

LA INTRODUCCIÓN DE LA FÍSICA CUÁNTICA EN ESPAÑA: LIBROS DE TEXTO, PANORAMA GENERAL Y RELACIÓN CON LA FILOSOFÍA (1930-1960)

The beginnings of the quantum physics in Spain: Textbooks, overview
and relationship with philosophy (1930-1960)

ANXO VIDAL NOGUEIRA

Instituto Interuniversitario López Piñero-Universitat de València

ORCID: 0000-0003-2593-8655

Resumen

En este artículo hemos abordado los primeros compases de la física cuántica en España, en concreto, entre los años 1930 y 1960. Nos hemos apoyado en la tesis de David Kaiser sobre el peso de la filosofía en los libros de texto de física cuántica en el caso estadounidense (*Quantum legacies*, cap. 8, 2020) y hemos hecho una primera aproximación para el caso español. Para poder comprender mejor el contexto editorial, intelectual y cultural, hemos realizado un análisis general del panorama editorial de la época: hemos creado y analizado una base de datos a partir del catálogo colectivo universitario REBIUN, lo cual nos ha ofrecido una imagen panorámica de las obras editadas en la época, así como de sus lugares de procedencia, idiomas, editoriales y evolución. Posteriormente, hemos analizado el tratamiento de aspectos filosóficos en algunas obras españolas de interés. Hemos concluido una evolución particular en el caso español, condicionada por su contexto económico, social y político, con una tendencia a interpretar la física cuántica desde el dogma nacionalcatólico y una huida de la complejidad matemática. También hemos visto una gran influencia de la esfera angloparlante y una enorme importancia del sistema editorial latinoamericano en la difusión de obras en español. Los resultados nos emplazan a la realización de estudios en mayor profundidad.

Abstract

In this article we have addressed the early stages of quantum physics in Spain, specifically, between the years 1930 and 1960. We have relied on David Kaiser's thesis on the weight of philosophy in quantum physics textbooks in the United States (*Quantum legacies*, chap. 8, 2020) and we have made a first approximation for the Spanish case. To have a better understanding of the editorial, intellectual and cultural context, we have created and analysed a database from the REBIUN university catalogue, which has offered us a panoramic view of the works published at the time, as well as their places of origin, languages, publishers, and evolutions. Then, we have analysed the treatment of philosophical aspects in some relevant Spanish textbooks. We have concluded a particular evolution in the Spanish

Recibido: 07/03/2022 – Aceptado: 28/08/2023
<https://doi.org/10.47101/llull.2023.46.92>. Vidal

case, conditioned by its economic, social, and political context, with a tendency to interpret quantum physics from a national-catholic dogma and to escape from mathematical complexity. We have also seen a great influence from the English-speaking sphere and an enormous importance from the Latin American publishing system in the dissemination of works in Spanish. The results call us to carry out studies in greater depth.

Palabras clave: Física cuántica, Libros de texto, Interpretación de Copenhague, Bibliotecas universitarias.

Key words: Quantum physics, Textbooks, Copenhagen interpretation, University libraries.

1. INTRODUCCIÓN

En una conferencia dirigida a estudiantes universitarios, el premio Nobel de física Richard Feynman afirmó: “Pienso que puedo decir con certeza que nadie entiende la mecánica cuántica” [FEYNMAN, 1965, p. 129]. Una afirmación insólita, considerando la relevancia del físico estadounidense como investigador, pero también como docente, y el público al que se dirigía. Pero comprensible, teniendo en cuenta las idiosincrasias de Feynman como personaje público, el estatus del físico teórico en el siglo XX y el aura que ha rodeado a la física cuántica como un área de conocimiento de gran dificultad, no tanto por su complejidad matemática, sino especialmente por sus implicaciones filosóficas menos intuitivas, que suelen hacer las delicias de la ciencia ficción, la cultura popular o la divulgación científica. Paradójicamente, estas implicaciones filosóficas, que tuvieron un papel motriz en la emergencia de este nuevo campo de conocimiento, suelen encontrarse ausentes en los manuales universitarios contemporáneos de física cuántica [GREINER, 2001; GRIFFITHS, 1995; WALECKA, 2021]. Ello no siempre ha sido así, durante ciertas épocas la enseñanza de la física cuántica contemplaba sus implicaciones filosóficas como algo fundamental. David Kaiser [2020] ha mostrado como en las décadas de los treinta y cuarenta los libros de texto y cursos de física cuántica impartidos en las universidades de EE. UU. solían incluir aspectos relacionados con las extensiones filosóficas derivadas del aparato teórico. Esa tendencia comenzaría a cambiar hacia la década de los cincuenta, momento en el que el cálculo y la resolución de problemas pasaría a convertirse en la base de la enseñanza de la física cuántica. El autor relaciona este giro con la masificación de las aulas, fenómeno que impulsaría una enseñanza más automática y menos especulativa, que facilitaba tanto las tareas de enseñanza como las de evaluación del alumnado. El primer objetivo de este artículo es indagar en la introducción de la mecánica cuántica en España mediante la aplicación y discusión de la tesis de Kaiser en este caso particular.

El fenómeno señalado por Kaiser es relevante porque cuestiona una de las ideas más arraigadas dentro de la historia de la ciencia: que los libros de texto son productos dogmáticos, conservadores que sirven como difusión del paradigma aceptado dentro de la comunidad. Parece claro que, si esto fuese cierto, el abordaje de aspectos filosóficos, en los cuales nunca ha habido un consenso total dentro de la comunidad de físicos, no tendría cabida en ellos. Por otro lado, los cambios epistemológicos en la física cuántica y los textos que la representan podrían estar relacionados con aspectos pragmáticos relacionados con el día a día de la ense-

ñanza, el aprendizaje y su evaluación. El estudio de estos aspectos se inserta en los estudios renovadores sobre el papel histórico de los libros de texto y la enseñanza de las ciencias desarrollados en las últimas décadas [BERTOMEU SÁNCHEZ y GARCÍA BELMAR, 2004; KAISER, 2005; SIMON, 2013, 2016, 2022; OLESKO, 2006; BADINO y NAVARRO, 2013]. Por otro lado, la tesis de Kaiser sobre la relación entre el tratamiento de aspectos filosóficos y el número de alumnos es atractiva y sólidamente formulada, pero quizás haya dejado de lado otros aspectos que habrían podido afectar a la forma de enseñar y entender la física cuántica dentro de la comunidad de físicos. En el último capítulo publicado acerca de los libros de texto de física cuántica en una obra de referencia internacional (el *Oxford Handbook of the History and Philosophy of Quantum Interpretations*) se sugiere la relevancia de abordar casos de estudio más allá de los fundacionales y los vinculados con la física alemana, británica o estadounidense, así como revisar la pertinencia o no de tesis como la de Kaiser mediante comparación con otros casos nacionales [SIMON, 2022].

El caso español es de un especial interés para valorar este aspecto de la enseñanza de la física cuántica habida cuenta de su particular contexto histórico y las posibles influencias que el contexto político, social y cultural pudo tener en la recepción de la física cuántica. Las consecuencias del golpe militar de 1936 en lo que se refiere a la calidad y cantidad de la producción científica fueron demoledoras [LÓPEZ FERNÁNDEZ y VALERA CANDEL, 1983]. Desconocemos hasta qué punto la comunicación y enseñanza de la física cuántica se vio condicionada por la pobre estructura investigadora, el contexto ideológico represor o la hegemonía cultural del nacionalcatolicismo. En este sentido, otros autores han notado la conexión entre la espiritualidad y la recepción de la nueva física en España. Soler Ferrán [2009] ha puesto de manifiesto el profundo debate que la relatividad supuso en el panorama filosófico español, con destacadas figuras de la ultraderecha posicionadas a favor de ésta por las posibilidades interpretativas que ofrecía. Por su parte, Roqué [2016] ha hecho notar que, en relación con la mecánica cuántica, varios investigadores y académicos utilizaron la interpretación de Copenhague¹ como soporte para argumentar en favor de una nueva ciencia espiritual que superaría el determinismo mecanicista de la física clásica y daría pie a la entrada de lo divino en la ciencia. Algunos de los valedores de esta forma de relacionarse con la física, como Carlos Sánchez del Río —según Roqué, uno de sus máximos representantes— o Julio Palacios Martínez, fueron autores de libros de texto de física cuántica o atómica. La manera en que esa

1. Cuando hablamos de interpretación de Copenhague, nos referimos a una doctrina, considerada la ortodoxa dentro de la física cuántica, que podría resumirse en la defensa de la acausalidad y el indeterminismo a la hora de interpretar los resultados de la física cuántica, así como de la idea de complementariedad de Bohr y de la imposibilidad de dar con alternativas interpretativas que conservasen el determinismo clásico. Con todo, no podemos obviar la problemática surgida a la hora de definir la interpretación de Copenhague; sus máximos exponentes —encabezados por Bohr y Heisenberg— contaban con opiniones que distaban de ser idénticas, cuando no contradictorias, y parece que la idea de una escuela uniforme y homogénea surge tras las críticas de los filósofos soviéticos al conjunto de autores considerados hoy los fundadores de la interpretación [BELLER 1999; CAMILLERI, 2009]. Así, somos conscientes de que nuestro criterio es matizable, pero creemos es razonablemente bueno para el asunto que nos ocupa, que no es otro que dar cuenta de las tendencias interpretativas de la física española.

interpretación filosófica “a la española” se ha manifestado en los libros de texto de física cuántica es una cuestión en buena medida desconocida y que merece ser explorada considerando, además, el interés que de por sí tiene la cuestión del peso filosófico en la enseñanza de la cuántica.

