

FÍSICA MATEMÁTICA Y FÍSICA TEÓRICA: CONCEPTOS Y PROGRAMA DE ENSEÑANZA DESDE EL INSTRUMENTALISMO CIENTÍFICO DE ORTIZ FORNAGUERA

PABLO SOLER FERRÁN
Investigador independiente

Resumen

Se analiza la memoria de Ramón Ortiz Fornaguera (1916-1974) sobre el concepto, método y programa de Física Matemática, realizada en 1952 —un trabajo inédito e inaccesible hasta ahora. Se destaca la importancia histórica de la misma, por el carácter innovador de su propuesta de investigación y enseñanza, basada en la concepción instrumental de la ciencia. Ortiz analizó las similitudes y diferencias entre la Física Matemática y la Física Teórica, proponiendo una asignatura centrada en la física cuántica, relativista y los métodos matemáticos asociados, programa que tenía por objeto iniciar la investigación sobre esta disciplina en España. Esta memoria la presentó Ortiz en las oposiciones a la Cátedra de Física Matemática de la Universidad de Madrid en 1952 y de Barcelona en 1955. Este trabajo se basa en el análisis de dicho documento, así como de correspondencia de Ortiz relacionada con las citadas oposiciones. Tanto la memoria como esta correspondencia están disponibles en acceso abierto en el Archivo Digital Ortiz Fornaguera.

Abstract

We analyze Ramón Ortiz Fornaguera's memoir on the concepts, methods, and teaching program of Mathematical Physics (1952), an unpublished, hitherto unavailable work. Based upon an instrumentalist conception of science, Ortiz's work is an outstanding historical contribution of remarkable originality for its time in Spain. He analyzed similarities and differences between Mathematical and Theoretical Physics, proposing a course focused on quantum physics, relativity and the associated mathematical methods, with the aim to promote the development of research activity in the field in Spain. Ortiz (1916-1974) presented this memoir at the public examinations for Full professorship of Mathematical Physics, both in Madrid (1952) and Barcelona (1955). This paper studies Ortiz's memoir together with his correspondence concerning the above-mentioned examinations —all these documents are freely available online at the Digital Archive “Ortiz Fornaguera”.

Palabras clave: Física, Física Matemática, Física Teórica, Filosofía de la Ciencia, Instrumentalismo, España, Siglo XX, Ramón Ortiz Fornaguera.

Keywords: Physics, Theoretical Physics, Mathematical Physics, Philosophy of Science, Instrumentalism, Spain, 20th Century, Ramón Ortiz Fornaguera.

Recibido el 4 de abril de 2016 – Aceptado el 27 de junio de 2016

INTRODUCCIÓN

Analizamos aquí un trabajo inédito, y hasta ahora desconocido, del matemático y físico teórico Ramón Ortiz Fornaguera (1916-1974) que consideramos de especial relevancia para la historia de la física en España: su memoria sobre el concepto, método y programa de Física Matemática (FM), presentada como aspirante a las cátedras de la asignatura correspondiente de la Universidad de Madrid en 1952, y de Barcelona en 1955 [ORTIZ, 1952c, 1955a].

Es una obra muy avanzada para la época en España y que tiene un gran valor sobre la historia y los aspectos epistemológicos de esta disciplina. Prueba de su interés histórico es que en 1990 el historiador José Manuel Sánchez Ron afirmaba: “En realidad, la historia del concepto, origen y desarrollo de la Física Matemática está todavía por escribir” [SÁNCHEZ RON, 1990, p.11]. En mi opinión, si no en su totalidad, sí que Ortiz en 1952 solventó en parte esta carencia, por lo menos en lo que respecta a la FM asociada a las físicas relativista y cuántica, ya que realiza un repaso histórico de los principios matemáticos asociados a las mismas. Analiza la evolución del concepto de FM desde la física clásica a la moderna e incluye un interesante análisis de las similitudes y diferencias entre la FM y la Física Teórica (FT). Por otra parte, su propuesta del programa para la asignatura incide en aspectos didácticos y enfocados a la capacitación investigadora de los alumnos, cuando en esos años prácticamente no había investigación en FT/FM en España.

Aunque ya se ha estudiado la trayectoria científica de Ortiz, incluyendo su producción escrita, en cambio, su memoria sobre la FM sólo se ha analizado superficialmente [SOLER, 2015], lo que intentamos solventar aquí. Ciertamente, la influencia de dicha memoria en la época fue prácticamente nula, ya que su autor no consiguió la plaza en concurso de ambas convocatorias y, que sepamos, no trascendió entre la comunidad científica, más allá de colegas cercanos a él; desde luego es seguro que no trascendió públicamente. Pero precisamente este hecho, el que pasara desapercibida una iniciativa tan innovadora para la época, creemos que es un buen reflejo de la situación de la física universitaria española de esos años. En efecto, la propuesta de Ortiz es especialmente significativa en el contexto histórico del periodo autárquico de la dictadura franquista, donde la prioridad en política científica estaba enfocada hacia lo aplicado, y la universidad se mantenía ajena a la investigación [SANZ, 1997, p. 152; SÁNCHEZ RON, 2003, p. 7]. Ortiz mostró su independencia, no solo respecto al

régimen en el terreno ideológico, sino también respecto de las autoridades universitarias por su concepción de la física, la universidad y la investigación. Sus ideas sobre el concepto, método y programa de FM creemos que son muestra de ello.

Para este trabajo me he basado en el análisis de la memoria de Ortiz citada anteriormente, así como el de otras fuentes primarias; principalmente la correspondencia de Ortiz. Estos documentos están disponibles públicamente y consideramos conforman un patrimonio documental de extraordinaria importancia para la historia de la física en España¹. Adicionalmente también se han consultado las Actas de las citadas oposiciones en el Archivo General de la Administración.

El cuerpo principal de este trabajo aparece desarrollado en los apartados tercero, cuarto y quinto, donde se analizan, respectivamente, las ideas de Ortiz respecto al carácter instrumental de la física, contrapuesto al realismo científico; los conceptos de FT y FM, así como sus similitudes y diferencias; por último, el programa y método de enseñanza para una asignatura de FM en los planes de estudios universitarios. Adicionalmente, y para contextualizar adecuadamente el contenido indicado anteriormente, se ofrece en el primer apartado una breve síntesis de la biografía científica de Ortiz, y en el segundo el desarrollo de las citadas oposiciones.

1. LA TRAYECTORIA CIENTÍFICA DE ORTIZ FORNAGUERA²

Ramón Ortiz Fornaguera, nacido en Barcelona, se licenció en 1942 en Ciencias Exactas y en 1944 en Físicas, obteniendo ambos títulos por la Universidad de Barcelona con Premio Extraordinario. En 1947 se doctoró en Físicas bajo la dirección de Esteve Terradas (1883-1950). Entre 1936 y 1941 trabajó en el Observatorio Fabra, y entre 1944 y 1946 como profesor ayudante de la Universidad de Barcelona, puesto que dejó para establecerse en Madrid como ayudante de la cátedra de FM, entonces ocupada por Terradas, y como becario del Instituto de Óptica del CSIC, bajo la dirección de José María Otero Navascués (1907-1983). La influencia de Otero en la carrera de Ortiz fue trascendental, ya que bajo su dirección nuestro protagonista participó, desde 1948, en los inicios de la Junta de Energía Nuclear (JEN).

En esos años Ortiz publicó en España trabajos teóricos propios de la FM/FT, lo que le aportaría reconocimiento y prestigio entre la comunidad científica española. De hecho, prácticamente fue el único físico español que tenía clara su prioridad sobre la FM/FT, inexistente en España por entonces como disciplina investigadora y que realmente no se empezó a desarrollar hasta finales de los años 1960. En 1948 publicó un trabajo sobre la teoría corpuscular de la luz en la que resumió las novedades de esos años sobre Electrodinámica Cuántica (QED) y Teoría Cuántica de Campos (QFT) [ORTIZ, 1948a]. De esta forma, igual que a Blas Cabrera (1878-1945) y a Terradas se les reconoce como los introductores de la relatividad en España, el mismo mérito se le puede atribuir a Ortiz respecto de la QED y la QFT. En sus trabajos, desde 1948 a 1955, Ortiz intentó establecer modelos teóricos que englobaran casos

particulares, por ejemplo sobre teorías de campos en Relatividad General [ORTIZ, 1948b] o en aspectos de mecánica cuántica relativista [ORTIZ, 1952a, 1952b].

El reconocimiento internacional vendría más tarde, primero por parte de Werner Heisenberg (1901-1976) en 1954, con quien colaboró en Göttingen en física de reactores nucleares, lo que le permitió además aproximarse a la Teoría Cuántica de Campos no lineal del científico alemán, concluyendo con un trabajo propio de la FM sobre las ecuaciones de la teoría mesónica no lineal [ORTIZ, 1955b]. Esto llamó la atención entre los especialistas sobre sus capacidades y proyección futura en el campo de la FM y FT. Posteriormente se extendió su prestigio entre la comunidad científica internacional, ya en los años 1960, como experto en cálculo de reactores nucleares.

La estancia de Ortiz en Alemania fue consecuencia de su periodo de formación en la JEN, primero en Italia en 1948 con el físico Bruno Ferreti (1901-1954) y en 1950 bajo la dirección de Enrico Fermi (1901-1954) en Chicago. En Alemania realmente fue ya un proceso de colaboración mutua entre Ortiz y los científicos del entorno de Heisenberg, especialmente en el campo del cálculo de coeficientes de moderación de reactores nucleares. Estas estancias en el extranjero le permitieron mantener una correspondencia científica muy provechosa con muchos de los miembros de la comunidad científica, tanto nacional como internacional.

Ortiz se presentó a las oposiciones a cátedra de FM por la Universidad de Madrid, en 1952, y de Barcelona, en 1955. Fracasó en ambas convocatorias, lo que él siempre consideró como una injusticia, creyendo además que había un boicot expreso hacia él en el ámbito universitario³. Pero no supo manejar con prudencia la tremenda frustración que le produjeron estos resultados, lo que le llevó a separarse radicalmente de la Universidad y dedicarse exclusivamente a su carrera profesional en la JEN, donde era el responsable de la unidad de Física Teórica y Cálculo de Reactores. Ya en su madurez logró reconocimiento internacional al dirigir, desde 1969, uno de los comités de la ENEA (*European Nuclear Energy Agency*), época a la que pertenece la fotografía de la figura siguiente.

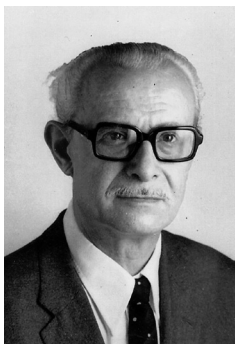


Figura 1. Ramón Ortiz Fornaguera (gentileza de la familia Ortiz).

