	-0,80
C.F.S.	0,79	0,99	-2,75	-1,77	-0,54
E.M.	0,34	0,31	-1,51	-1,24	-0,36
Q.F.	0,86	1,10	-2,85	-1,74	-0,54
F.N.	1,87	-0,36	-0,45	-0,97	-0,98
F.T.	-0,06	0,04	-1,51	-0,67	-0,48

OPT.: Optica

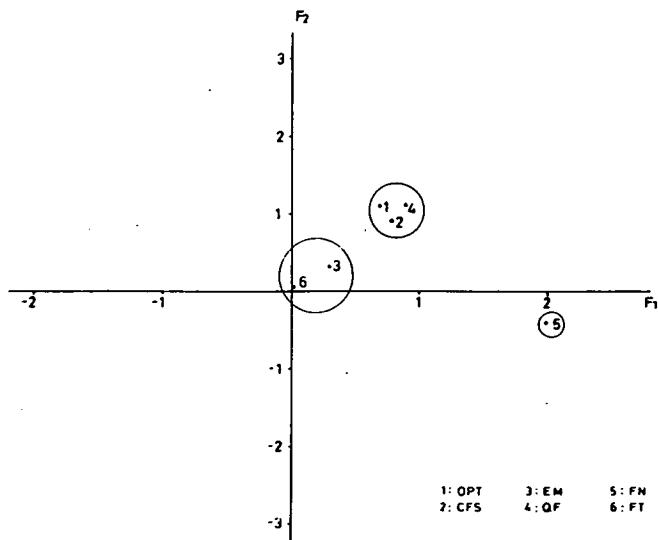
C.F.S.: Cristalografía y Física de los Sólidos

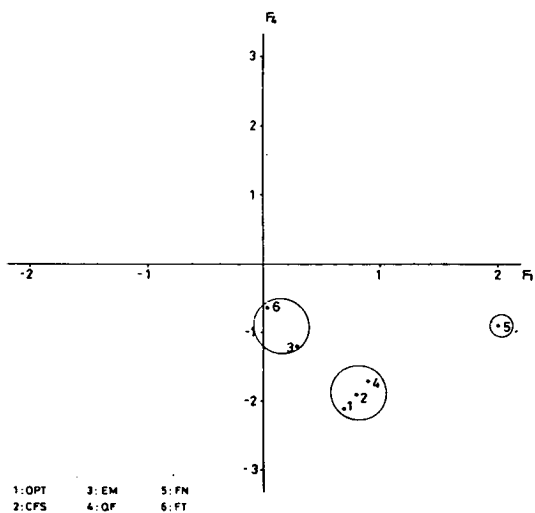
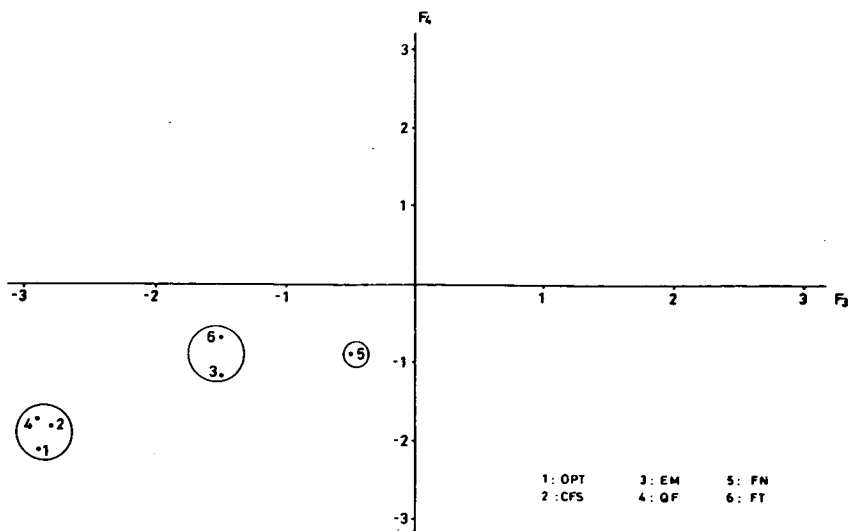
E.M.: Electricidad-Magnetismo

Q.F.: Química-Física

F.N.: Física Nuclear

F.T.: Física Teórica

Gráfico 1.- Análisis factorial de las áreas de investigación. F<sub>1</sub> - F<sub>2</sub>

Gráfica 2.- Análisis factorial de las áreas de investigación.  $F_1 - F_4$ Gráfica 3 - Análisis factorial de las áreas de investigación.  $F_3 - F_4$ 



Ciertamente que aún se puede extraer más información del análisis factorial realizado, pero para los objetivos del presente trabajo el hecho de que hayamos podido establecer un comportamiento global perfectamente diferenciado, frente al conjunto de indicadores bibliométricos, para diversos grupos de áreas investigativas, es la auténtica cuestión verdaderamente significativa y relevante.