Resulta por tanto de interés analizar este aspecto particular de la educación de la física cuántica en España, aportando a la discusión internacional sobre el papel del libro de texto y la cuestión particular sobre la presencia de la filosofía en la enseñanza de la cuántica.

Sobre el periodo temporal escogido para este estudio de caso, se corresponde con lo que se puede entender como las décadas de inicio y desarrollos tempranos de la cuántica: antes de 1930 ni la teoría se encontraba lo suficientemente consolidada ni había tenido casi presencia en España [SETH, 2013; GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, 2015]; por otra parte, después de 1960 España producía obras de mayor complejidad y más modernas —como la *Mecánica Cuántica* de Garrido [1963], que ha sido considerado el primer libro español de física cuántica moderno [BAIG et al., 2012a]— y contaba con una comunidad intelectual más establecida, de modo que puede considerarse superado el carácter iniciático que queremos abordar en este trabajo. Por otro lado, es una ventana temporal que coincide en buena medida con la que Kaiser establece en su trabajo; aunque aquel se extiende algo más en su límite superior, aproximadamente una década, lo esencial de su tesis se centra en el periodo que nosotros abordaremos.

Para poder llevar a cabo nuestro análisis del peso de la filosofía será necesario conocer el panorama editorial de la época para escoger un cierto número de obras para analizar. Existen trabajos previos que abordan las primeras obras de física cuántica producidas en España: Baig et al. han escrito sobre la traducción del *Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik* de von Neumann al español por parte de Ramón Ortiz Fornaguera [BAIG et al., 2012b], también sobre las primeras obras españolas (realizadas por autores españoles en España) que contenían algún aspecto de la física cuántica. [BAIG et al., 2012a]; Gimeno Valentín-Gamazo [2015], por su parte, en su tesis doctoral aborda las matemáticas de los *cuanta* en España, su trabajo cuenta con una sección sobre los libros de texto más importantes de física cuántica y es el trabajo más completo hasta la fecha en cuanto a la documentación de las obras de la que tengamos constancia.

Estas obras nos permiten una primera aproximación y podrían servir para nuestro abordaje, pero hemos querido aprovechar la ocasión —he aquí el segundo objetivo de nuestro trabajo— para realizar un estudio más general del panorama editorial que nos proporcione información sobre el contexto general de las publicaciones de la época. Ya hemos mencionado el caso particular de España dentro del contexto europeo y es de interés analizar, desde una perspectiva más amplia, cómo se reflejan esas particularidades en las publicaciones de física cuántica.

Al realizar este abordaje del panorama editorial no nos limitaremos a una definición estricta de libro de texto. Al tratarse de un análisis que pretende dibujar la relación de la comunidad española con la física cuántica es de interés abordar también obras de tipo más divulgativo o ensayístico. Como ha notado Simon [2022] refiriéndose a los estudios clásicos de

Fleck [1979] y Forman [1971], en el período abordado existió un circuito de comunicación que integró una gran diversidad de géneros de publicación desde los generales a los especializados y un papel fundamental de las conferencias públicas, en los que los físicos cuánticos hicieron públicos sus trabajos más vanguardistas de manera a menudo indistinta y complementaria. Algunos de los resultados más relevantes de la mecánica cuántica fueron comunicados al público general en conferencias o magazines culturales antes de ser publicados como artículos en las principales revistas de física de la época. Por ello en nuestro trabajo abarcamos escritos sobre la física cuántica de diversa índole, desde los claramente diseñados para la enseñanza universitaria (o resultado de esta), hasta algunas otras publicaciones basadas en conferencias u otros espacios de comunicación —que juegan también un papel importante en la estandarización del conocimiento de esta área. Del mismo modo, incluiremos tanto obras originales españolas como traducciones y obras extranjeras, ya que todas ellas configuran el sistema comunicativo a través del cual la comunidad se relacionó consigo misma, con otras comunidades nacionales y los diferentes círculos de expertos y profanos.

Así, para este análisis general, hemos hecho uso del catálogo de la red de bibliotecas universitarias españolas REBIUN, que concentra los catálogos de las bibliotecas de las 76 universidades miembros de la CRUE (50 de ámbito público y 26 de ámbito privado) y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). Hemos recogido todas las obras publicadas desde el año 1929 al 1961, obteniendo una lista que nos ha permitido analizar el caso español sin olvidar las influencias provenientes de países extranjeros, pudiendo valorar las procedencias, lenguas dominantes, autorías, temáticas y editoriales de los libros publicados en ese período. Como hemos comentado, en el análisis hemos considerado todas las obras que los creadores del catálogo han considerado merecedoras de la etiqueta “cuántica” o “ondulatoria”, sean obras monográficas o de física atómica, nuclear o general. A modo de estudio complementario, hemos recuperado los registros históricos de la biblioteca de la Universidade de Santiago de Compostela, en concreto los libros de registro de la Biblioteca Xeral [USC, 1928-1960] y de la Biblioteca de la Facultade de Ciencias [USC, 1961-1972], hoy Facultade de Química. Con ello hemos analizado hasta qué punto el catálogo actual es representativo del uso histórico de los libros de texto. En principio, el análisis del catálogo REBIUN nos da información sobre la producción editorial y su recepción por parte de las universidades en un período indeterminado entre la publicación y la actualidad. Esto es de por sí relevante para el análisis de posibles patrones, aunque evidentemente no dé cuenta con suficiente precisión sobre qué libros específicos fueron utilizados en la enseñanza universitaria y cómo —aspectos que configuraría un estudio diferente al aquí propuesto.

Tras el análisis general hemos seleccionado varias obras para realizar un estudio de caso valorando la presencia de aspectos filosóficos en los libros de texto. En este abordaje sí nos limitaremos a libros de texto entendidos como obras sistemáticas, con carácter expositivo y susceptibles de ser utilizadas en un curso universitario, pues son este tipo de obras en las que es posible aplicar la tesis de Kaiser. A la hora de seleccionar las obras hemos priorizado que aborasen la física cuántica de la forma más monográfica posible, es decir, una obra de tipo general con un capítulo de física cuántica no será elegible por no tener la suficiente extensión

como para abordar aspectos filosóficos. En el caso de obras de física atómica o nuclear, serán elegibles si cuentan con una parte considerable dedicada a aspectos de física cuántica. El otro criterio es la presencia de las obras en las bibliotecas nacionales, es decir, escogeremos aquellas obras que pueden encontrarse en el mayor número de bibliotecas universitarias². Es este un criterio con sus limitaciones; no asegura que fuesen las obras más usadas en las aulas de la época pues pudieron ser incorporadas posteriormente, pero es razonable argumentar que sí se relaciona con la importancia de las obras —una importancia que reside no solo directamente en su uso concreto en las aulas, sino también en su éxito editorial y consecuente distribución. En cualquier caso, este estudio es un primer paso en la dirección de analizar la relación entre la enseñanza de la física cuántica y la presencia de la filosofía en España, que sienta las bases para profundizar con otro tipo de estudios cualitativos o cuantitativos en el futuro.

A la hora de analizar las obras hemos concentrado nuestros esfuerzos en responder varias preguntas que consideramos de especial interés histórico e historiográfico. En primer lugar, las necesarias para contextualizar la obra: ¿Quién la escribió? ¿Cuándo y dónde se editó? Y, por otro lado, las pertinentes para dar cuenta de la presencia de la filosofía en las obras, su tratamiento, evolución y diferencias entre autores, a saber: ¿contiene secciones específicas que lidien con aspectos filosóficos, en concreto el determinismo o la causalidad? ¿Qué significado físico se le da a la función de ondas (de Schrödinger)? ¿De qué modo se deriva y se aborda el principio de incertidumbre? ¿Se presentan alternativas a la interpretación ortodoxa como, por ejemplo, la de variables ocultas? Estas preguntas se conectan de forma directa con las cuestiones que se abordan de manera estándar en la intersección de la historia y la filosofía de la ciencia, estas son, la causalidad, el determinismo y el papel del observador [SETH, 2013].

2. UNA PANORÁMICA DE LAS OBRAS DE FÍSICA CUÁNTICA EN LAS BIBLIOTECAS UNIVERSITARIAS ESPAÑOLAS, 1930-1960 (REBIUN)

Nuestro objetivo a la hora de analizar el catálogo REBIUN es conseguir una base de datos que recoja las obras de física cuántica editadas en los años de nuestro período y con ello obtener información sobre la introducción de la cuántica en el país. Hemos recogido todas las entradas del catálogo englobadas bajo la palabra “cuántica” y “ondulatoria” en el apartado de búsqueda “tema” y aplicando el filtro “libros” en el apartado de “formato”. De este modo, creemos que podemos conseguir una muestra lo suficientemente representativa del panorama editorial de la época, así como rescatar buena parte de los títulos más relevantes. En este apartado de análisis general y cuantitativo, incluiremos también las obras de física general o de física nuclear o atómica que nos devuelva la búsqueda, asumiendo que son un corpus importante en la difusión de la física cuántica. Tras el vaciado de los resultados, hemos creado una base de datos informática a partir de la cual hemos extraído la información relevante.