Ortiz también es conocido por haber traducido en 1947 al castellano el famoso libro de John von Neumann (1903-1957) *Fundamentos matemáticos de la Mecánica Cuántica* y durante los años 1960 varios volúmenes del *Curso de Física Teórica* de Lev Landau (1908-1968) y Eugeny Lifshitz (1915-1985). Las vicisitudes del proceso de traducción del libro de von Neumann tienen un interés adicional tanto para la historia de la física como para su intrahistoria, aspecto que ya ha sido analizado por Baig [2012]. Ortiz mantuvo correspondencia al respecto con von Neumann y realizó interesantes aportaciones sobre los desarrollos originales, que incluyó en la edición española mediante notas y que sistematizó en un trabajo específico sobre teoría de operadores [ORTIZ, 1948c].

También cabe mencionar que fue el único físico español que polemizó públicamente en medios científicos con Julio Palacios sobre la teoría alternativa de este último a la relatividad de Einstein [SOLER, 2012; ORTIZ, 1964, 1965].

2. LAS OPOSICIONES A CÁTEDRA DE FÍSICA MATEMÁTICA DE 1952 Y 1955

Para contextualizar el tema de este apartado, consideramos conveniente detenernos en la situación de la universidad española respecto a la FT y FM. Es conocido el estado de la universidad en el primer franquismo como consecuencia de los procesos de depuración y posterior incorporación de catedráticos cuyo principal bagaje fue más su adhesión al régimen que su valía científica, de tal forma que “lo que se desarrolló, en esos primeros años, fue sobre todo un colectivo de interesados en la jerarquía académica más que un colectivo de verdaderos investigadores” [SANZ, 1997, p. 150]⁴.

Como ya se ha indicado en estudios sobre la Universidad española en el franquismo, la ruptura que supuso la Guerra Civil, primero con la depuración del profesorado por las autoridades republicanas en aquellos casos en los que se apoyó el levantamiento contra la legalidad vigente, y posteriormente por las autoridades del nuevo régimen con mayor virulencia, implicó “la configuración de un nuevo escalafón de catedráticos en el que se apreciaban vacíos considerables” [RODRÍGUEZ, 2002, p. 284]. Evidentemente estos vacíos fueron consecuencia directa tanto de la depuración como del posterior *asalto* a las cátedras por parte de los diversos grupos de poder del régimen, de tal forma que “... lo que Laín Entralgo calificó en sus memorias como un 'atroz desmoche' estuvo acompañado (...) por el asalto a las cátedras de una turba de gente incompetente, pero adicta” [FONTANA, 2006]⁵. Esta situación fue paulatinamente cambiando desde 1957, con el comienzo de lo que se ha dado en llamar la orientación tecnocrática, aunque, como señaló el historiador Manuel Tuñón de Lara, esta

“se ha hecho aún poco visible en la Universidad. Se observa, en cambio, la aparición de profesores que ya no son los que tenían la cátedra por 'derecho de cruzada' o por méritos excepcionales en el campo de la derecha. A pesar de una serie de trabas y cribas, de avales y certificados de adhesión, de presiones en los tribunales de oposición, etc., hay ya catedráticos cuyo saber es independiente de todo esto” [BIASCAS y TUÑÓN DE LARA, 1980, p. 311].

Ya se ha comentado anteriormente que la física del primer franquismo se caracterizó por la prioridad en lo aplicado y la ausencia de la investigación en el ámbito universitario. El primer aspecto fue consecuencia de la economía autárquica, que en el ámbito de la física se ha caracterizado como física autárquica [LÓPEZ GARCÍA, 1994, pp.176-183; HERRÁN y ROQUÉ, 2012, p. 95]. A esto se añadían las importantes carencias de la física española de posguerra como consecuencia del impacto de la Guerra Civil, el exilio de muchos de los protagonistas de esta disciplina y los procesos posteriores de depuración. Todo ello implicó que la ciencia básica, es decir la FT y FM, prácticamente no existiera en España, con Ortiz como única excepción por su clara prioridad en los trabajos teóricos, como ya hemos visto.

En definitiva, creemos que las oposiciones a la cátedra de FM de las Universidades de Madrid y Barcelona, es un caso particular que ejemplifica perfectamente la situación anteriormente indicada, la cual se puede resumir en una sola frase, que se corresponde con el título de una reciente monografía: *La Universidad nacionalcatólica: la reacción antimoderna* [OTERO CARVAJAL, 2014].

Repasemos pues, sintéticamente la marcha de estas oposiciones. La Cátedra de Madrid salió a concurso como consecuencia del fallecimiento de su anterior responsable, Terradas, en 1950 y la de Barcelona fue de nueva dotación en 1949, aunque diversas vicisitudes hicieron que no se convocara hasta 1955. De hecho, del análisis de la correspondencia de Ortiz acerca de las convocatorias se pueden adivinar los juegos de influencia y de poder que se establecían en torno a las cátedras. Por ejemplo, hay un testimonio significativo al respecto; cuando Ortiz duda si presentarse a la cátedra de Física Nuclear de Madrid, escribe a Otero:

Por diferentes conductos me enteré que en el B.O. del 9 de abril apareció la convocatoria de oposiciones a la cátedra de física nuclear de Madrid. Nada más lejos de mi ánimo que el plantear dificultades y problemas. Pero le ruego que con toda franqueza me diga si existe inconveniente en que las firme, en el bien entendido de que si a Carlos se le ofrece vía libre yo no me presentaré⁶.

Como vemos, Ortiz le pide permiso al todopoderoso Otero para presentarse a una cátedra, lo que además es un ejemplo de lo que se conoce como “clientelismo” en la ciencia española de la época y que perjudicó el desarrollo de la misma [HERRÁN y ROQUÉ, 2012, p. 89].

Lo significativo de hasta qué punto se manejaban influencias y ejemplificaban las luchas de poder, es que Armando Durán (1913-2001), el vicepresidente de la JEN, le desaconseja que participara en estas oposiciones.

Me dijo Otero el otro día que le habías consultado sobre la conveniencia de firmar las oposiciones de Física Nuclear. Mi opinión es que no debes hacerlo por varias razones: la primera porque te apartas de la línea perfectamente definida de tu vocación físico-matemática, y segundo porque no creo conveniente que dos miembros de la Junta se presenten a la misma cátedra [el otro miembro era Sánchez del Río]⁷.

Tenemos otros testimonios significativos sobre la influencia de Otero para manejar los tiempos de las convocatorias. Por ejemplo cuándo le escribe a Ortiz sobre el presidente del tribunal de las de Barcelona, Francisco Navarro Borrás (que luego no sería el definitivo):

...está a nuestra entera disposición para convocar el tribunal de las oposiciones a la cátedra de Barcelona cuando deseemos⁸.

Y sobre los juegos de poder para situar a miembros afines en los tribunales:

Y ahora, con entera reserva, ayer me llamó Navarro Borrás por teléfono, indicándome que no le gusta nada el tribunal de Física de Barcelona, por el juego de los suplentes, y que prefería no convocar para que se nombrase nuevo tribunal⁹.

Lo anteriormente descrito también se puede intuir con las rocambolescas y sucesivas convocatorias, admisión de aspirantes, asignación y anulación de los correspondientes tribunales, tal como se refleja en las diferentes órdenes del Boletín Oficial del Estado relativas a estas convocatorias¹⁰. En concreto, el proceso para la cátedra de Barcelona fue toda una odisea: en la primera convocatoria de septiembre de 1949 solo se presentó Ortiz, llegándose a admitir como único convocado en enero de 1950; en septiembre de este año se abrió nuevo plazo de candidatos (donde ya se presentaron otros aspirantes); hasta abril de 1951 no se nombra tribunal para anularlo en diciembre de 1951, con nueva lista de admitidos en abril de 1952; nuevo tribunal en junio de 1952 y otra vez en marzo de 1954 con sustitución del presidente Julio Rey Pastor (1888-1962) por el suplente Navarro Borrás; pero hasta diciembre de 1955 no se convocan oficialmente con Rey Pastor de nuevo como presidente definitivo (veremos cómo Ortiz se quejó amargamente de la actitud de Rey Pastor hacia él).

La Cátedra de Madrid la ganó Rafael Domínguez (1915-2001) y la de Barcelona Jesús María Tharrats (1923-2001). Aunque sus respectivas memorias para la cátedra también permanecen inéditas, se pueden consultar en el Archivo General de la Administración. La de Domínguez se centraba en la Física Clásica y no planteaba ninguna directriz investigadora del responsable de la cátedra [DOMÍNGUEZ, 1952]. La de Tharrats, en cambio, sí puede por lo menos compararse con la de Ortiz [THARRATS, 1955], siendo ya una cuestión opinable y subjetiva la valoración sobre su adecuación al programa de la cátedra, aunque no desarrolla los temas en esos años abiertos en investigación sobre la materia, lo que sí hizo Ortiz, como veremos más adelante, quien daba una importancia capital a este aspecto para incidir en la necesaria labor de promoción de la investigación sobre FT y FM.

Del análisis de las actas de estas oposiciones, se intuye, sin poderse demostrar fehacientemente, la discrecionalidad del tribunal. En la votación final de las de Madrid, Ortiz obtuvo dos votos y cada uno de los otros tres candidatos uno. Al no obtenerse la mayoría de tres votos necesaria, se repitió la votación, obteniendo Rafael Domínguez tres votos y Ortiz los mismos dos. Ortiz presentó una reclamación

oficial por no cumplirse el reglamento entonces vigente, pero se desestimó por defecto de forma¹¹. En efecto, en dicho reglamento se establecía que en caso de empate entre dos aspirantes se debía repetir la votación sólo entre los que hubieran sacado más votos, es decir se debía excluir al resto de candidatos. Por lo tanto, la segunda votación tendría que haberse producido sólo con Ortiz como candidato y si no hubiera obtenido los tres votos necesarios, declararse desierta, que fue precisamente el argumento de Ortiz en su reclamación.

Las de Barcelona las ganó Tharrats por tres votos contra dos de su único contrincante, aun cuando en las deliberaciones del tribunal sobre la parte de ejercicios prácticos se indica que Ortiz resolvió correctamente los dos problemas y Tharrats sólo uno de ellos¹². Por la correspondencia de Ortiz, tenemos conocimiento que, en principio, el tribunal se decidió por Tharrats por una supuesta mayor claridad expositiva en los temas teóricos, según narra Isidre Polit (1880-1958), al que uno de los miembros del tribunal le informó de este debate:

Ara bé, encara que s'admeti que en Tharrats fos més brillant en l'exposició i que certes idees d'ell agradessin als Senyors del Tribunal, quan podrien desagradar a altres persones, ... ¿fins a quin punt una qüestió casi purament de forma pot compensar una caiguda purament científica i ben concreta, com la de no resoldre bé problemes tan elementals? Solament els senyors del tribunal saben les raons que tingueren per a inclinar-se en el sentit que ho varen fer¹³.