#### 4. Conclusiones

Tanto los datos procedentes de la evolución del número de artículos como los referentes a la evolución seguida por los indicadores de calidad e institucionalización, apuntan hacia dos ideas generales de partida: un impacto sumamente negativo de la guerra civil sobre la producción científica en Física y una periodización en tres etapas de la evolución de la misma a lo largo de toda la era franquista.

A efectos del impacto de la guerra hemos tenido ocasión de comprobar como se daba un notable descenso a raíz de ella tanto en el ritmo de la producción de artículos, como en la calidad de los mismos. Además, los indicadores de institucionalización ponían de manifiesto una más que posible crisis de las escuelas de investigación forjadas en los años treinta.

Cuando estudiábamos la evolución de todas estas facetas entre 1940 y 1975 veíamos cómo una y otra vez, sistemáticamente, nos quedaban delimitadas tres etapas. Una primera se daba entre el final de la guerra y el primer quinquenio de los años cincuenta, en la misma tanto el ritmo productivo como los indicadores de calidad e institucionalización no hacían sino, en general, recuperar lenta y costosamente los niveles alcanzados en preguerra. A lo largo del quinquenio (1950-54), y abriéndose con ello una segunda etapa que durará hasta 1965, la situación cambiaba a mejor por lo que respecta a los dos grupos indicadores bibliométricos, si bien se apreciaba un estancamiento productivo. Por último, y durante los diez años finales (1965-75), acaecía una tercera etapa en la que la producción volvía por fin a aumentar en concordancia con un mantenimiento de los niveles de calidad de la misma, en cambio, se daba un sensible descenso en los indicadores de institucionalización. Si sobre esta periodización superponemos la evolución de las grandes áreas de investigación, nos encontra-

mos con que el área más representativa de lo que hemos llamado primera etapa sería la OPT, para la segunda estaría la FN y para la tercera la FT, idea reforzada por el factor-analysis.

De todo lo expuesto parece deducirse con toda nitidez que la evolución de la producción científica en Física no ha estado precisamente desligada de la dinámica histórica general del período franquista. Así, vemos como nuestra primera etapa concuerda con el período de autarquía económica y aislacionismo internacional del régimen franquista, bajo el que se da una recuperación a nivel cuantitativo de la producción científica, pero dominada por un área temática como la OPT desligada de los notables logros de los años treinta (Cabrera, Catalán, etc...) y con unos parámetros bibliométricos de calidad deficientes.

La que hemos llamado segunda etapa se inicia justo en los años cincuenta, los de los pactos USA, reconocimiento internacional, liberalización económica y posterior plan estabilizador. Esto parece traducirse a nivel de producción científica en un aumento de la calidad (a juzgar por los indicadores) y en un asentamiento de escuelas investigativas (misma causa), todo lo cual es una lógica consecuencia de la apertura político-económica al exterior, a la vez que el parón observado en la producción muy bien podría ligarse al aumento de la dependencia económica respecto a las grandes potencias occidentales, a las consecuencias postreras del largo período autárquico y a la muy posible tendencia que ya en esos años se estaría dando de publicar en el extranjero.

Por su parte, la que era nuestra tercera etapa (1965-75) se correspondería con el desarrollismo económico (planificación indicativa) y el tecnocratismo político vivido en nuestro país a partir de los años sesenta. Según nuestros datos, esta etapa hay que asociarla con un crecimiento de la producción científica, si bien se daba asimismo la circunstancia de que los indicadores de calidad tendían en general a mantenerse y los de institucionalización bajaban sensiblemente. Sin embargo parece poco probable, según restantes datos, que se diera una disolución de las escuelas investigativas de los años cincuenta. Este descenso del grado de institucionalización de la labor investigadora podría estar muy bien asociado justo al fenómeno contrario, una proliferación excesiva y desordenada de nuevas escuelas de investigación. En posteriores publicaciones, trabajando sobre los contenidos internos de las áreas temáticas, intentaremos arrojar luz sobre esta cuestión.