2. En algunos casos nos encontraremos con que una obra más extendida trata menos aspectos de física cuántica que otra con una presencia menor. En estos casos intentaremos maximizar ambos criterios, escogiendo obras lo más monográficas posible, pero asegurándonos que se encuentran entre las más extendidas. En cada caso explicitaremos los criterios seguidos.

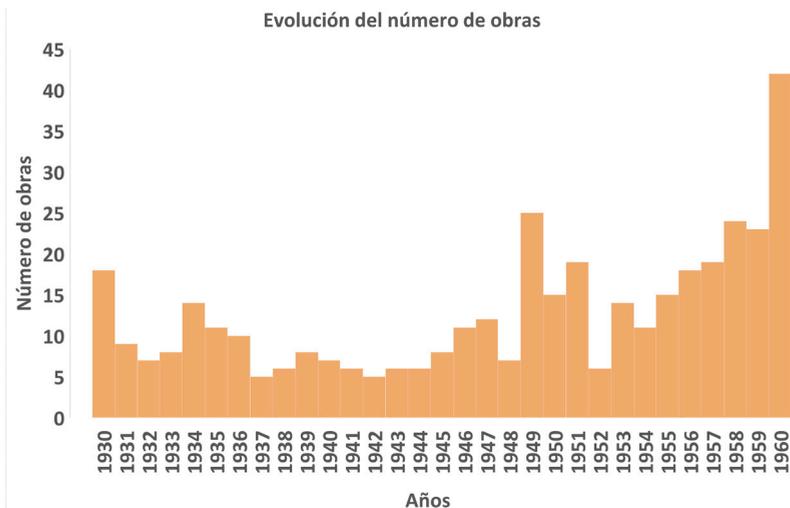


Figura 1. Histograma del número de obras de física cuántica en las universidades españolas entre 1930 y 1960. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del catálogo REBIUN.

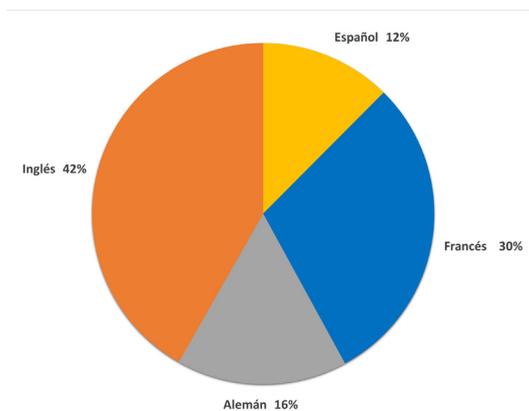


Figura 2. Distribución idiomática (las cuatro lenguas con mayor peso) de las obras. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del catálogo REBIUN.

Nuestra búsqueda en el catálogo arrojó un resultado de 606 referencias, las cuales, tras la purga de los datos —concentrando duplicados—, se redujeron a un total de 433 obras. Cabe aclarar que hemos considerado como ítems diferentes las distintas ediciones de una misma obra, ello nos permitirá observar patrones temporales en la difusión de diferentes títulos.

La evolución en cuanto a la cantidad de obras es claramente ascendente: la mayor producción aparece a finales de los años cincuenta, década en la que se da un crecimiento continuado a partir de aproximadamente 1953 tal y como puede verse en la Figura 1.

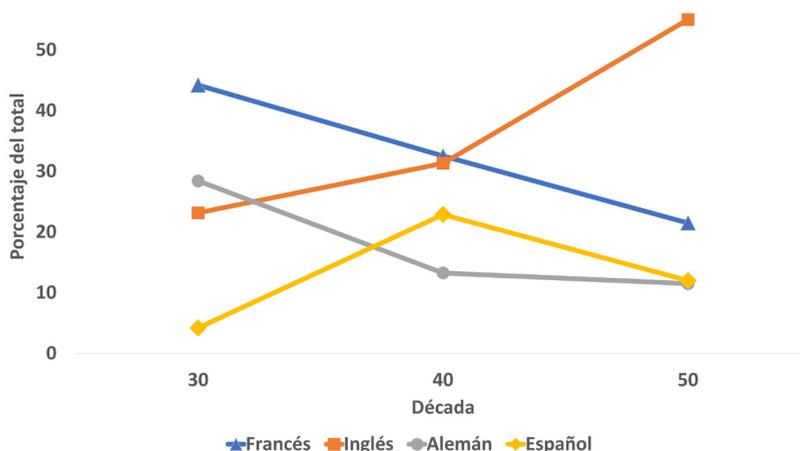


Figura 3. Peso de las cuatro principales lenguas en cada década.
Fuente: elaboración propia a partir de los datos del catálogo REBIUN.

En lo referente a las lenguas, nos encontramos con un panorama dominado por el inglés, tal y como muestra la Figura 2. El francés es la segunda lengua más común, seguida del alemán, ésta con un peso comparable al español. Otras lenguas como el italiano o el ruso cuentan con mucha menor presencia, despreciable en términos estadísticos. Estos datos porcentuales son algo engañosos, ya que daría la sensación de una superioridad permanente del inglés, pero lo cierto es que ello solo ocurrió en la década de los cincuenta. En la Figura 3 puede verse cómo el francés es la primera lengua en los libros de cuántica de las bibliotecas españolas publicados en los años treinta (momento clave a nivel internacional para la estandarización de la teoría cuántica y su apuesta por el libro de texto), seguida del alemán. En los años cuarenta el inglés compite fuertemente con el francés y el español gana un peso considerable. Es en la década de los cincuenta cuando, ahora sí, el dominio del inglés es absoluto. Es precisamente en esa década en la que se da una mayor producción de obras y por ello, en números absolutos, nos encontramos con que el inglés tiene una presencia aplastante.

Respecto al lugar de edición, las bibliotecas españolas se han nutrido fundamentalmente de las obras creadas en la esfera angloparlante, principalmente la americana, con Nueva York como foco de gran importancia. Francia, y en particular París, cuenta con un gran número de obras editadas. Alemania, Reino Unido y la propia España completan los cinco principales países en cuanto a procedencia de las ediciones.

Parece posible ver el reflejo de la situación de las diferentes potencias en todos estos datos: los Estados Unidos concentran prácticamente toda su producción tras la segunda Guerra Mundial, momento en el que desarrolla un gran crecimiento económico y en el que su comunidad de físicos crece a grandes pasos, al abrigo de programas militares en física nuclear y de

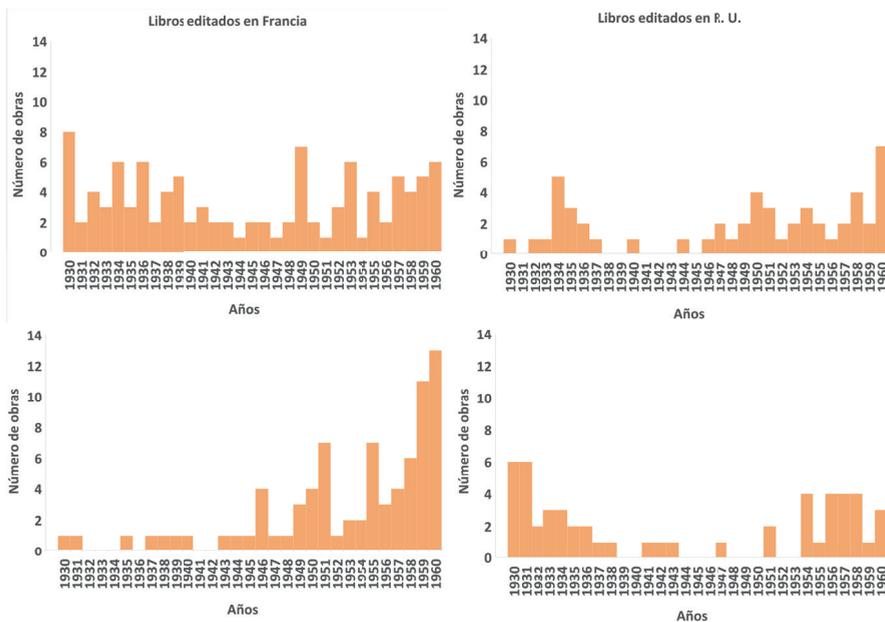


Figura 4. Número obras extranjeras de física cuántica en las universidades españolas entre 1930 y 1960. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del catálogo REBIUN.



Figura 5. Número de obras de física cuántica en español en las universidades españolas entre 1930 y 1960. Fuente: elaboración propia a partir de los datos del catálogo REBIUN.

altas energías [KEVLES, 1979]. Francia o Alemania, por su parte, contaban con una presencia destacable antes de la guerra, pero ésta se vio reducida durante los destructivos años del conflicto y los inmediatamente posteriores, recuperándose a partir de 1950 aproximadamente (ver Figura 4)

Centrándonos en la producción en español, apenas tiene presencia en la primera década de nuestro análisis. La producción de libros originales o traducidos se consolida a partir del año 1945 (ver Figura 5). De estas obras, tenemos un número similar de traducciones y obras originales. Las traducciones son en su mayoría del francés, inglés y alemán. Es destacable la presencia de la esfera editorial latinoamericana, en concreto de México y Argentina en la producción de estas obras.