Sea como fuere, Ortiz pensaba que en la Universidad había un boicot hacia él, cuando afirmaba:

com que en aquest cas la poca vergonya humana al tribunal i darrera el tribunal ha pasat el límit del tolerable, l'universitat per mi s'ha mort. "Ortiz, no"? Doncs bé, ja que ho volem, Ortiz no¹⁴.

No sabemos exactamente los motivos de este más que posible boicot, si eran por cuestiones ideológicas o de otra índole:

Aquella consigna de 'Ortiz, no' que se s'inicia fa anys a Barcelona, i a la que s'ha afegit després el pertànyer a la Junta, ha donat, doncs, resultat per segona vegada – i última. Com comprendàs, per a mi l'universitat com a institució, s'ha mort. He conegut cada catedràtic!¹⁵.

De sus palabras, se deduce que Ortiz creía que los problemas empezaron en los años que ejerció como profesor en la Universidad de Barcelona, no sabemos si por enfrentamientos personales o de otra índole. Es factible pensar que influyera además su pertenencia a la JEN, ya que es conocido que la Junta situó a varios catedráticos en la universidad y esto creó recelos en este ámbito. También es posible que a raíz de su reclamación por el resultado de las oposiciones de Madrid se creara todavía más enemigos¹⁶. Respecto al asunto de las relaciones entre la JEN y la Universidad, la dirección de la Junta tenía clara la necesidad de situar en algunas cátedras a miembros suyos, para establecer el predominio del organismo que dirigía, pero a su vez entre la comunidad universitaria había recelos hacia Otero. Según Leonardo Villena (1917-2015), colaborador de Otero en el Instituto de Óptica del CSIC, el hecho de que

Otero tomara partido por la investigación en el CSIC y la JEN marginando a la Universidad y de que diera “toda clase de facilidades a doctorandos y a quienes preparan las cátedras” implicó que desde la Universidad “sufrirá críticas solapadas, agudizadas por el espíritu de clase, ya que él no es universitario” [VILLENNA, 1984, p. 2].

Por otro lado, desde las páginas de la revista *Physicalia* se denunciaron, sin citar casos concretos y por tanto tampoco el de Ortiz, las arbitrariedades que se cometían en la adjudicaciones de cátedras [DÍEZ-ALEGRÍA, 1957; REDACCIÓN PHYSICALIA, 1957]. Pero parece plausible pensar que, entre otros casos, se estuvieran refiriendo al de Ortiz, tanto por el ámbito de la revista y la cercanía de la fecha, así como el hecho de que el director de la revista, Leonardo de Villena, era amigo personal de Ortiz y mantuvo correspondencia con él previamente a las oposiciones en su apoyo, como ejemplo de esperanza para la modernización de la física universitaria¹⁷.

3. EL INSTRUMENTALISMO CIENTÍFICO DE ORTIZ FORNAGUERA

La aproximación de Ortiz a la FM, tanto en su concepto, como en su método de investigación y de enseñanza, está claramente mediatizada por su concepción instrumental de la Física. Es conocido el debate realismo-instrumentalismo en la Filosofía de la Ciencia. Si nos ceñimos a la Física, desde la visión realista su objetivo sería establecer modelos que se corresponden con la realidad. En cambio, desde el punto de vista instrumentalista las leyes de la Física tienen exclusivamente un valor instrumental como método de predicción, sin elaborar modelos o imágenes mentales que puedan entenderse con criterios de verdad o falsedad [RIVADULLA, 2004, pp. 28-32, 135-152]¹⁸.

En ningún momento Ortiz utiliza los términos realismo e instrumentalismo, pero de sus palabras sí se puede deducir su visión instrumental de la Física: así, en la física teórica

“sólo se dan esquemas, marcos en que encuadrar el mundo en torno, esquemas cuyas notas esenciales son su adecuación o no adecuación, pero en modo alguno su verdad o falsedad. Un modelo —una teoría— se mantiene mientras 'explica' los hechos; cuando deja de hacerlo se le arrincona” [ORTIZ, 1952c, p. 9].

Ortiz hace suyas las ideas de Paul Dirac (1902-1984) cuando defendía que “el fin principal de la física no es proporcionar imágenes, sino la formulación de leyes que rigen los fenómenos y la aplicación de estas leyes al descubrimiento de nuevos fenómenos”, frente a la concepción clásica que consideraba “el mundo como una asociación de objetos observables de acuerdo a unas leyes que nos permiten formarnos una imagen mental en el espacio y el tiempo” [ORTIZ, 1952c, p. 19]¹⁹. En definitiva, el instrumentalista científico, como Ortiz o Dirac, no considera el avance científico como una visión más precisa de la realidad, sino exclusivamente como una mejora en la capacidad predictiva de fenómenos.

En este aspecto se le debe considerar a Ortiz un pionero de la Filosofía de la Física entre los físicos españoles. A nivel internacional no resulta novedoso este posicionamiento filosófico, de hecho el propio Ortiz se basa en las ideas de terceros, como hemos visto. Muchos físicos habían tenido aproximaciones en este sentido, perdurando todavía en esos años el famoso debate entre Bohr y Einstein sobre las implicaciones epistemológicas de la Física Cuántica y, en concreto, sobre la consideración de la mecánica cuántica por parte de Einstein como incompleta desde su visión realista de la Física [BOHR, 1949].

Pero si nos limitamos al ámbito nacional es evidente que los planteamientos de Ortiz fueron innovadores, aunque no trascendiera por ser una memoria correspondiente a las oposiciones que ha permanecido inédita. Además, la visión positivista de la Ciencia que defendía Ortiz chocaba frontalmente con el proceso de espiritualización de la física que se postuló en esos años en España [HERRAN y ROQUÉ, 2012, pp. 90-94]. El término de “espiritualización de la física” respecto a la física durante la dictadura franquista está claramente corroborado con múltiples ejemplos señalados por Otero Carvajal [2014], donde era frecuente, en las memorias de las correspondientes asignaturas para aspirar a la cátedra, introducir párrafos en la línea con el pensamiento nacional-católico, incluso en ámbitos puramente científicos.

Relacionado con este aspecto, es interesante el análisis que hace Ortiz de la marcha de las oposiciones de Barcelona. Cuenta cómo Tharrats afirmó que no le interesaba el problema de las partículas elementales y sus interacciones, sino el problema del determinismo y el indeterminismo y continúa:

Precisament per això – afegí – havia llegit, amb permís del Senyor Bisbe, un dels llibres publicats respecte d'aquest punt per física de l'escola russa, i que en contra d'aqueixes idees pensava treballar. “Física episcopal”, fou el comentari de Sánchez del Ríó²⁰.

Al respecto hay que señalar que en su memoria de la asignatura y en relación con el problema del indeterminismo, Tharrats incluyó una extraña referencia contra el posicionamiento del materialismo dialéctico y de los materialistas en general acerca del indeterminismo [THARRATS, 1955, pp. 38-39]²¹. Uno de los temas del programa de Tharrats se denomina “Indeterminismo cuántico. Indeterminismo esencial e indeterminismo aparente. La interpretación causal”, título que es, cuanto menos, realmente curioso. Es llamativo el comentario, citado por Ortiz, de Carlos Sánchez del Ríó (1924-2013) denominando a las ideas de Tharrats como “física episcopal” porque precisamente, siendo uno de los físicos más influyentes en España, en 1956 defendía “la integración de las actividades científicas dentro de un esquema cristiano del mundo”²², lo que claramente se enmarca en el proceso de espiritualización de la ciencia anteriormente indicado.

Volviendo al análisis de la memoria de Ortiz, para él se exageró el divorcio entre la física clásica y la moderna porque al principio de desarrollarse ambas teorías los objetos no eran directamente intuitivos. Por ejemplo, en la física clásica cita los ejem-

plos de la atracción gravitatoria y la acción a distancia como principios que tuvieron problemas en asumirse. Incluso el propio Newton no indicó la causa de la gravedad y lo equipara a la idea de Dirac respecto al intento de establecer un modelo del electrón, cuando en realidad había que limitarse a postular un sistema de ecuaciones que “funcionaran” al ser acordes con los experimentos. La clave estaba en establecer con rigor el esquema matemático, y desde este punto de vista la dinámica newtoniana era perfectamente válida en el límite de campos gravitatorios débiles y velocidades no comparables a las de la luz. Precisamente desde una óptica realista es desde la que se puede hablar de revolución relativista (ya que conceptualmente la gravedad cambia radicalmente de modelo explicativo) y en cambio desde una visión instrumentalista, donde no se intentan establecer modelos conceptuales acordes a una realidad exterior, no hay tal revolución, ya que como modelo predictivo la relatividad incluye en el caso límite citado anteriormente la mecánica clásica de Newton.

En realidad, la finalidad de la física teórica sería, siguiendo al físico Homi J. Bhabha (1909-1966),

“encontrar un sistema completo de postulados o axiomas matemáticos, entre sí no contradictorios, de los cuales se pueden deducir en forma de sucesiones de teoremas las propiedades de la naturaleza, entendiendo por tales el resultado de todo experimento concebible” [ORTIZ, 1952c, p. 4]²³.

Ortiz insiste en que estas propiedades son relaciones entre fenómenos, no hipótesis esencialistas a priori, con lo que se consigue separar la física de la filosofía, opción que está claro él defiende. De forma subliminal parece indicar que a la Ciencia no interesa la Metafísica, es más, de hecho las separa radicalmente, de tal forma que la Física y la Filosofía tienen cuerpos de doctrina, métodos y objetos independientes. Vemos que aquí también se aleja de la concepción espiritualista de la Física, ya que esta se basaba en una comunión entre la filosofía, la religión y la física [HERRAN y ROQUÉ, 2012].

4. LOS CONCEPTOS DE FÍSICA MATEMÁTICA Y FÍSICA TEÓRICA

Repasemos ahora las ideas de Ortiz sobre la FT y la FM. En la Física, al describir los fenómenos, hay tres partes esenciales: la medición experimental, la ley matemática y la hipótesis estructural (que sería el sistema de postulados). Precisamente la ley matemática es el elemento central al que se puede llegar desde la medición (método inductivo) o desde la hipótesis estructural (método deductivo). De esta forma, en el primer caso se llega a una hipótesis estructural que, a su vez, deductivamente debe implicar la misma ley matemática. Pero en cambio, si inicialmente se llega a la ley matemática por deducción desde la hipótesis estructural, hay que contrastar dicha ley experimentalmente. Ortiz defiende que estos tres “momentos” de la física se daban también en la newtoniana. La diferencia entre la física moderna y la clásica no está tanto en el cambio de los conceptos (por ejemplo los de espacio y tiempo), sino en realidad en el carácter cada vez más abstracto y formal de la primera, de tal forma

que la dificultad de la física moderna estriba en encontrar una interpretación al formalismo matemático, lo que era más sencillo en la física clásica.