Tratamiento aparte merecen nuestras conclusiones del análisis factorial. Ante todo, el hecho de que en la clasificación derivada del mismo las áreas representativas de cada una de las tres etapas antes establecidas hayan quedado siempre separadas, es algo que apuntala muy significativamente todas nuestras apreciaciones anteriores. Pero aún habría más, y sería que esta potente técnica estadística nos ha puesto de manifiesto como las áreas de investigación desarrolladas preferentemente en etapas diferentes según la dinámica histórica del franquismo, presentan un comportamiento bibliométrico global perfectamente diferenciado entre sí. La influencia de las circunstancias económico-sociales sobre la producción científica de cada momento histórico parece entonces manifestarse hasta en los tratamientos matemáticos. Bien es verdad que no son los miembros de la SEHC precisamente ante quienes hace falta insistir para convencerles de ello, pero bueno es darles elementos de juicio positivos frente a los positivistas incrédulos.

#### NOTAS

1 Véase VALERA (1982), ambas publicaciones.

2 Ver MARSET-VALERA-LOPEZ (1981).

3 Ver LOPEZ-VALERA-INIESTA-MARSET (trabajo presentado al II Congreso de la SEHC) y VALERA (1982), entre otras aportaciones.

4 En C. LOPEZ (tesis doctoral) puede encontrarse un apartado completo, dedicado a esta cuestión, el cual se aborda mediante el estudio de una relación completa de las revistas españolas de Física en curso de publicación a lo largo del período franquista. Asimismo, la posible distorsión introducida por las publicaciones en el extranjero es estimada por áreas temáticas de investigación a través del estudio del impacto de la producción mediante el Science Citation Index.

5 Ver VIESCA-PEREZ ALVAREZ-OSORIO.

6 Para cada artículo el índice de obsolescencia fue calculado evaluando la mediana de la serie estadística obtenida al ordenar correlativamente la diferencia entre los años de las referencias bibliográficas y el de publicación del artículo. Para extender dicho índice a períodos cronológicos determinados o a áreas temáticas se procedía al cálculo de la media aritmética de los índices de obsolescencia de los artículos correspondientes.

7 En GARCIA CAMARERO (1982) puede encontrarse una relación debidamente comentada sobre las técnicas estadístico-informáticas aplicables a la investigación histórico-científica, entre las cuales se cita el análisis factorial.

8 Ver ATCHELY-BAYANT (1975), CUADRAS (1981), HARMAN (1967).

9 En este terreno los autores agradecen al Centro de Proceso de Datos de la Universidad de Murcia la ayuda prestada, y a los Dres. F. Muñoz y P. Marsset su inestimable orientación.

10 Entre ellas tan sólo cabría citar las de Espectroscopía y Termología, que tienen una significación no desdeñable al inicio y al final de la época, respectivamente.

11 Los datos correspondientes al quinquenio 1931-35 que figuran en nuestras tabulaciones han sido conseguidos por el M. Valera. Ver VALERA (1982), ambas publicaciones.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 ATCHELY, W.; WAYANT, E.H. (1975), *Multivariate Statistical Methods among groups. Govariation*. Londres, John Wiley & Sons.
- 2 BIESCAS, J.A.; TUÑON, M. (1980), *España bajo la dictadura franquista*, Barcelona. Labor.
- 3 CUADRAS, C.M. (1981) *Métodos de análisis multivariante*, Barcelona, EUNIBAR.
- 4 GARCIA CAMARERO, E (1982), La informática en la metodología de la Historia de la Ciencia, *Llull*, 5 (nº 8-9), 219-229.
- 5 HARMAN, H.H. (1967), *Modern Factor Analysis*, Chicago, University Chicago Press.
- 6 LOPEZ, C.; VALERA, M.; INIESTA, M.A.; MARSET, P. (en prensa), Aproximación al análisis bibliométrico de la producción española en Física durante el franquismo a través de los *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*. *Actas del II Congreso de la SEHC*.
- 7 LOPEZ, C., *La Física española durante el franquismo a través de los Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*. Tesis de doctorado (pendiente lectura).
- 8 MARSET, P.; VALERA, M.; LOPEZ, C. (1981), Repercusiones de la guerra civil española (1936-1939) en la producción científica en Física a través de los *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, *Dynamis*, 1, 179-202.
- 9 TAMAMES, R. (1980) *La República. La Era de Franco*, Madrid, Alianza Universidad.
- 10 VALERA, M. (1982), *La producción española en Física durante el período (1903-1937) a través de los Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, Tesis de doctorado, Murcia.
- 11 VALERA, M., (1982), La Física española durante el primer tercio del s. XX. Un estudio sobre los artículos de Física publicados en los *Anales de la Real Sociedad Española de Física y Química*, durante el período (1903-1937), *LLULL*, 5 nº 8 y 9), 149-174.
- 12 VIESCA, R.; PEREZ ALVAREZ-OSORIO, J.R.; (1977), *Análisis de literatura española en Física a través del Banco de datos del INSPEC (Sección de Física)*. *Cuadernos de documentación*, 1, 57-63.