Las obras originales en español son en su gran mayoría procedentes de España; las traducciones, en cambio, proceden de España y América Latina al 50% aproximadamente. Así, existe en España un cierto desequilibrio entre la producción original y la traducida, con una inclinación hacia lo primero.

En lo referente al panorama editorial en español, nos encontramos con una gran variedad en las instituciones editoras, aunque la mayoría de ellas cuentan con pocas obras en su haber. Las más presentes son la Dirección General de Publicaciones de la Universidad Nacional de México, la editorial argentina Losada y Espasa-Calpe, tercera en la lista y que editaba desde Buenos Aires³.

El sistema editorial latinoamericano fue pues de gran importancia en lo referente a la física cuántica en España. En esa labor editorial destacó la implicación de los exiliados españoles, que contribuyeron al surgimiento de un *boom* editorial, sobre todo en Argentina y México, entre 1936 y 1950 [SÁNCHEZ ILLÁN, 2015].

La editorial con sede en España más presente es Dossat, desde Madrid. Dossat había sido fundada en 1943 por el francés Esteban Dossat Beaupay y los españoles Federico Navarro Franco y Juan Becerril Antón Miralles. Contaba en 1957 con un catálogo extenso en materias como ingeniería, construcción, urbanismo, matemáticas, física, química o agricultura, fue una de las más destacables editoras de obras científicas y técnicas [GARCÍA NAHARRO, 2015].

Es también destacable la importancia de los servicios de publicaciones de las diferentes universidades, escuelas, patronatos, academias o similares. Ello concuerda con la tendencia general dentro de la edición científica en que las universidades y el CSIC acaparaban la mayor parte de la producción. Por su parte, los laboratorios o centros industriales privados contaron con un papel muy discreto, tal y como anuncia García Naharro [2015]; en nuestra lista solo

3. Tanto la editorial Espasa-Calpe como Losada están estrechamente ligadas a España y entre ellas: aquella era la delegación argentina de una editorial española, mientras que Losada nació como escisión de la propia Espasa-Calpe, tras desavenencias entre Gonzalo Losada y el director de la delegación, Manuel Olarra, por las inclinaciones franquistas de la editorial durante la guerra. La nueva Losada se convertiría en la editorial de los exiliados republicanos por excelencia [SÁNCHEZ ILLÁN, 2015].

encontramos un caso: la Sociedad Anónima de Cros, del sector químico, que editó a Ramón Ortiz Fornaguera, un autor destacado de la época.

La presencia de empresas editoriales españolas es reducida, el régimen impulsó la publicación desde los organismos oficiales, pero no puso facilidades a las editoriales privadas, al menos hasta 1946, con la Ley de Protección del Libro y sus rebajas fiscales y reducciones del precio del papel. De hecho, solo se encuentran dos obras editadas en España anteriores a esa fecha: la *Nueva mecánica ondulatoria* [1935] de Schrödinger, editadas por signo en Madrid, nacidas de las conferencias impartidas por el físico en Santander en el año 1934 y traducidas por el filósofo Xavier Zubiri, y la *Física moderna* [1932] de Gaetano Castelfranchi, traducción del italiano y editada por Gustavo Gili desde Barcelona, editora que llevaba introduciendo ediciones científico-técnicas varias décadas [GARCÍA NAHARRO, 2015]. Resulta de interés notar que uno de los primeros introductores de obras de mecánica ondulatoria en España, Xavier Zubiri, no era ni físico ni matemático, sino un filósofo cuya obra ahondó en la relación del Hombre con Dios [SAÑA ALCÓN, 2007]. Los primeros pasos de la física cuántica en España parecen darse en un contexto diverso, con aportaciones procedentes de diferentes ámbitos y en los que dibujar fronteras estrictas entre disciplinas es problemático. Por otro lado, es posible adivinar esa relación cuántica- espiritualidad en el interés que Zubiri mostró por la disciplina.

A pesar del bajo número de editoriales privadas, la actividad de estas empresas fue considerablemente eficiente: las obras con mayor difusión en las universidades son, en general, aquellas editadas por empresas privadas y no por instituciones públicas o asociaciones. Las obras editadas por empresas especialistas consiguieron ubicarse en las bibliotecas universitarias en mayor medida que las editadas por las propias universidades, instituciones científicas o patronatos, probablemente debido a que aquellas contaban con un sistema de distribución más elaborado que estas. En este sentido es destacable, de nuevo, la editorial Dossat, cuyas obras consiguieron una presencia muy notable en las universidades españolas.

En cuanto a los lugares de edición de las obras editadas en España, Madrid es el centro editorial más importante, con diferencia: alrededor del 33% de las obras fueron editadas en la capital española, que contaba con el mayor número de empresas editoras. Barcelona es la segunda ciudad con mayor número de obras, sobre un 19%, y un número también importante de empresas editoriales. Debe recordarse que el estado franquista estaba profundamente centralizado, ese pudo ser uno de los motivos de la concentración de la producción en la capital. Además, la mayoría de las editoriales privadas que editaron ciencia nacieron en Madrid (Dossat, Aguilar, CEAC, ...) y Barcelona (Labor, Gustavo Gili), por lo que la concentración de la producción también se dio en el ámbito privado [GARCÍA NAHARRO, 2015]. Por otra parte, las obras editadas en ciudades pequeñas no consiguieron demasiada circulación, probablemente porque la mayoría eran editadas por las propias universidades, que, como ya hemos dicho, no alcanzaban una buena difusión. Los autores españoles tendían a publicar en los mismos lugares en los que desarrollaban su actividad profesional, apoyándose a menudo en los servicios editoriales de las propias universidades, sobre todo en ciudades alejadas de los sectores editoriales de Madrid y Barcelona.

Finalmente, hemos elaborado una lista (Cuadro 1) con las 30 obras más extendidas. Se trata de una lista orientativa, que no pretende ser exhaustiva, esto es, podría haber títulos importantes de la época que nuestra lista, debido a las limitaciones del catálogo, no recoja, pero creemos que sí es representativa y agrupa obras de importancia a la hora de considerar la física cuántica en España. Del mismo modo, la presencia de las obras debe tomarse como un dato aproximado debido a que las limitaciones del catálogo pueden haber sido una fuente de error, aunque confiamos en que estos sean mínimos⁴.

Cuadro 1. Obras más extendidas en las bibliotecas universitarias españolas en orden descendente por número de bibliotecas con algún ejemplar. Las últimas columnas indican el año de la 1ª edición en caso de reediciones y de la 1ª edición original en caso de traducciones.

<i>Autor</i>	<i>Difusión</i>	<i>Título</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha 1ª ed.</i>	<i>Fecha 1ª ed. original</i>
Brogie, Louis de	35	Continuidad y discontinuidad en física moderna	1957	-	1941 (francés)
Castelfranchi, Gaetano	31	Física moderna	1932	-	1929* (italiano)
Heisenberg, Werner	29	The physical principles of the quantum theory	1949	1932	-
Weyl, Hermann	25	The theory of groups and quantum mechanics	1950	1931	1928 (alemán)
Pauling, Linus & Wilson, E. Bright	23	Introduction to quantum mechanics: with applications to chemistry	1935	-	-
Neumann, John von	23	Fundamentos matemáticos de la mecánica cuántica	1949	1932	-
Wigner, Eugene P.	23	Group theory: and its application to the quantum mechanics of atomic spectra	1959	1931	-
Iñiguez Almech, José M ^a .	22	Mecánica cuántica	1949	-	-

* En este caso, indicamos el año de la edición más temprana que hemos localizado, pero no tenemos la seguridad total de que sea, en efecto, la primera edición original.

4. En este sentido, es ilustrativo, por ejemplo, la existencia de una entrada con el título “La nueva mecánica *andulatória*”, de Erwin Schrödinger. Este tipo de errores, “andulatória” por “ondulatória” o “Castelfranchi” por “Castelfranchi” son una de las dificultades asociadas al principal problema del catálogo: la existencia de varias entradas para una misma obra. Ello también supone la dificultad de que cada entrada puede no estar etiquetada con los mismos descriptores. Así, la obra *Física Moderna* de Castelfranchi está englobada en la materia “cuántica” en dos de sus entradas, pero en muchas otras se encuentra solo bajo la materia “física”. Estas problemáticas, especialmente dañinas a la hora de establecer la presencia de cada obra, se han solventado manualmente, a través de una revisión pormenorizada de los datos y la realización de comprobaciones con el motor de búsqueda con todas las obras recogidas. Creemos haber conseguido eliminar los errores provenientes de esta variabilidad y unificar todas las entradas relativas a una misma obra.

Cuadro 1 (cont.)