Siguiendo con el modelo epistemológico de Ortiz, la teoría física tiene dos enlaces, uno con la matemática y otro con la física propiamente dicha. El enlace con la matemática se realiza a través del formalismo matemático y el de la física a través de la interpretación de la teoría, tal como se muestra en la figura 2.

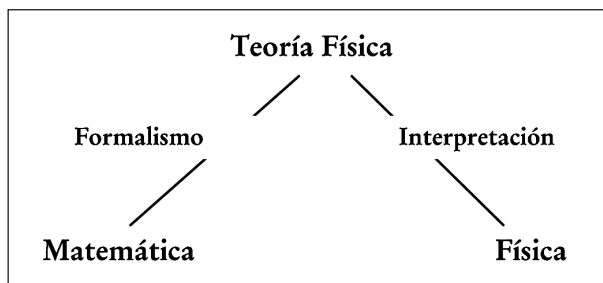


Figura 2. Esquema “Matemática-Teoría Física-Física”, adaptado del original de Ortiz [1952c, p.14]

El enlace más delicado es el que conduce de la teoría física a la física porque “en la actualidad algunas de las consecuencias de una teoría son difícilmente interpretables en términos físicos”. Se apoya en Dirac para concluir que el problema es que “los conceptos primeros deberán verse modificados a fondo” y por este motivo la solución es que se proponga primero el formalismo matemático para buscar después la interpretación física. El ejemplo más claro donde ocurre esto, según Ortiz, es en la Electrodinámica Cuántica y el uso de nuevos métodos de renormalización que evitan problemas de inconsistencias matemáticas y además explican algunos hechos.

La hipótesis estructural se refiere a modelos geométrico-matemáticos que son el objeto de la teoría física. Pero en la física moderna estos objetos son inferidos, no responden a la intuición o a una imagen que nos podamos hacer de ellos. Por ejemplo, el concepto de núcleo atómico es un concepto auxiliar, una construcción mental condicionada por la experiencia, de tal forma que las características de nuestro modelo del núcleo atómico van asociadas a la de su manejabilidad matemática y no a como realmente sea, “y nos guste o no, las cosas ocurren así”. Pero además, mediante desarrollo matemático se pueden prever fenómenos no conocidos por el método experimental, como fue el caso de la predicción de la existencia del positrón y su posterior descubrimiento.

Ortiz defiende que hay que considerar la FM tanto como disciplina de enseñanza, es decir asignatura universitaria, como modalidad de conocimiento científico. Y precisamente en este segundo aspecto es donde estriban las similitudes y diferencias entre la FM y la FT. Así, realizó un riguroso análisis de las diferencias entre estas dos

disciplinas, para lo que se valió de un interesante cambio de impresiones con el matemático John von Neumann. Ortiz le planteó las siguientes cuestiones:

I am accumulating materials for an essay on the concept of mathematical physics, and would very much appreciate having your views on the following questions:

- a) Is there any difference between mathematical physics and theoretical physics?
- b) Is mathematical physics merely a methodology, a simple study of mathematical methods employed in theoretical physics?
- c) What is the purpose of mathematical physics?²⁴

Realmente para los no especialistas se pueden considerar equivalentes la FM y la FT, ya que no están muy claras las fronteras entre ambas disciplinas. Se suele interpretar la FM como asociada a los métodos matemáticos de la Física, idea con la que Ortiz no coincidía, como veremos. Según la definición de *The Journal of Mathematical Physics*, la FM sería “*the application of mathematics to problems in physics and the development of mathematical methods suitable for such applications and for the formulation of physical theories*”²⁵. En principio parece que esta definición es acorde con la asimilación de la FM con los métodos matemáticos de la Física, pero hemos destacado el término *development* porque algunos especialistas, como el catedrático jubilado de Física Teórica por la Universidad de Salamanca Jesús Martín, inciden en que la FM no son tanto los métodos matemáticos de la física sino el desarrollo de dichos métodos matemáticos²⁶. Otro eminente especialista, el catedrático emérito de FT por la Universidad de Zaragoza Luis Joaquín Boya, considera, reconociendo que es opinable, que la FT es la rama de la Física ocupada en interpretar la estructura de las afirmaciones que hace la física; en cambio la FM es la técnica de obtener la estructura de las teorías físicas con un modelo matemático concreto²⁷. Como ejemplo de la dificultad en la precisión de establecer diferencias entre la FT y FM el propio von Neumann, en su respuesta a Ortiz, consideraba que era una cuestión de énfasis, en función de la conexión con la física experimental y la formulación de nuevas teorías (FT) por un lado, y por otro en la explotación y solución efectiva, mediante las herramientas matemáticas, de dichas teorías (FM)²⁸.

Veamos ahora cual es la idea de Ortiz sobre el tema. Partiendo de la anteriormente indicada definición de FT, tomada de Bhabha, como la más compartida a lo largo de la Historia, Ortiz explica que ha habido dos concepciones de la FM:

- La primera sería la que identifica la FM con la FT, salvo que la FM incide más en el análisis y el cálculo para obtener resultados numéricos. A esta visión la denomina Física Matemática técnica.
- La segunda sería la identificación de la FM con los métodos matemáticos de la física, a la que denomina Física Matemática formal.

Ortiz, partiendo de su modelo *Observación-Ley Matemática-Hipótesis Estructural*, según el esquema de la figura 3, defiende una visión intermedia, en la que la sín-

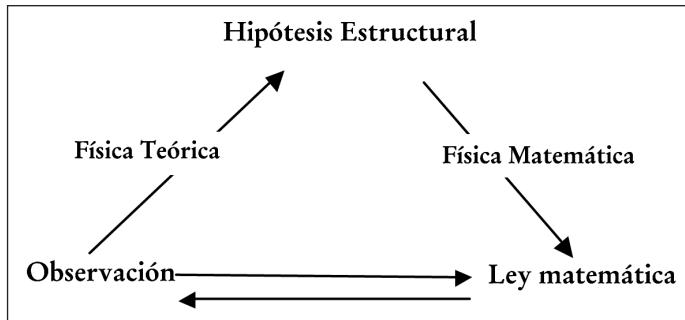


Figura 3. Esquema “observación-hipótesis-ley matemática”, adaptado de Ortiz [1952c, p. 24].

tesis inductiva de dicho modelo se corresponde con la FT y la síntesis deductiva con la FM.

En este esquema reconoce la fragilidad del enlace entre hipótesis estructural y ley matemática, enlace que en principio se identifica con la FM. De esta forma si en este modelo se aumenta la extensión de la FM, entonces se identifica la FM con la FT, pero si se disminuye, la FM se limitaría a los métodos matemáticos aplicados a la FT.

Con este modelo intermedio que defiende Ortiz se clarifica la distinción entre FT y FM, de tal forma que “la física teórica establece los postulados de los que pueden deducirse las propiedades de la naturaleza” y “la física matemática deduce de los postulados dichas propiedades”, con lo que lo deducido es una ley físico-matemática que pretende, mediante la interpretación física, describir las propiedades del mundo físico. Según la ley físico-matemática describa adecuadamente dichas propiedades, es decir, esté acorde con la observación y el experimento, será apta o no, pero no será verdadera ni falsa (lo que indica una visión de la física basada en el instrumentalismo).

En resumen, “la física matemática enlaza el material experimental con la ley matemática, que lo sistematiza y resume, a través de la hipótesis estructural”, pero como esta idea de la FM se puede confundir, y de hecho se confunde, con la FT, en sentido estricto la FM persigue la deducción que hace referencia a un fenómeno físico a partir de la hipótesis estructural. En cambio la FT persigue la propia hipótesis estructural, que además del sistema de postulados incluye las reglas de interpretación.

5. PROGRAMA Y MÉTODO DE ENSEÑANZA PARA UNA ASIGNATURA DE FÍSICA MATEMÁTICA: UN ENFOQUE HACIA LA INVESTIGACIÓN

En su memoria Ortiz planteó las directrices investigadoras que deben establecerse en el marco de la FM y la FT, elaboró un ambicioso programa de la asignatura de una modernidad llamativa para esos años en España, demostrando que conocía en profundidad los trabajos actuales de la época, e indicó los aspectos necesarios para su

desarrollo en la universidad, tanto en la enseñanza de la asignatura, a nivel de licenciatura y doctorado, como en la preparación a los alumnos para la investigación²⁹. De hecho consideramos que la aplicación de su programa en la cátedra previsiblemente hubiera adelantado tanto los inicios del desarrollo de la FT en España como la inclusión de la labor investigadora en la física universitaria, lo que no ocurrió hasta quince años más tarde, con el inicio del GIFT (Grupo Interuniversitario de Física Teórica) [GÁMEZ, 2004].

En cuanto al concepto de FM como disciplina de enseñanza, según Ortiz éste está condicionado por el tiempo en que se desarrolla, lo que motiva que el contenido de la asignatura haya sido cambiante. Este cambio es consecuencia del avance de los conocimientos físico-matemáticos. Aunque Ortiz es partidario de distinguir, como hemos visto, la FM de los métodos matemáticos, considera que éstos deben formar parte de la asignatura correspondiente. Ahora bien, no todos los métodos, sino los asociados al desarrollo de la Relatividad y la Física Cuántica, lo que justifica adecuadamente. El problema radica en que en esos años esta asignatura era común a las Licenciaturas de Físicas y Exactas, como se denominaba esta última a la de Matemáticas. Por un lado los estudios de físicas no profundizaban en las nuevas teorías, por lo que los métodos matemáticos asociados a éstas se englobaban en la asignatura de FM. En cuanto a la sección de exactas, también consideraba conveniente presentar las nuevas teorías como aplicación de los métodos matemáticos ya estudiados, en parte, en la carrera.

Ante esta dificultad Ortiz propone un equilibrio entre las teorías físicas y los métodos matemáticos. Pero si se considerara toda la Física, desde la clásica hasta la moderna, y todos los métodos matemáticos asociados, el programa sería imposible de cumplirse. Por lo tanto se debe elegir qué teorías y métodos deben integrar un curso de FM. Caben dos posibilidades, profundizar en las clásicas o iniciarse en las modernas. Ortiz defiende que la asignatura debe circunscribirse a la relatividad y física cuántica porque uno de los objetivos de la Universidad debe ser la investigación y ésta surge ante lo problemático, lo no resuelto. Y precisamente la física moderna es en la que se dan estas posibilidades por la relación de problemas pendientes.

Por este motivo, cuando Ortiz en su memoria realiza una revisión histórica de la relatividad y la física cuántica, precisamente se para en detalle en los asuntos más recientes, para esos años, y en los problemas pendientes de resolver, como por ejemplo aspectos de la Teoría Cuántica de Campos. Además, esos temas eran en ese momento motivo de investigación entre la comunidad científica internacional en el ámbito de la Física, lo que facilitaría a los futuros estudiantes de esta asignatura la introducción en el ámbito investigador. Por otra parte, Ortiz hace una interesante reflexión en defensa de la investigación básica, sin menospreciar la asociada a las cuestiones tecnológicas, incidiendo en que al científico no le debe incentivar el valor práctico inmediato.