<i>Autor</i>	<i>Difusión</i>	<i>Título</i>	<i>Fecha</i>	<i>Fecha 1ª ed.</i>	<i>Fecha 1ª ed. original</i>
Schwinger, Julian S.	22	Selected papers on quantum electrodynamics	1958	-	-
Sánchez del Río, Carlos	20	Fundamentos teóricos de la física atómica y nuclear	1960	-	-
Ramón y Ferrando, Fernando	20	Micromecánica elemental	1951	-	-
Slater, John C.	20	Quantum theory of atomic structure	1960	-	-
Palacios, Julio	20	Esquema físico del mundo	1947	-	-
Papp, Desiderio	19	La doble faz del mundo físico	1944	-	-
Hoffmann, Banesh	18	The strange story of the quantum	1959	1947	-
Messiah, Albert	18	Mécanique quantique	1959	-	-
Omelianovski, M.E	16	Problemas filosóficos de la mecánica cuántica	1960	-	1956 (ruso)
Muñoz Perez, Jesús	15	¿Cómo nació la vida?	1949	-	-
Castelfranchi, Gaetano	15	Física moderna	1945	-	1929 (italiano)
Dirac, Paul A. M.	14	The principles of quantum mechanics	1958	1930	-
Tharrats Vidal, Jesús	14	Sur les ondes singulieres de la mecanique quantique	1956	-	-
Planck, Max	14	Determinismo o indeterminismo?	1947	1938	-
González Salas, Mariano	14	Física atómica	1949	-	-
Schiff, Leonard I.	14	Quantum mechanics	1955	1949	-
Jordan, Pascual	14	La biología cuántica	1954	-	1943 (inglés)
López Franco, Antonio & López Bustos, Carlos	13	Nociones generales sobre la mecánica cuántica y ondulatoria	1956	-	-
Schrödinger, Erwin	13	La nueva mecánica ondulatoria	1935	-	-
Brogie, Louis de	13	Ondas, corpúsculos y mecánica ondulatoria	1949	-	-
Heitler, Walter	13	Elementos de mecánica ondulatoria	1953	-	1945 (inglés)
Belda Villena, Enrique	13	Mecánica clásica y moderna	1950	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de REBIUN.

Nos encontramos con que entre las obras de presencia en las bibliotecas universitarias españolas se encuentran varias de origen español. La obra de José M^a Íñiguez Almech, *Mecánica cuántica* [1949], es una de las más extendidas, cercana a obras de grandes figuras del mito cuántico como Werner Heisenberg o John von Neumann. Destacan también las obras de Carlos Sánchez del Río, *Fundamentos teóricos de la física atómica y nuclear* [1960], y la de Fernando Ramón y Ferrando, *Micromecánica elemental* [1951]. En total nueve obras españolas, siendo una de ellas en francés (de Jesús María Tharrats), y nueve originales en español, incluyendo la obra del argentino Desiderio Papp, se encuentran entre las treinta de mayor impacto. Todo ello parece indicar que las obras españolas no fueron marginales. La presencia de las obras españolas compete con las obras de renombre internacional.

En cuanto a los contenidos, las obras españolas son en su mayoría introductorias y varias de tipo general, es decir, que no solo abordan aspectos de la física cuántica, si no que tratan aspectos más amplios relacionados normalmente con la física atómica, nuclear o de física general. *Mecánica cuántica* de Íñiguez Almech, y *Nociones generales sobre la mecánica cuántica y ondulatoria* [1956], de Antonio López Franco y Carlos López Bustos son los libros más detallados y concentrados en lo cuántico. Por su parte, la *Micromecánica elemental* [1951] de Ramón y Ferrando incluye también un capítulo sobre la relatividad, mientras que Mariano González Salas, en su *Física atómica: compendio elemental en tres partes* [1949], realiza una exposición amplia sobre diferentes aspectos de física atómica que supera lo relativo al formalismo estrictamente cuántico. En *Mecánica clásica y moderna* [1950] de Enrique Belda Villena se encuentra una exposición de física general en la que lo cuántico es relegado a los capítulos finales; los *Fundamentos teóricos de la física atómica y nuclear* [1960] de Sánchez del Río cuenta con ocho capítulos centrados principalmente en la estructura del átomo y de su núcleo, lo esencialmente cuántico se limita a un solo capítulo (II). El *Esquema físico del mundo* [1947] de Julio Palacios Martínez es un breve ensayo donde se exponen las bases de la cuántica, así como diferentes reflexiones filosóficas sobre la nueva física, algunas de típico religioso. Finalmente, la obra de Jesús Muñoz Pérez, *¿Cómo nació la vida?* [1949] aborda el origen de la vida desde una postura anti materialista. En su cruzada, trata aspectos de la física cuántica (Cap. III Mecánica cuántica, indeterminismo fisicoquímico y vida) [PALAFOX, 1950].

Vemos la pluralidad de publicaciones que habíamos comentado anteriormente. Encontramos obras ensayísticas, alguna histórica y libros de texto canónicos, introductorios la mayoría, aunque también hay algunos más especializados. Veremos en el siguiente apartado cómo varios de los autores españoles de libros de texto no eran físicos especializados en física atómica/nuclear/teórica, es más, varios de ellos no eran ni siquiera físicos, sino ingenieros o químicos. Por otro lado, las obras de Julio Palacios [1947] y Jesús Muñoz Pérez [1949] son dos ejemplos de la intersección entre la interpretación de la cuántica y la espiritualidad del nacionalcatolicismo. Así, obras que no exponen el formalismo de la física cuántica, pero que se apoyan en ella para diferentes desarrollos reflexivos, se cuentan entre las de mayor presencia de nuestra muestra, dejando patente que la relación de la comunidad con la física cuántica superó lo meramente formal o teórico, adentrándose en lo cultural y filosófico.

Cabe destacar que cuatro de las obras que recogemos en nuestra tabla no habían sido mencionadas en obras anteriores: *La materia y el átomo: esbozo de la evolución de estos conceptos*

y de la teoría atómico, de Pla Dalmáu [1939], el *Esquema físico del mundo*, de Julio Palacios Martínez [1947], *¿Cómo nació la vida?* de Jesús Muñoz Pérez [1949], *Sur les ondes singulieres de la mecanique quantique* [1956] de Jesús María Tharrats, y la *Micromecánica elemental*, de Fernando Ramón y Ferrando [1951], del quien sí se habían analizado otras obras [GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, 2015], pero no ésta, la cual hemos concluido la más relevante del autor. Nuestro estudio nos ha permitido identificar algunas obras, variadas en sus aproximaciones, con considerable presencia y que no habían sido citadas en trabajos previos.

En cuanto a nuestro análisis de las fuentes de archivo de la USC, en concreto los libros de registro de la biblioteca Xeral y de la Facultade de Química, este nos ha servido para complementar el estudio del catálogo REBIUN. Recordamos que este último es uno moderno, que da cuenta del estado actual de las bibliotecas, no de sus fondos en años de estudio. Los libros editados en aquella época, ¿se incorporaron a las bibliotecas en años cercanos a su publicación? Al analizar los registros hemos comprobado esto mismo, al ver qué obras entraron en la biblioteca de la USC entre los años 1930 y 1962.

Hemos concluido que, en el caso de la USC, la mayoría de las obras de física cuántica fueron incorporadas a las bibliotecas de la universidad tiempo después de su edición, un tiempo que varía enormemente, desde el par de años hasta varias décadas. Es decir, en el período objeto de estudio encontramos que solo entraron en la biblioteca de la universidad unas diez obras de física general, teórica o atómica. Ninguna de ellas trataba de forma monográfica la física cuántica. Solo hemos encontrado obras de este tipo en un inventario de la cátedra de física del año 1964 [BIBLIOTECA, 1964]. Todo ello contrasta con el catálogo actual de la USC, que concentra una buena cantidad de obras de física cuántica editadas en los años de nuestro estudio. Teniendo en cuenta la hegemonía de la medicina y la química en la institución compostelana [GURRIARÁN, 2003, 2021] y que la consolidación de una comunidad de físicos en esta universidad fue más tardía, no sorprende que las novedades de física fueran incluidas más adelante. Cabe suponer que, a partir de 1977, momento en que la sección de física se convierte en Facultad independiente, las obras de física cuántica empezarían a ser incorporadas en mayor cantidad hasta conformar el catálogo actual.

Concluimos pues que las obras presentes hoy en las bibliotecas no son un reflejo de los fondos históricos cuando se trata de abordar la física cuántica. No podemos afirmar que fuesen usados por la comunidad universitaria como libros de referencia en la época. Nuestro estudio del catálogo REBIUN da cuenta, pues, de la producción editorial y su recepción posterior por parte de las universidades, no del uso de las obras como herramienta pedagógica.

3. LA PRESENCIA DE LA FILOSOFÍA

Tras el análisis panorámico, es momento de abordar la presencia de la filosofía en algunas de las obras más importantes. Recordamos que hemos limitado este análisis a obras lo más monográficas posible en torno a la física cuántica y con un formato de libro de texto, esto es, organizado de forma sistemática y con un tratamiento substancial de los temas que podrían ser usados como apoyo al estudio en el aula.

3.1 Años cuarenta: pluralidad de estilos y religiosidad

En la década de los treinta prácticamente no hubo publicación de obras en español sobre física cuántica. Las obras extranjeras publicadas por primera vez en este período, en cambio, son algunas de las más extendidas en el catálogo. En concreto, *The physical principles of the quantum theory* [1949], de Werner Heisenberg, editada por Dover en Nueva York, y *Fundamentos matemáticos de la mecánica cuántica* [1949], de John von Neumann, editada por el Instituto Jorge Juan en Madrid y traducida por Ramón Ortiz Fornaguera, son dos obras originales de 1930 y 1932, respectivamente, y son los títulos extranjeros más extendidas en la década de los cuarenta (nos referimos a las reediciones del año 1949). Así, las obras fundacionales de los años treinta ejercieron influencia hasta varias décadas después de su publicación. Es interesante notar que ambas son obras con una fuerte conexión con el ámbito estadounidense. Von Neumann se había afincado en los EE. UU. en la década de los treinta, mientras que Heisenberg había sido invitado a impartir una serie de conferencias en el país, de hecho, la obra citada es fruto de una serie de conferencias impartidas en la Universidad de Chicago en el año 1929. Los datos cuantitativos sobre la creciente influencia estadounidense parecen coherentes con estas conexiones de las obras extranjeras más difundidas.