Para Ortiz hay otro motivo fundamental para centrar su programa en la física moderna, como es que además de estar aquí el futuro de la investigación básica en

física, también lo está en parte el de la investigación en matemáticas. En el desarrollo histórico que realiza de la relatividad y la física cuántica, incide en que ambas han servido para desarrollar a su vez la matemática (pone varios ejemplos, desde el cálculo tensorial, el análisis funcional, la teoría de grupos, etc.). Este sería un ejemplo perfecto de la anterior asociación de la FM con el desarrollo de los métodos matemáticos aplicados a la Física.

Sobre el temario propuesto para la asignatura, en realidad planteó contenidos tanto de FM como de FT. Incluyó geometría de espacios n -dimensionales y geometría del espacio de Hilbert-Dirac, así como teoría de grupos, todo ello para su uso en los temas del programa sobre relatividad especial, relatividad general, mecánica cuántica (incluyendo teoría cuántica de campos) y partículas elementales. Cabe destacar la inclusión de una parte completa dedicada a la teoría de grupos, lo que consideramos una prueba más de la modernidad de Ortiz (ya que probablemente fue el primero que propuso esta materia en las enseñanzas universitarias en España, de hecho fue el único de los aspirantes que incluyó esta materia en las respectivas memorias) y de la correcta visión de las cuestiones de la FM que más incidirían en las líneas de investigación de la FT. En efecto, la teoría de grupos es la base del desarrollo matemático de los principios de simetría, que forman parte primordial de la FT [TIEMBLO, 2008, p. 320].

Sobre la valoración de su programa por parte de los miembros de los tribunales de las oposiciones, y volviendo a su denuncia de las, según su opinión, arbitrariedades cometidas en las adjudicaciones de las plazas, Ortiz consideraba que dichos miembros no tenían un nivel de conocimientos suficiente para valorar las aportaciones innovadoras de su propuesta para la cátedra. En una carta en la que diseccionaba la marcha de las oposiciones de Barcelona, afirmaba nuestro protagonista:

Quant al tribunal, més val no parlar-ne gaire. Però hi ha dues coses que són ben clares: a) abans de que es constituís un tribunal hauria d'haver-hi garanties de que entendran – i voldran entendre – allò de que es parlarà³⁰.

También tiene alto valor histórico la selección de referencias que hace Ortiz para las fuentes del programa de la asignatura, incluyendo tanto monografías como artículos de los principales especialistas en cada materia. Muchos de ellos contemporáneos de esos años y que reflejaban el estado actual de la FT, por ejemplo en Electrodinámica Cuántica (QED), Teoría Cuántica de Campos (QFT) y Teoría de Grupos aplicada a la Mecánica Cuántica. De hecho, en su modificación del programa para la convocatoria de 1955 incluyó las novedades en la investigación de algunas materias entre 1952 y 1955. Por ejemplo sobre nuevas aportaciones a la QFT, así como sobre los avances que permitieron asentar las técnicas de la renormalización de la QED, inicialmente propuesta en 1948 y que ya analizó en la memoria de 1952. De esta forma, la selección de Ortiz tiene gran valor histórico como referencia para una historia de la física moderna, basada en los artículos originales que supusieron su desarrollo.

Además, en la versión de 1955 Ortiz se apoyó, para justificar su elección de centrar su programa en la física relativista, mecánica cuántica y partículas elementales, en una conferencia de 1953 del físico Max Born (1882-1970), en la que afirmaba “que los problemas fundamentales de la física contemporánea se refieren a las partículas elementales y sus correspondientes campos”.

Este aspecto, sobre la gran cantidad de referencias en la memoria de Ortiz, no ya solo de monografías, sino de artículos originales publicados en revistas científicas por parte de los físicos más destacados de cada disciplina, es interesante por la posible similitud entre este caso y el de Terradas en su fracaso a la oposición a la Cátedra de Ecuaciones Diferenciales en 1933. Ortiz pensaba que Rey Pastor, el presidente del tribunal, le tenía animadversión a raíz del intento de Rey de formar parte como consultor matemático de la JEN. Según narra Ortiz, en 1952 Rey Pastor se entrevistó con él para conocer detalles de los trabajos teóricos de la JEN. Posteriormente, durante la estancia de Ortiz en Göttingen, Rey Pastor hizo reiteradas visitas a la sección teórica de la JEN (en la que por entonces sólo estaban presentes en Madrid dos de sus miembros y colaboradores de Ortiz, Albert Carbó y Tomás Iglesias) y realizó gestiones, siempre según Ortiz, para entrar en la Junta como consultor matemático. Dichas gestiones no tuvieron éxito, lo que implicó un brusco alejamiento de Rey con el grupo teórico de la JEN. Ortiz narra también cómo Rey Pastor intentó desprestigiarle lanzando el rumor de que cuando Rey fue al despacho de Heisenberg en Göttingen, ahí nadie le conocía y Ortiz reflexiona:

No sé si s'equivoca de despatx o si ignora l'alemany car amb motiu del treball meu que es publica després al Nuovo Cimento, Heisenberg escrigué a Otero una carta tan elogiosa per a mi que la dita carta arriba a la màxima autoritat del país³¹.

También Ortiz acusa a Rey de ser parcial:

al llarg de l'oposició tingué mostres paleses d'atenció envers mi. Al moment “del encierro”, recomana rient al Prof. Vidal que em tanqués a una habitació on les finestres tinguessin reixes, “no fuese – afe-gí, agafant-me “afectuosament” el braç – que un especialista en teoria de Dirac le dicte una lección³².

Sobre los motivos de esta posible animadversión de Rey Pastor hacia Ortiz, conviene recordar las sorprendentes y duras críticas que el primero realizó en el discurso público de contestación al de Terradas para la admisión de este último en la RACE-FyN en 1933. El discurso de Terradas consistió en la exposición de un programa de Ecuaciones Diferenciales que coincidía con el presentado en las oposiciones a cátedra en las que fracasó el año anterior [ROCA, 1990]. Sorprendentes sobre todo por los largos años de supuesta amistad y colaboración científica. Por el parecido de los respectivos programas de Terradas y Ortiz, en cuanto a profundidad y uso de bibliografía avanzada actual, parece que en las críticas de Rey Pastor al programa de Terradas podría estar una de las claves de su posible rechazo hacia Ortiz. Así, afirma Rey Pastor sobre el programa de Terradas, después de elogiarle como científico:

No puedo, sin embargo, disimular algunos reparos a su trabajo. Hubiera redactado un programa a la manera usual, reflejo de cualquiera de los clásicos tratados elementales que sirven de introducción a esta teoría, y no habría herido en lo hondo nuestros más íntimos sentimientos de dignidad profesional; pero presentar este programa repleto de nombres exóticos, en que se refleja el estado actual de la teoría completa, hasta sus progresos más recientes, tiene las trazas de un alarde intolerable, rayano en la pedantería [REY PASTOR, 1933, p. 157].

A continuación Rey Pastor reprocha a Terradas que se base en los científicos extranjeros más significativos y que esto puede ser ofensivo para los españoles (“¿qué necesidad tenía de mentar a Poincaré?” afirma), para concluir que el candidato tenía que haberse limitado a “encomiar la producción española, y su discurso habría sido optimista y patriótico”, por lo que Terradas tendría que cargar “con el sambenito de pesimismo extranjerizante”. Evidentemente estas palabras de Rey Pastor —si en 1952 seguía pensando de una manera tan poco científica para evaluar a un aspirante— son totalmente extrapolables a la memoria de Ortiz. En efecto, nuestro protagonista también analiza el estado actual de la disciplina haciendo uso de los más destacados contribuyentes a la misma, todos “extranjeros”.

Evidentemente Ortiz era consciente de las dificultades de desarrollar este programa en una asignatura de licenciatura, y así lo expresa. Pero la solución estaba en su visión global de la cátedra de FM, ya que plantea la extensión a seminarios (que considera equivalente al laboratorio en las materias experimentales), cursos de doctorado y programas de investigación. En definitiva, el programa de Ortiz no era sólo un programa para la asignatura de la licenciatura, sino un programa para la Cátedra, englobando además los estudios de doctorado y propuestas de investigación sobre la materia desde la Universidad (que serían precisamente los temas más avanzados de su programa). El carácter investigador que da Ortiz a su programa para la Cátedra es fundamental, y considera clave iniciar a los alumnos en la lectura de los textos de los protagonistas de la nueva física, ya que:

... el mero estudio a fondo de un texto debido a una primera figura plantea una serie de cuestiones —puntos oscuros a veces— que si se persiguen hasta agotarlos, conducen por lo menos a una excelente iniciación a la investigación (...) [ORTIZ, 1952c, p. 117].

Además, la aproximación a los trabajos originales que supusieron el desarrollo de la nueva física, es fundamental porque se comprueban las contradicciones en que a veces incurrían los autores y...

... al fin y al cabo, la investigación no es sino el abordar situaciones en apariencia contradictorias, al encontrarse ante ellas, en un intento de resolver su contradicción. Y, en este aspecto, la crítica de lo ya hecho y la perplejidad primera ante las discrepancias constituyen un primer paso hacia nuevos descubrimientos [ORTIZ, 1952c, p. 118].

Para Ortiz era fundamental que el profesor tuviera, además de vocación de enseñar, dotes e interés por la investigación. Porque una parte fundamental de la enseñanza universitaria es precisamente la enseñanza de la investigación. Aquí comproba-

mos una vez más la modernidad de las ideas de Ortiz respecto de la situación de la investigación en la física universitaria, donde en esos años estaba ausente. Lo curioso de estas ideas es que fueron motivo de controversia en los turnos de réplicas y contrarréplicas entre los dos aspirantes de la oposición de Barcelona (formaba parte de las pruebas de la oposición, una vez que había intervenido un aspirante, la posibilidad de que los otros le replicaran con la consiguiente posibilidad de contrarréplica). En una de sus cartas Ortiz afirma que en uno de los turnos de réplica, Tharrats se burló de esas ideas por su obviedad, pero la explicación que da Ortiz es significativa sobre el estado de la investigación en la universidad española:

Això que és evident, no ho fou per al tribunal. I mira que en ell hi havia cada “investigador”: la resposta meva a aquesta qüestió de principi fou lo següent: Apart de que arreu del món, fins i tot a Espanya, hi ha centres d’investigació i universitats. Considerem dos casos límits. Quina universitat compleix mes la seva missió, aquella universitat constituïda per investigadors purs a qui dol qualsevol moment que es robí a llur treball, o aquella universitat constituïda per mestres purs a qui sobre tot preocupa destriar el blat perquè l’alumne no s’ofegui al blat i palla que es va publicant? Vaig demanar que cadascú s’ho contestés. I ja veiem quina fou la contesta del tribunal³³.