En cuanto a la década de los cuarenta, recordamos que es cuando la producción en español comienza a tomar fuerza, tanto en España como en Latinoamérica. El contexto español posbélico marcó profundamente las posibilidades del sistema científico y editorial, tanto por el contexto de una economía autárquica como el de la represión franquista, con numerosos científicos y pensadores depurados o en el exilio, tanto exterior como interior.

Nuestro análisis se ha centrado en las dos obras de esta década con mayor difusión en las bibliotecas españolas⁵: *Mecánica cuántica* de Íñiguez Almech y *Física atómica* de González Salas, ambas de 1949, dos obras muy diferentes tanto en su origen como contenido.

La *Mecánica cuántica* de Íñiguez Almech es uno de los pocos libros de texto españoles dedicados única y exclusivamente al tratamiento de la física cuántica, fue editada en Zaragoza a través de la Academia de Ciencias Exactas, Físicoquímicas y Naturales. La financiación para su edición fue proporcionada por Tomás Romojaro Sánchez (1907-1980), gobernador civil y activo colaborador del franquismo antes, durante y después de la guerra [SANZ HOYA, 2020, p. 167-172], al principio de la obra se le agradece su generosidad. Por otro lado, en la introducción se agradece a “la Empresa Talleres Editoriales ‘El Noticiero’” por su buen hacer ante una obra con “dificultades tipográficas”, esto nos hace pensar que la susodicha empresa podría no contar con demasiada experiencia en la edición de obras de tipo científico-técnico y que la tipografía propia de un libro de este tipo, con símbolos matemáticos, letras griegas, ilustraciones complejas, etc., pudo suponer un reto al taller de impresión⁶.

5. Sin considerar la obra de Julio Palacios *Esquema del mundo físico* [1947], que no tenemos en cuenta por encontrarse muy alejada de la estructura y tono de un libro de texto educativo.

6. En las otras obras que veremos, editadas por Dossat, empresa con experiencia en la edición de libros técnicos, no encontramos menciones a la dificultad de impresión. La concentración editorial en Madrid pudo suponer una falta de medios a la hora de realizar impresiones de obras técnicas de la periferia.

La obra es la continuación natural de una publicación previa del autor, *Operadores lineales en los espacios métricos* [ÍÑIGUEZ ALMECH, 1946], la cual debía servir como base matemática para la comprensión de la cuántica [GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, 2015]. Aquella publicación denota una preocupación por el nivel matemático de los lectores potenciales que se nota también en la *Mecánica cuántica*, que incluye un capítulo con los fundamentos matemáticos necesarios para aquellos que no posean una “buena base matemática”. El índice recoge 19 capítulos con una estructura de manual universitario, que tratan desde las ecuaciones de Hamilton y Jacobi, algo básico, hasta la teoría cuántica de las valencias o la ecuación de Dirac, algo más avanzado.

La filosofía, en los términos en la que la hemos descrito, no se encuentra demasiado presente en la obra. No hay ninguna sección dedicada a lidiar con aspectos filosóficos y no se encuentran demasiadas referencias a interpretaciones del formalismo y, cuando las hay, no se reflexiona sobre posibles extensiones referentes a la causalidad o el determinismo. El principio de indeterminación se deriva de dos formas, una a partir de un experimento mental con un microscopio y otra a partir de la idea de paquete de ondas, del mismo modo que lo hizo Heisenberg en su ya mencionado libro, empero, Íñiguez le dedica tres páginas mientras que aquel dedica varias secciones a este aspecto íntimamente relacionado con lo filosófico.

Respecto al movimiento de los electrones, se nos dice que es imposible establecer las trayectorias de las partículas, pero no se reflexiona sobre si esa indeterminación es fruto de una limitación técnica en la medida o una cuestión más profunda, presente en la propia naturaleza de las partículas. Algo semejante ocurre con el caso de la ecuación de Schrödinger, cuyo significado físico sería el de “densidad de probabilidad”, sin mayores aclaraciones.

Por tanto, la obra de Íñiguez se presenta rigurosa y completa en lo físico, pero con poca atención a los aspectos filosóficos de la ciencia física. Pareciera que el autor se adscribe al famoso dogma de “callar y calcular”, que no es sino el rechazo al abordaje de cuestiones filosóficas en física cuántica. Kaiser [2020] reconoce esta actitud en algunas obras estadounidenses de finales de los años 50, una preferencia a tratar aspectos más matemáticos, de cálculo, que aspectos epistemológicos u ontológicos.

La *Física Atómica* de Mariano González Salas, por su parte, nace en un contexto muy diferente y es la de mayor riqueza en lo que se refiere a lo filosófico. El autor fue un ingeniero de obras públicas interesado en cuestiones científicas. Fue militante socialista antes de la guerra, motivo por el que fue represaliado en 1939: “[...] expulsado del servicio, siendo readmitido dos años después, tras la preceptiva depuración: ‘imponiéndole como sanción el traslado forzoso, con prohibición de solicitar cargos vacantes durante un plazo de cinco años [...] e inhabilitación para desempeñar puestos de mando o de confianza’” [BAIG, 2012a, p. 168]. La obra parece nacer de una conferencia sobre energía nuclear, física relativista y cuántica dada en 1946, justo en el término de su inhabilitación pública, en el Instituto de Ingenieros Civiles de Madrid. El libro, por tanto, no trata de la física cuántica de forma monográfica, sino que es un “compendio elemental” de física atómica. Con todo, trata aspectos de la física cuántica en abundancia y por ello lo hemos considerado de interés para este análisis.

Tiene una estructura de manual universitario, aunque es mucho más desorganizado que el de Íñiguez Almech, con una ordenación algo caótica. Por ejemplo, entre el capítulo dedicado a la mecánica de matrices de Heisenberg (IV) y el de mecánica ondulatoria (VI), hay secciones dedicadas a la relatividad, a la fotónica y a la teoría ondulatoria de Louis de Broglie. Por otra parte, en el prefacio no se menciona el público objetivo, por lo que resulta complejo saber si fue escrito para alumnos, académicos o para un público más general. Como gran parte de los manuales españoles de física cuántica, fue publicada por la editorial Dossat, en Madrid.

Lo más destacable en lo filosófico se encuentra en la primera parte. En el capítulo tercero encontramos una sección sobre la “influencia del medio o la imposibilidad física de las mediciones”. En ella se nos presenta el principio de indeterminación de Heisenberg “y de Born [sic.]”. Tras presentar la relación se reflexiona:

[...] en la naturaleza hay azar o ignorancia. Con estas indeterminaciones, jamás conoceremos el estado de un sistema, y en esta parte de física atómica sólo habrá relaciones de probabilidad y jamás se preguntará lo que ocurrirá en el momento t independientemente de nuestra observación [...] La realidad física del mundo lo es si se observa por el individuo y se aprehende, pero si no lo observamos pensando y queremos hallar leyes, entonces estas serán metafísicas. Nuestros conocimientos tienden a la verdad, sin poder hallarla, porque no somos dioses [GONZÁLEZ SALAS, 1949, p. 64].

Del principio de indeterminación se deduce tanto que la naturaleza no es determinista como que la realidad lo es en tanto en cuanto es observada, luego que no es independiente del observador. Es esta una afirmación de peso que cuestiona la existencia de una realidad independiente. Su profundidad filosófica contrasta con la sobriedad de la obra de Íñiguez Almech. Por otro lado, la mención a la naturaleza no-divina del ser humano se alinea con esa particular forma de interpretar la nueva física que contemplaba la ignorancia humana como una prueba de la necesidad espiritual.

En la misma página se encuentra una sección titulada “Crítica del principio de causalidad e indeterminación” donde se insiste en la naturaleza probabilística de la nueva física y de la consecuencia de que “el efecto no responde a la causa”. Incide en esta idea en otras secciones. Coherentemente, la función de ondas se interpreta desde un significado probabilístico.

González Salas tiende a “filosofar” constantemente, a veces incluso de forma poética:

“Como la diosa Jano de dos caras, realidad teratológica, se puede admitir que unas veces sea materia y otras ondas” (p. 168). En el epílogo cita, además, al ya mencionado filósofo Xavier Zubiri en estos términos: “según [...] Zubiri, debe imperar más unidad sobre el SER, MUNDO y TEORÍA, porque lo actual es pura confusión [...] que se podría remediar UNIFICANDO las ciencias morales y naturales”. Al final del epílogo se reivindica la “UNIDAD DE LA CIENCIA”. Estas proclamas nos remiten al decreto fundacional del CSIC que ilustra a la perfección ese intento por parte del régimen de aunar ciencia y religión bajo un mismo paradigma:

Tal empeño [renovar la gloriosa tradición científica] ha de cimentarse, ante todo, en la restauración de la clásica y cristiana unidad de las ciencias [...] Hay que imponer [...] las ideas esenciales que han

inspirado nuestro Glorioso Movimiento, en las que se conjugan las lecciones más puras de la tradición universal y católica con las exigencias de la modernidad [ESPAÑA, 1939].