Por último, cabe destacar la defensa que hace Ortiz de la investigación en ciencia básica o puramente teórica, lo que contrastaba también con las prioridades del régimen en la ciencia aplicada. En definitiva, del análisis de la memoria de Ortiz, creemos que hay indicios suficientes para pensar que si se hubiera podido aplicar su programa, los inicios de la investigación sobre FT en España se habrían adelantado considerablemente, lo que no ocurrió hasta finales de los años 60, como ya se ha comentado, con los inicios del GIFT.

Lo que es cierto es que Domínguez, el triunfador de las oposiciones de Madrid, presentó una memoria sobre el método de la asignatura claramente insuficiente, incluso nos atrevemos a afirmar que indigna de un candidato a cátedra. No solo no incluye ningún aspecto de la física matemática que centraba el interés de la física de aquella época, sino que además no hay ninguna palabra en torno a la labor investigadora del responsable de la cátedra. Dos aspectos llaman la atención de su memoria: la brevedad de la misma y la inclusión en su programa de solo dos temas introductorios y básicos de física cuántica, así como la ausencia total de relatividad.

Parece que algunos colegas eran conscientes del daño que se hacía a la universidad con la ausencia definitiva de Ortiz después de su segundo fracaso. Prueba de ello es que recibió varias muestras de apoyo y de ánimo para seguir intentándolo, haciendo hincapié en sus méritos científicos. Así, el matemático Antonio Torroja Miret (1888-1974) le escribe:

Comprenc que és molt dur el que ha passat per segona vegada; però molt sovint allò que semblava una desgràcia, resulta després que no ho ha estat. En tinc força experiència personal. ¿Qui pot dir quina és la millor orientació per a V.? ¿Aquesta càtedra o una altra o cap? Precisament els seus estudis són d’aquells que tenen i han de tenir cada dia més, moltes i molt importants aplicacions. De càtedres de Física Superior se n’han de crear més, evidentment³⁴.

También el matemático Joan Augé Farreras (1919-1993) le anima a seguir, destacando que el daño no solo es para el propio Ortiz sino también para la Universidad:

Em sap molt de greu que no hakis assolit la càtedra; i no sols pel mal que se t'hagi pogut fer, que ja és molt, sinó pel perjudici que representa per la Universitat. Què hi farem. L'únic que s'ha de mirar és saber lluitar perquè les coses no vagin així en el nostre país³⁵.

Ya se ha mencionado anteriormente la situación de la universidad española respecto a la idoneidad científica de los catedráticos de esos años. Una de las excepciones al problema de escasez de méritos académicos en la incorporación a las cátedras fue el retorno de Terradas para ocupar la cátedra de FM la Universidad de Madrid a finales de 1941, ya que su caso sí era prueba de suficiente solvencia científica [CLARRET, 2006, p. 304; ROCA, 1994]. En efecto, la FM tuvo ciertas posibilidades de aportar solidez a la universidad con el regreso de Terradas, prueba de ello fue su trabajo de dirección de un “Seminario de Estudios Superiores de Física y Matemática”, donde se explicaban aspectos avanzados y actuales sobre la disciplina, por ejemplo Terradas destacó, entre otros, alguna aportación de Ortiz. [ROCA y SÁNCHEZ RON, 1990, p. 293]³⁶. Además Terradas consideraba a Ortiz su mejor alumno y tenía puestas en él muchas esperanzas en el ámbito de la FT y FM³⁷.

En definitiva, a la muerte de Terradas en 1950, quedaba patente la importancia de su sucesor en la cátedra, por ser todos sus anteriores titulares, José Echegaray (1832-1916), Pedro Carrasco (1883-1966) y Terradas, figuras relevantes de la ciencia española. Después de la muerte de Terradas, Ortiz escribió desde Chicago a Armando Durán interesándose por la situación de la plaza, a lo que este contestó de una forma ambigua y que creemos significativa sobre los juegos de influencia que se establecieron en torno a las cátedras:

El tema fundamental que tratabas en tu carta en lo que a ti se refiere, es el de las Oposiciones y sobre este punto quisiera hablarte con entera franqueza. Creo que ha habido algo de apresuramiento en el sentido de disponer de la cátedra de Madrid ya que por ahora, al menos que yo sepa, no se ha hecho gestión ninguna respecto de la sucesión de Terradas y por lo que me ha parecido percibir en el ambiente universitario, parece que se pretende que la Cátedra de Madrid lleve un ritmo lento. A mí personalmente me ha parecido siempre empezar por Barcelona para venir después con éxitos perfectamente asegurados y sin que en ningún momento pudiera discutirse nada a la Oposición de Física-Matemática en Madrid como sería el deseo de todos nosotros. Precisamente por desearlo mucho he preconizado siempre este doble paso para que nada quedase en duda y no se nos pudiera interpretar a una buena y leal amistad lo que desde el punto de vista científico constituye el exacto reconocimiento de un valor. No quiero indicar con esto que se discuta desde ningún punto de vista, ni tu valía ni tus condiciones personales, no es eso, es la actitud prudente que quiere mantener la Universidad ante la sucesión de una figura de la talla y nombre de D. Esteban³⁸.

Al respecto, en nuestra opinión, estas palabras de Durán reflejan, más que una real preocupación por el nivel del sucesor de Terradas, las pugnas que se producían entre diferentes esferas de poder para asegurarse su presencia en la universidad. De hecho Ortiz ya mostró su resquemor por el proceso de designación de la plaza que dejó vacante Terradas³⁹.

En su círculo profesional y científico próximo era mayoritaria la opinión que las iba a ganar sin dificultades y que además esto suponía unas reales posibilidades de recuperación de la universidad en el campo de la Física Teórica. Por ejemplo Leonardo Villena, presidente de la *Asociación Nacional de Físicos Españoles* (ANFE) escribía a Ortiz respecto a la cátedra de Madrid:

.... para la cual creo que todos los físicos jóvenes pensamos en tí. No solamente para enseñar Física Matemática, sino para que ayudes a dar vida y continuidad a nuestra carrera⁴⁰.

... créeme, cuando vengas lo verás, que hay salvar la física, empezando por Madrid⁴¹.

Josep Teixidor (1920-1989), matemático y que luego sería catedrático en la Universidad de Barcelona, se expresaba en similares términos cuando supo que Ortiz se presentaba a la plaza de Barcelona (ya que de hecho pensó seriamente en no presentarse por las sospechas que tenía de boicot hacia él):

que aviat estaràs vinculat a la nostra pobra facultat que tant necessitada està de persones intel·ligents i serioses, disposades a fer els sacrificis que calgui per posar-la a un nivell decent⁴².

En definitiva, con la ausencia de Ortiz en la Universidad, especialmente en el caso de la cátedra de Madrid, consideramos que se perdió una gran oportunidad para desarrollar la FT y FM en España. Esta hipótesis la justificamos por los siguientes motivos:

- Nos parece que ha quedado demostrado que Ortiz hubiera sido un digno sucesor de la cátedra de Terradas: por sus investigaciones previas en FT y FM con aportación de originalidad; por su visión de la labor de la cátedra como incentivadora de la investigación; por la alta valoración que tenía Terradas de él, como ya hemos visto anteriormente.
- Suponiendo que Domínguez inicialmente fuera también un digno sucesor de Terradas (antes de las oposiciones era ayudante de la cátedra de FM, sin que sepamos la forma en que accedió a dicho puesto) la realidad incontrovertible es que como catedrático no publicó ni un solo artículo de FT o FM a lo largo del tiempo⁴³, ni participó posteriormente en el desarrollo de la FT desde mediados de los 60, ni dirigió Tesis Doctorales sobre el tema, ni hay constancia que de que incentivara ningún tipo de investigación sobre FT/FM. Recordemos la ausencia total de la labor investigadora asociada a la cátedra en sus memorias, así como la ausencia de trabajos científicos anteriores a las oposiciones. Es cierto que Rafael Domínguez estaba bien considerado como profesor y en el área de las microondas, disciplina en la que sí incentivó la investigación entre sus alumnos, aunque claramente ajena a la FT/FM [ÁLVAREZ-ESTRADA y GALINDO, 2001].
- Por otra parte, Tharrats, al poco tiempo de ganar la cátedra de Barcelona renunció a ella y se fue a Dinamarca, para luego establecerse definitivamente en la Universidad de Puerto Rico, por lo que es difícil valorar su influencia en este sentido en España.

Suponiendo ciertas las convicciones de Ortiz sobre el boicot hacia él, en nuestra opinión no cabe responsabilizar sólo a la comunidad universitaria de su situación personal. Consideramos que también él tuvo una parte de responsabilidad, al tomar la decisión radical de separarse definitivamente de la Universidad. En esos años era frecuente presentarse varias veces a plazas de catedrático, incluso en diferentes asignaturas. Parece patente que Ortiz no supo manejar adecuadamente la frustración que le implicó su fracaso, probablemente por un mal entendido complejo de superioridad, adoptando una actitud de desprecio hacia el mundo universitario⁴⁴. Esta postura radical perjudicó no sólo a la universidad y a la Física Teórica en España, ya que creemos haber demostrado que hubiera sido un digno sucesor de Terradas, sino a él mismo al limitarse en sus predilecciones científicas.

Por último, repasemos las ideas de Ortiz respecto al método de enseñanza y aspectos pedagógicos. Para Ortiz, las características de la física moderna, como son el fuerte carácter abstracto y la ausencia de imágenes intuitivas, provocan resistencias psicológicas en los alumnos y dificulta su aprendizaje. La clave debe estar en que el proceso de aprendizaje debe realizarse por aproximaciones sucesivas y no en buscar un modelo intuitivo que tenga su reflejo en la realidad, ya que este reflejo, esta utópica imagen, no va a poder captarla el alumno por la propia característica de la FT moderna, y en su intento de buscar imágenes intuitivas sólo va a encontrar frustración. Como vemos, su visión no realista de la física moderna influye también en su planteamiento didáctico. Detalla Ortiz varios casos concretos de conceptos, tanto físicos como matemáticos, incidiendo en la importancia de que el profesor guíe al alumno para que este los redescubra por sí mismo.

En definitiva, el alumno no puede tener una actitud puramente receptiva. Para ello Ortiz da mucha importancia al uso abundante de bibliografía, tanto de monografías como de trabajos científicos actuales (esto lo plantea más a nivel de doctorado) porque así se detectan diversos enfoques ante un mismo problema e incluso discrepancias entre científicos, así como aspectos contradictorios cuyo abordaje es una de las bases de la investigación.