En el mismo estatuto fundacional, al establecer los objetivos de la institución se habla de: “vincular la producción científica al servicio de los intereses espirituales y materiales de la Patria”. La interpretación espiritual de la cuántica parece coherente con este programa católico-científico del régimen.

En la tercera parte nos encontramos, en una sección sobre la matriz hermítica, con una reflexión sobre la complementariedad de Bohr y una extensión de su significado más allá de lo estrictamente atómico:

[...] según Bohr los valores generalizados, espacio y movimiento (q, p), son complementarios de la realidad [...] Los físicos atómicos demuestran matemáticamente que el hombre, compuesto sólo de cuerpo y alma, espacio y movimiento, materia y radiación, jamás conocerá simultánea y exactamente ambas sustancias [GONZÁLEZ SALAS, 1949, p. 373].

De nuevo, encontramos referencias a lo espiritual, al alma y la ignorancia insuperable del hombre. Esa zona de ignorancia, demostrada por la nueva física, vendría a ser un terreno de abordaje religioso.

La espiritualidad de González Salas debe ser puesta en contexto, recordemos que la obra parece tener su origen en una conferencia pronunciada al término de una inhabilitación que era un castigo por sus ideales políticos. Parece razonable pensar que el autor querría caer en gracia al régimen franquista, en particular a los dirigentes influyentes en la física y la técnica, tras un proceso que venía dificultando su desarrollo profesional. Quizás estas referencias al alma y a Dios fuesen una estrategia para conseguir la aceptación dentro de una comunidad y un cuerpo funcional de los que había sido apartado forzosamente. Sería necesario ahondar en la figura de González Salas para poder valorar definitivamente esta hipótesis, que de confirmarse sería una clara influencia del contexto represor en la difusión de la física cuántica en España, sobre todo en lo referente a su interpretación filosófica. También es posible que, simplemente, refleje una línea de integración de ciencia y catolicismo que caracterizó el discurso de otros autores científicos reputados en la España de la época y como hemos visto configuró de manera relevante el discurso del régimen dictatorial español.

En esta línea, otro ejemplo relevante, relacionado con esta tendencia a la espiritualidad que encontramos en González Salas, es el de la ya citada obra de Palacios Martínez, *Esquema físico del mundo* [1947], que es más un ensayo filosófico que un manual sobre física cuántica. En concreto, incluye una sección dedicada a la reflexión acerca de la idea de los milagros dentro de la nueva física, y concluye que no hay conflicto entre ambas: “Algunos de nuestros filósofos católicos muestran hostilidad hacia una nueva física porque temen que, sin la estricta causalidad, no quede lugar para los milagros. No vemos razón para tal temor, si se ponen las cosas en su punto” [PALACIOS, 1947, p. 188]. La obra también se alinea de forma clara con los postulados de Copenhague, incluyendo la imposibilidad de una alternativa mediante parámetros ocultos. De este modo vemos que la filosofía expresada por González no se trata de una anomalía dentro del panorama español, que otros físicos también establecieron una in-

interpretación similar, una conjunción del catolicismo y la filosofía de Copenhague que se adaptaba a la perfección a los postulados del régimen.

El contraste de las dos obras de Íñiguez Almech y González Salas es evidente y muy marcado, no solo en el aspecto filosófico, sino también en la autoría: uno, doctor en química y profesor universitario, el otro ingeniero de obras públicas; y el origen de las obras, una nacida en el contexto docente, la otra en un contexto de educación informal a través de conferencias, algo habitual en aquella época [SIMON, 2022]. Vemos, además, que la más completa en lo físico es la que menos referencias filosóficas tiene, mientras que la obra más superficial en lo físico y matemático contiene constantes referencias a aspectos más especulativos.

3.2 Años cincuenta: uniformidad y ortodoxia

En lo referente a los años cincuenta, hemos analizado las obras *Micromecánica Elemental* [1951], de Ramón y Ferrando, y *Nociones generales sobre la mecánica cuántica y ondulatoria* [1956], de López Franco y López Bustos. A la hora de escogerlas, hemos priorizado el hecho de que, dentro de las más extendidas, son dos obras que tratan de forma monográfica la física cuántica. Las hemos escogido por delante de la obra de Sánchez Del Río [1960], la más extendida de la década, por estar ésta más cercana a la física nuclear que a lo estrictamente cuántico.

Las dos obras escogidas son considerablemente similares en lo que se refiere a estructura, origen y contenidos. También en lo que atañe a la filosofía, con pocas referencias a interpretaciones no estrictamente físicas. Recordemos que en esta década la producción en español tiene su mayor crecimiento, coincidiendo con una mayor apertura del régimen y una cierta liberalización del sector del libro. Por otro lado, poco a poco se va consolidando una comunidad de físicos, al abrigo de la Junta de Energía Nuclear (JEN), que en las décadas siguientes se convertiría en una estructura más sólida e internacionalizada.

Fernando Ramón y Ferrando es el autor *Micromecánica elemental* [1951]. Anteriormente ya había publicado una pieza breve, *Los cuantos de acción* [1933], sobre aspectos de la física cuántica, a media distancia entre el artículo académico y el discurso y con una intención didáctica [GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, 2015]. Esta podría haber servido como base para la configuración de la obra de 1951, que sin embargo es mucho más amplia que aquella. Como González Salas, fue represaliado por el régimen: suspendido de empleo y sueldo en un principio, posteriormente trasladado a la Universidad de Murcia (1944-46) y rehabilitado posteriormente en Salamanca, en 1946⁷ [BAIG et al., 2012a]. Así, la publicación de la obra dista de su reincorporación unos cinco años.

El libro se divide en once capítulos que ocupan cerca de 280 páginas. La estructura es la propia de un manual y el tono profundamente pedagógico. La obra está escrita con el

7. Fernando Ramón y Ferrando fue el esposo de la reconocida bibliotecaria y archivera María Moliner, quien también sufriría la represión franquista por su orientación política. Fue autora del *Diccionario de uso del español*, entre otras obras [SALABERRIA LIZARAZU y CALVO ALONSO-CORTÉS, 2010; CORTÉS ALONSO, 2003].

alumnado en mente: en el prólogo menciona su voluntad de sencillez, su renuncia a la complejidad matemática y critica cierta forma de enseñanza que actúa “divorciando el cálculo del hecho físico”. La obra no cuenta con problemas propuestos, pero sí con numerosas imágenes. Nos encontramos con una exposición esencialmente teórica y básica. Ello es natural si tenemos en cuenta la voluntad de minimizar el contenido matemático y la naturaleza introductoria del libro. Se resuelven solo los sistemas más elementales: el oscilador armónico, el átomo de hidrógeno y los hidrogénicos, átomos de varios electrones y algunas moléculas.

En el aspecto filosófico, la obra no contiene ninguna sección dedicada a la causalidad o el determinismo, pero sí cuenta con un breve subapartado —que significativamente no aparece indicado en el índice— sobre la complementariedad de Bohr, en el que se establece que “para conocer y describir la totalidad de un fenómeno físico es preciso estudiar los dos aspectos del mismo, el ondulatorio y el corpuscular” [p. 96]. Vemos cómo se postula la doble naturaleza de la materia, o la necesidad de ambas imágenes. Respecto al principio de incertidumbre se indica: “existe una falta de precisión en los resultados de ambas mediciones, no por imperfección de los aparatos de medida, sino por su misma naturaleza física”. Son estas afirmaciones tímidas, aunque compatibles con una interpretación ortodoxa de la física cuántica.

En el caso de la función de ondas, se nos da dos interpretaciones posibles sin que el autor se decante por ninguna de ellas, tan solo se nos dice que las soluciones ψ de la ecuación de Schrödinger son de naturaleza abstracta, “puro instrumento matemático”, y que es posible interpretarlas de dos formas; esto acerca la obra a un cierto instrumentalismo matemático.

En el cuerpo de la obra, pues, no encontramos demasiadas referencias a aspectos filosóficos. En el epílogo, en cambio, encontramos reflexiones más extensas, donde identificamos un cierto espíritu copenagués:

¿Cómo proseguir el desarrollo de una ciencia que escapa de los moldes viejos, si nuestra disposición mental no está adaptada a su nueva estructura? [...] sólo por conceptos podemos alcanzar rigor y fidelidad; pero, sin el auxilio de formas geométricas [...] no podemos llegar a esos conceptos. Ambos se complementan para la descripción del fenómeno (principio de complementariedad), y, de ahí, [...] nace la dualidad onda- corpúsculo, o sea, concepto y forma: el homo sapiens y el homo faber se complementan para describir y ordenar la naturaleza física. [RAMÓN Y FERRANDO, 1951, p. 276]

Por su parte, la obra *Nociones generales sobre la mecánica cuántica y ondulatoria* [1956] de Antonio López Franco, ingeniero de Caminos Canales y Puertos, antiguo profesor de la Escuela Especial del Cuerpo; y Carlos López Bustos, hijo de aquel, doctor en Ciencias y en Farmacia y Catedrático de Física y Química del Instituto de Ciudad Real [BAIG et al., 2012a], nos encontramos con una obra breve. López Franco ya había publicado algunos artículos relacionados con la estructura atómica y un *Compendio de química* [1928].