Además, la base del aprendizaje está también en saber despertar el interés en los alumnos. Por este motivo, Ortiz señala la importancia de la vocación del profesor, que no debe limitarse sólo a comunicar ciencia, sino a transmitir con entusiasmo. Así, el interés de los alumnos...

.... no surgirá si, en primer lugar, el que explica no está íntima y profundamente interesado en aquello que es objeto de su explicación y si, en segundo lugar, no está animado por la vocación de enseñarlo a los demás. (...) hay que comunicar también parte por lo menos del entusiasmo que se siente por lo que se explica, no por lo explicado en sí, sino por el enriquecimiento que supone para la personalidad el entusiasmarse [ORTIZ, 1955a, p.15].

CONCLUSIONES

Del análisis de la memoria sobre el concepto y método de la Física Matemática, presentada por Ortiz para aspirar a la cátedra de la asignatura en dos convocatorias de los años 1950, parece razonable creer que, con su ausencia de la Universidad, ésta perdió una gran oportunidad de iniciar el desarrollo de la Física Teórica en España, lo que no ocurriría hasta más una década después. En efecto, dicha memoria, que ha permanecido desconocida más de 60 años, contiene un indudable valor en cuanto a la determinación de las fronteras entre la Física Teórica y la Física Matemática, los conceptos asociados y la revisión histórica de los mismos que realiza Ortiz desde una visión instrumental de la ciencia, aportando además una renovadora reflexión sobre el método de enseñanza de dichas disciplinas, y su proyección para incentivar la investigación en este ámbito.

Por último, queremos destacar la importancia del Archivo Ramón Ortiz Fornaguera donde está disponible dicha memoria, y que consideramos conforma un patrimonio histórico documental de gran valía para la historia de la física en España, por la amplia correspondencia que mantuvo Ortiz con científicos relevantes, tanto nacionales como internacionales, y que muestran aspectos de gran interés para la intrahistoria de esta disciplina.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el interés y generosidad de Jesús Martín y Luis Joaquín Boya por sus testimonios, de Andrés Rivadulla por sus comentarios, de Teresa Ortiz por las facilidades para acceder al fondo personal de su padre, así como de Xavier Roqué y Carlos Acosta por su ayuda para el proyecto del Archivo Digital Ortiz Fornaguera.

NOTAS

1. Archivo Digital Ramón Ortiz Fornaguera, disponible en ddd.uab.cat/collection/rof, cuya descripción general aparece en GIMENO [2013].
2. Este epígrafe es una breve síntesis de SOLER [2015], donde se desarrolla en detalle la carrera de Ortiz y se analiza su producción científica.
3. Correspondencia de Ortiz Fornaguera. En concreto, entre otras muchas, carta de Ortiz a Isidre Polit, 18-1-1956, disponible en ddd.uab.cat/record/140948; Carta de Ortiz a anónimo 18-1-56, ddd.uab.cat/record/140949 (recuperados el 31-5-2016, todas las fechas de consulta de las referencias correspondientes a ddd.uab.cat son la misma, por lo que en adelante no se indican).
4. Existe abundante historiografía sobre el impacto de la Guerra Civil en la ciencia española, pero en concreto para la física universitaria de Madrid es útil VALERA y LÓPEZ [2001, pp. 187-252].
5. En el franquismo, grupos de poder a nivel político hubo varios, pero en lo que respecta al intento de situarse con capacidad de influencia en la educación universitaria son conocidos dos: la ACNP (Asociación Católica Nacional de Propagandistas) y el Opus Dei [CLARET, 2006, pp. 356-361]. Por otra parte, en el terreno científico, tanto el CSIC como la JEN se configuraron como grupos de poder, de hecho el máximo responsable del CSIC, José María Albareda, pertenecía al Opus Dei y José María Otero, presidente de la JEN, fue miembro destacado y muy activo de la ACNP.

6. Carta de Ortiz a Otero, 2-5-1953, ddd.uab.cat/record/140889.
7. Carta de Armando Durán a Ortiz 20-5-53, ddd.uab.cat/record/140863.
8. Carta de Otero a Ortiz 18-2-54, ddd.uab.cat/record/140902.
9. Carta de Otero a Ortiz 17-10-53, ddd.uab.cat/record/140869.
10. Boletines Oficiales del Estado de 27/09/1949 p.4113; 24/01/1950 p.317; 13/8/1950 p.3550; 08/02/1951 p.623; 05/03/1951 p.978; 09/04/1951 p.1577; 14/12/1951 p.5623; 03/04/1952 p.1514; 19/05/1952 p.2260; 15/06/1952 p.2679; 20/07/1954 p.4967; 16/11/1955 p.6927.
11. Actas de oposiciones a la Cátedra de Física Matemática de la Universidad de Madrid, 1952, Archivo General de la Administración, AGA Educación 31/5715. La actas incluyen todos los ejercicios (tanto expositivos como de problemas) con la soluciones, manuscritas, de todos los aspirantes, los trabajos específicos para la convocatoria y memorias de la asignatura de cada aspirante (salvo los casos en que posteriormente los recogían, como hizo Ortiz), las deliberaciones del tribunal y los resultados de las votaciones. Además, para este expediente, se incluye la reclamación posterior de Ortiz por el resultado de las votaciones y la desestimación del tribunal.
12. Actas de oposiciones a la Cátedra de Física Matemática de la Universidad de Barcelona, 1955, AGA Educación 32/18181.
13. Carta de Isidre Polit a Ortiz, 22-1-56, ddd.uab.cat/record/140951. En las cartas en catalán se han corregido los escasos errores, que pueden ser tanto ortográficos como de legibilidad confusa por mala calidad del mecanografiado o por ser manuscritas. El motivo es para evitar dudas sobre si son errores del original o de la transcripción.
14. Carta de Ortiz a Polit 18-1-56, ddd.uab.cat/record/140948.
15. Carta de Ortiz a Josep Teixidor 18-1-56, ddd.uab.cat/record/140949. Sobre los posibles motivos ideológicos en el boicot a Ortiz por su falta de sintonía con el régimen véase Soler [2015, p. 26]. Además, entre la documentación que Ortiz guardó de su viaje a Chicago, se conserva un panfleto del American Labor Party (ddd.uab.cat/record/141039), lo que, aun siendo una anécdota, sugiere una proximidad ideológica.
16. De hecho, después de desestimarse la reclamación de Ortiz, éste presentó una instancia solicitando la anulación de su anterior reclamación, y Armando Durán escribió una carta al Director de Enseñanza universitaria para que no consideraran dicha reclamación (Actas de oposiciones a la Cátedra de Física Matemática de la Universidad de Madrid, 1952, AGA Educación 31/5715). Esta intervención de Durán sugiere un intento de influencia para que la reclamación de su pupilo en la JEN no tuviera consecuencias futuras.
17. Por ejemplo, entre otras cartas de Leonardo Villena a Ortiz: 24-12-49, ddd.uab.cat/record/140783; 3-8-50, ddd.uab.cat/record/140821.
18. Para un análisis en profundidad sobre el debate realismo-instrumentalismo véase además RIVADULLA, [2015, capítulos V “El realismo en el punto de mira” y VI “El instrumentalismo científico”].
19. Ortiz transcribe las palabras de Dirac, tomadas de *The Principles of Quantum Mechanics*, 1947, 3ª edición, Oxford, p. 10. No hemos podido consultar esa misma edición, pero sí la cuarta [DIRAC, 1958], donde no hemos encontrado exactamente la misma frase, pero sí otra de contenido muy similar en el prefacio.
20. Carta de Ortiz a anónimo 29-1-56, ddd.uab.cat/record/140954.
21. Realmente la memoria de Tharrats no viene paginada. Según el documento que hemos podido consultar en el AGA, esta información viene en el apartado 18 “El indeterminismo cuántico”, que se correspondería con las páginas 38 y 39 contándolas desde el inicio.
22. Palabras textuales de Sánchez del Río citadas en HERRAN y ROQUÉ [2012, p. 94].
23. La cita original transcrita por Ortiz está en BHABA [1949, p. 451].
24. Carta de Ortiz a von Neumann, 1-12-47, ddd.uab.cat/record/140722. La respuesta de von Neumann fue elegida por el editor de su correspondencia seleccionada [REDÉL, 2005, p.118] lo que creemos es

- muestra de la importancia de estos temas tratados por los dos científicos. También ha aparecido recientemente en castellano [SÁNCHEZ RON, 2015] aunque ya la incluyó Ortiz en su memoria [ORTIZ, 1952c, p. 23].
25. https://en.wikipedia.org/wiki/Mathematical_physics (recuperado el 1-6-2016). Recientemente en la página web de la revista se ha eliminado la definición de FM, pero se mantiene una descripción muy similar: “... connects the application of mathematics to problems in physics, as well as illustrates the development of mathematical methods suitable for such applications and for the formulation of physical theories” (<http://scitation.aip.org/content/aip/journal/jmp>, recuperado el 1-6-2016).
 26. Entrevista personal del autor con Jesús Martín en mayo 2014.
 27. Correo electrónico de Luis J. Boya al autor 15/5/2014.
 28. Ref. nota 24.
 29. En rigor, para evaluar el carácter innovador de la memoria de Ortiz, habría que contrastarla frente a los programas en vigor. Pero realmente no los había, ya que la única cátedra de FM existente era la de Madrid, que la ejerció Terradas hasta su fallecimiento en 1950, pero solo en el doctorado, no como programa completo de la asignatura [ROCA y SÁNCHEZ RON, 1990, p. 293]. Además, Terradas asumió dicha cátedra después de la Guerra Civil por adjudicación directa, sin oposiciones (al quedar vacante por el exilio de su anterior titular, Pedro Carrasco, que lo era desde 1917), para restituirle la de Ecuaciones Diferenciales que se le anuló durante la II República. De esta forma, no consta una memoria o programa de la asignatura vigente en esos años para poder realizar una valoración comparativa.
 30. Carta de Ortiz a Josep Teixidor, 18-1-56, ddd.uab.cat/record/140949.
 31. Carta de Ortiz a anónimo, 29-1-56, ddd.uab.cat/record/140954.
 32. *Ibidem*.
 33. Carta de Ortiz a anónimo, 29-1-56, ddd.uab.cat/record/140954.
 34. Carta de Antonio Torroja a Ortiz, 20-1-56, ddd.uab.cat/record/140952.
 35. Carta de Joan Augé a Ortiz 23-1-56, ddd.uab.cat/record/140953.
 36. En el Archivo Digital Ortiz Fornaguera hay un documento interesante relacionado con este Seminario, el programa para el curso 1947-48, donde participaron Rafael Domínguez y Ortiz, ddd.uab.cat/record/141018. También se puede consultar el Expediente de Ortiz relacionado con dicho Seminario en el Archivo Histórico de la UCM.
 37. Carta de Terradas a Rey Pastor, 17-1-48, Fondo Terradas, *Institut d'Estudis Catalans*.
 38. Carta de Armando Durán a Ortiz 15-7-50, ddd.uab.cat/record/140819.
 39. Carta de “Xula” Vigón a Ortiz 25-6-50, ddd.uab.cat/record/140811.
 40. Carta de Leonardo Villena a Ortiz, 27-6-50, ddd.uab.cat/record/140813.
 41. Carta de Leonardo Villena a Ortiz, 3-8-50, ddd.uab.cat/record/140821.
 42. Carta de Josep Teixidor a Ortiz 20-12-55, ddd.uab.cat/record/140938.
 43. Esto se puede comprobar porque hasta finales de los 60 las publicaciones en Física se producían casi en exclusiva en los *Anales de la RSEF*, véase VALERA Y LÓPEZ [2001].
 44. Ciertamente Ortiz se sentía científicamente superior en el ámbito de la física teórica a la mayoría de sus colegas, esto se comprueba con el repaso de su correspondencia, de la que aquí se han mostrado algunos ejemplos.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ-ESTRADA, R. y GALINDO, A. (2001) “In memoriam Rafael Domínguez Ruiz-Aguirre”. *Revista Española de Física*, 15(5), 67-69.
- BHABA, H.J. (1949) “On the postulational basis of the theory of elementary particles”. *Reviews of Modern Physics*, 21, 451-462.

- BOHR, N. (1949) "Discussion with Einstein on Epistemological problems in Atomic Physics". En: P.A. Schilpp (ed.) *Albert Einstein Philosopher-Scientist*. "The Library of Living Philosophers", VII. Open Court La Salle, Illinois, 199-241.
- BAIG, M.; GIMENO, G. y XIPELL, M. (2012) "Von Neumann traducido por Ortiz: una obra pionera en la enseñanza de la cuántica". En: N. Herrán y X. Roqué (eds.) *La física en la dictadura. Físicos, cultura y poder en España (1939-1975)*. Bellaterra, Servei de Publicacions de la UAB, 177-192.
- BIASCAS, J.A. y TUÑÓN DE LARA, M. (1980) *España bajo la dictadura franquista (1939-1975)*. Barcelona, Editorial Labor.
- CLARET, J. (2006) *El atroz desmoche. La destrucción de la Universidad española por el franquismo, 1936-1945*. Barcelona, Crítica.
- DÍEZ-ALEGRÍA, J.M. (1957) "Principios morales aplicables en las oposiciones a cátedras". *Physicalia*, 23, 11-12.
- DIRAC, P.M. (1958) *The Principles of Quantum Mechanics*. 4ª edición, Oxford.
- DOMÍNGUEZ, R. (1952) *Memoria acerca del concepto, método de exposición y fuentes consultadas para el desarrollo de la asignatura de Física Matemática*. Inédito, Expediente Cátedra Física Matemática de la Universidad de Madrid, 1952, AGA Educación 31/5715.
- FONTANA, J. (2006) "Prólogo". En: J. Claret. *El atroz desmoche. La destrucción de la Universidad por el franquismo, 1936-1945*. Barcelona, Crítica, IX-XV.
- GÁMEZ, C. (2004) *El Grupo Interuniversitario de Física Teórica (GIFT): Génesis y desarrollo histórico (1968-1976)*. Trabajo de Investigación dirigido por Xavier Roqué, Programa Interuniversitari de Doctorat d'Història de les Ciències (UAB-UB). Centre d'Estudis d'Història de les Ciències (CEHIC), Universitat Autònoma de Barcelona (http://ddd.uab.cat/pub/trerecpro/2004/hdl_2072_5025/TR_Gamez.pdf, recuperado el 31-5-2016).
- GIMENO, G.; SOLER, P. y XIPELL, M. (2013) "Descripción del Archivo Ramón Ortiz Fornaguera". *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica, Nova època* 6, 117-128.
- HERRÁN, N. y ROQUÉ, X. (2012) "Los físicos en el primer franquismo: conocimiento, poder y memoria". En: *La física en la dictadura. Físicos, cultura y poder en España (1939-1975)*. Bellaterra, Servei de Publicacions de la UAB, 85-104.
- LÓPEZ GARCÍA, S.M. (1994) *El saber tecnológico en la política industrial del primer franquismo*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- ORTIZ, R. (1948a) *Introducción a la teoría corpuscular de la luz*. "Monografías de Ciencia moderna", 13. Instituto "Daza de Valdés" de Óptica. Madrid, CSIC (ddd.uab.cat/record/141084, recuperado el 6/6/2016).
- ORTIZ, R. (1948b) "Densidades escalares y leyes de conservación". *Anales Soc. Esp. Física y Química*, 44A, 327-338 (ddd.uab.cat/record/142699, recuperado el 6/6/2016).
- ORTIZ, R. (1948c) "Acerca de una propiedad de los operadores estadísticos". *Anales de Física y Química*, 44A, 462-467 (ddd.uab.cat/record/141086, recuperado el 6/6/2016).
- ORTIZ, R. (1952a) "Sobre la varianza de las magnitudes en el formalismo canónico". *Rev. Acad. Cien. Madrid*, 46, 137-156 (www.rac.es/ficheros/Revistas/REV_20100220_02196.pdf. Recuperado el 5/6/2016).
- ORTIZ, R. (1952b) "El análisis funcional con relación al formalismo de Dirac para sistemas dinámicos localizables". *Rev. Acad. Cien. Madrid*, 46, 315-346 (http://www.rac.es/ficheros/Revistas/REV_20100220_02202.pdf, recuperado el 5/6/2016).
- ORTIZ, R. (1952c) *Sobre el concepto y los métodos de la Física Matemática*. Memoria presentada para las oposiciones de 1952 a la Cátedra de Física Matemática por la Universidad de

- Madrid, inédito (ddd.uab.cat/record/141092; ddd.uab.cat/record/141093; ddd.uab.cat/record/141094, recuperados el 5/6/2016).
- ORTIZ, R. (1955a) *Sobre el concepto y los métodos de la Física Matemática. Apéndice*. Memoria presentada para las oposiciones de 1955 a la Cátedra de Física Matemática por la Universidad de Barcelona (1955), inédito (ddd.uab.cat/record/141106, recuperado el 5/6/2016).
- ORTIZ, R. (1955b) "On some general properties of static solutions of Schiff's equations". *Il Nuovo Cimento 1955-1965, 1*, 132-138 (ddd.uab.cat/record/141107, recuperado el 5/6/2016).
- ORTIZ, R. (1964) "Sobre una nueva teoría de la relatividad". *Rev. R. Acad. Ciencias de Madrid*, 58, 399-415 (http://www.rac.es/4/4_7_1.php?pid=Revistas:REV_20100409_04337&pageNum=0, recuperado el 5/6/2016)
- ORTIZ, R. (1965) "Comentarios a dos recientes artículos de J. Palacios". *Rev. R. Acad. Ciencias de Madrid*, 59, 439-446 (http://www.rac.es/4/4_7_1.php?pid=Revistas:REV_20100409_04362&pageNum=0, recuperado el 5/6/2016).
- OTERO CARVAJAL, L.E. (2014) "La física y las Matemáticas en la universidad nacionalcatólica". En: L.E. Otero (ed.) *La Universidad nacionalcatólica, la reacción antimoderna*. Madrid, Universidad Carlos III, 131-190.
- REDACCIÓN PHYSICALIA (1957) "Sobre las oposiciones". *Physicalia*, 25, 13-14.
- RÉDEI, M. (ed.) (2005) *John von Neumann: Selected Letters*. London Mathematical Society-American Mathematical Society.
- REY PASTOR, J. (1933) "Discurso de contestación en nombre de la Academia a Esteban Terradas en el acto de su recepción". En: *Esteban Terradas "programa de un curso sobre ecuaciones diferenciales"*. *Discurso de Recepción y Contestación a un nuevo académico, 15/02/1933*. Real Academia de Ciencias Físicas y Naturales de Madrid.
- RIVADULLA, A. (2004) *Éxito, razón y cambio en física*. Madrid, Editorial Trotta.
- RIVADULLA, A. (2015) *Meta, método y mito en ciencia*. Madrid, Editorial Trotta.
- ROCA, A. (1990) "De la regeneración a la involución: Terradas y Rey Pastor, 35 años de amistad científica". En: L. Español (ed.) *Estudios sobre Julio Rey Pastor (1888-1962)*. Instituto de Estudios Riojanos.
- ROCA, A. (1994) "La Física Matemática en España en el cambio de siglo. La aportación de E. Terradas". En: S. Garma et al. (ed.) *Contra los titanes de la rutina. Contre les titans de la routine*. Madrid, CSIC, 383-401.
- ROCA, A. y SÁNCHEZ RON, J.M. (1990) *Esteban Terradas. Ciencia y técnica en la España contemporánea*. Madrid, INTA, Del Serbal.
- RODRÍGUEZ, C. (2002) *La Universidad de Madrid en el primer franquismo. Ruptura y continuidad (1939-1951)*. Madrid, Dykinson.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (1990) "La Física Matemática en España: de Echegaray a Rey Pastor". *Arbor*, 532, 9-59.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (2003) "La Física en España (IV): La Era Franquista". *Revista Española de Física*, 17, 7-13.
- SÁNCHEZ RON, J.M. (2015) "John von Neumann, el científico total". *Revista Española de Física*, 29(2), 56-68.
- SANZ, L. (1997) *Estado, ciencia y tecnología en España: 1939-199*. Madrid, Alianza Editorial.
- SOLER, P. (2012) "La Teoría de la Relatividad en España: el debate en torno a la constancia de la velocidad de la luz y su base experimental en los años 1960". *Llull*, 35(76), 381-401.
- SOLER, P. (2015) "La obra científica de Ramón Ortiz Fornaguera (1916-1974): un capítulo de la física matemática, teórica y nuclear en la dictadura franquista". *Actes d'Història de la*

- Ciència i de la Tècnica, Nova època*, 8, 9-55 (DOI: 10.2436/20.2006.01.189. <http://publicacions.iec.cat/repository/pdf/00000230\00000034.pdf>, recuperado el 6/6/2016).
- THARRATS, J.M (1955) *Memoria para la cátedra de Física Matemática de la Universidad de Barcelona*. Expediente cátedra de Física Matemática de la Universidad de Barcelona, 1955, inédito, AGA Educación 32/18181.
- TIEMBLO, A. (2008) “Física Teórica”. En: C. González y A. Santamaría (eds.) *Física y Química en la Colina de los Chopos. Instituto de Química Física Rocasolano*. Madrid, CSIC, 329-332.
- VALERA, M. y LÓPEZ, C. (2001) *La Física en España a través de los Anales de la SEFQ 1903-1965*. Universidad de Murcia.
- VILLENA, L. (1984) “José María Otero Navascués (1907-1983)”. *Óptica pura y aplicada*, 17, 1-12.