Llegados a este punto y como breve digresión, cabe destacar la presencia de autores procedentes de áreas diferentes a la física. González Salas era ingeniero, como también lo era López Franco, quién había realizado obras de contenido químico; Íñiguez Almech, por su parte, era licenciado en química. Algunas de las obras más destacables fueron obra de autores

que no eran físicos. También podríamos mencionar al ya citado filósofo Xavier Zubiri, que se implicó en la traducción de obras de física cuántica. Asimismo, es destacable que una de las obras extranjeras más extendidas sea la de Pauling y Wilson, orientada a la química, o que el único centro industrial que editó sobre física cuántica, la Sociedad Anónima de Cros, fuese una industria química. La física cuántica en España no fue patrimonio exclusivo de la física, las aproximaciones fueron múltiples, desde formaciones diferentes, tradiciones investigadoras distintas y centros variados, es complejo establecer límites disciplinares claros, con una fuerte interacción entre círculos académicos de diferentes ámbitos, así como la participación de la industria y la influencia intelectual del dogma católico. Vemos cómo ello se materializa en una pluralidad de perfiles en los autores.

Siguiendo con la obra de López Franco y López Bustos [1956], el libro tiene su origen en un artículo de López Franco publicado en la Revista de Obras Públicas —cabe destacar que se trate de una revista de ingeniería— con el título *Las matemáticas de las nuevas mecánicas* [1952] [GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, 2015].

La editorial se trata, de nuevo, de Dossat, y el lugar, Madrid. Es evidente la importancia de la susodicha editorial en la difusión de la física cuántica en España y su solidez a la hora de difundir obras de contenido técnico, habida cuenta del éxito de sus publicaciones.

En el prólogo se cita la dificultad para el aprendizaje de la nueva física en el panorama español, debido a que “...la heterogeneidad de las procedencias y objetividades de las publicaciones [...] son causas constantes de desorientación”, publicaciones que en muchos casos eran “procedentes de traducciones demasiado literales, y complicados a su vez por el uso constante del alfabeto griego, que ya de por sí se presta a confusiones”. La mala calidad de las traducciones, por tanto, fue uno de los motivos para la creación de obras originales. Los autores afirman tener en cuenta estas dificultades y que procurarán superarlas. El primer capítulo es una introducción matemática que parece ser prueba de esa preocupación didáctica, plasmado también en el uso de imágenes ilustrativas.

El libro se divide en doce capítulos que ocupan tan solo 167 páginas, sin contar índices. No propone ningún problema para su resolución. Incluye un apéndice matemático sobre nociones necesarias para la comprensión del formalismo. La estructura va desde lo básico, el átomo de Bohr-Sommerfeld, para ir complicándose a través de los capítulos: mecánica ondulatoria, ecuación de Schrödinger y principio de indeterminación de Heisenberg. Posteriormente dedica varios capítulos a la aplicación a casos concretos, así como uno breve a la mecánica de Heisenberg. En el prefacio se critica la inclusión de “novedades de interpretación no siempre bien definidas” en otros libros de texto, ello es un adelanto de las pocas, aunque no nulas, consideraciones filosóficas de la obra.

En el quinto capítulo, sobre el principio de indeterminación, insiste en la imposibilidad de una imagen intuitiva para el mundo atómico, así como en las consecuencias indeterministas del principio, sustentadas en la idea de perturbación y la influencia de la observación en el sistema: “sólo nos es permitido razonar sobre números que representan probabilidades de valores posibles de magnitudes, cuya medida tampoco se efectuará sobre estados de cosas

preexistentes, sino sobre aquellos que la operación de la medida ha creado” [p. 81], son estos pasajes de condición interpretativa, aunque sin demasiada profundidad. En el mismo capítulo se establece el significado físico de la función de ondas, se hace, en primera instancia como la distribución de la densidad de carga tal y como “Schrödinger suponía”, pero esta idea es criticada por la imposibilidad de la existencia real de los paquetes de onda, así, se expone a continuación la interpretación probabilística de Born, insistiendo en que las ondas “no tienen existencia real” sino que son “ondas de probabilidad”. La complementariedad es citada en al menos dos ocasiones, una sin citar a Bohr, fundador del concepto: “ondas y corpúsculos, son dos aspectos complementarios de una misma cosa, nunca se podrán mostrar simultáneamente” [p. 84], y otra mencionando al danés: “Ondas y corpúsculos son, según Bohr, complementarios de la realidad” [p. 92]. En el capítulo sobre la mecánica cuántica de Heisenberg, se hace referencia de forma explícita a su postura “positivista” [p. 127] y se demuestra la equivalencia entre la mecánica de Heisenberg y la de Schrödinger. En un apartado bibliográfico final se cita, además de los citados manuales de Íñiguez Almech [1949] y de Ramón y Ferrando [1951], la obra *Naturaleza, Historia, Dios* de Xavier Zubiri [1951], quién ya había sido citado también en el libro de González Salas.

Así pues, son dos obras con una presencia de la filosofía no demasiado extensa, pero apreciable. La mención a la complementariedad, la invalidez de los conceptos clásicos, el indeterminismo como algo derivado de la propia naturaleza... Contrasta con la tendencia de las obras americanas descritas por Kaiser [2020], en las que las consideraciones de este tipo son desplazadas por el cálculo y la resolución de problemas, los cuales, como hemos visto, no tienen un peso importante en el caso de las obras españolas analizadas.

4. CONCLUSIONES

Sobre el panorama editorial español, a partir de los datos de REBIUN hemos concluido una gran influencia de la esfera angloparlante, en especial la americana, sobre todo tras la segunda Guerra Mundial; antes de ésta, existía una pluralidad de influencias liderada por la esfera francesa. Hemos visto también que la producción española comienza a tomar fuerza a partir de los años cuarenta. El panorama editorial que estuvo marcado por un número limitado de empresas privadas y la importancia de los servicios editoriales de universidades y otras instituciones (JAE, CSIC, Academia de Ciencias de Zaragoza...). Madrid fue, con diferencia, el principal foco editorial de la época en lo referente a la física cuántica. Cabe resaltar la gran influencia latinoamericana y la fragmentación del mundo editorial español, que se vio muy mermado después de la Guerra Civil. Hemos identificado varias casas editoriales relevantes en la publicación de física cuántica, como Dossat o Gustavo Gili, de Madrid y Barcelona respectivamente. Hemos visto que las obras editadas en empresas privadas se difundían, en general, en mayor medida que las publicadas en organismos públicos. Por otro lado, los autores solían publicar en los mismos lugares en los que desarrollaban su labor profesional, algo que pudo estar relacionado con la dependencia de los organismos oficiales y la escasa presencia de editoriales en la periferia.

El análisis del archivo de la USC ha dejado patente que los catálogos actuales podrían no ser representativos del uso de las obras, ya que es posible que en muchos casos fuesen añadidas a los fondos universitarios tiempo después de su edición. Así, el análisis daría cuenta de la producción editorial y de su asimilación por las universidades —que se realizó en el momento de edición o más adelante—, pero quizás no es representativo del uso por parte del alumnado de la época. Sería de interés un análisis más profundo sobre cómo se fueron introduciendo estos contenidos en las aulas y el papel que jugaron en ello los libros de texto.

Más concretamente sobre las obras, hemos conseguido determinar, creemos que con buena fiabilidad, buena parte de las obras de física cuántica más relevantes en España en el período escogido, recogidas en el Cuadro 1. Entre ellas se encuentran obras extranjeras de gran renombre, pero también obras de autores españoles, lo que pone de manifiesto la importancia de los autores nacionales. Esta identificación de obras importantes es una de las principales aportaciones, junto con nuestro enfoque adicional sobre las editoriales, que mediante un análisis basado en corrientes historiográficas actualizadas sobre los libros de texto de ciencias y la historia de la edición científica, considera la presencia de las obras y, por tanto, proporciona información útil sobre la relevancia de cada una de ellas.

Al abordar las obras españolas hemos visto que la comunidad de autores que publicó sobre física cuántica fue diversa y no procedían de una formación unificada. Dos ingenieros fueron autores de dos de las obras más destacadas y que la obra más difundida fue obra de un licenciado en química. También encontramos obras extranjeras muy extendidas con perfil químico y una empresa de la industria química involucrada en la difusión de la cuántica. El acercamiento de la comunidad española a la física cuántica fue interdisciplinar y desde perfiles variados. También es destacable que algunas de las obras más extendidas son de tipo ensayístico y en ellas puede encontrarse la interpretación de la cuántica desde un enfoque espiritual alineado con los dogmas del nacionalcatolicismo, una forma de aproximarse a la nueva física que se adivina, en mayor o menor medida, en los manuales creados por físicos españoles. El análisis panorámico nos ha servido para contextualizar mejor el clima intelectual en el que se crearon los libros de texto y comprender mejor de qué modo pudo darse la relación entre la cuántica y la filosofía.

Sobre el peso de la filosofía hemos visto que se ha mantenido relativamente presente en las obras españolas, aunque es difícil establecer un patrón claro debido a lo heterogéneo de las obras y lo limitado de nuestra muestra. En los años treinta poco podemos decir debido a la poca presencia de obras española, sí es rastreable la cuestión de la filosofía en obras extranjeras las cuales continuarían teniendo gran presencia en la década posterior. En los años cuarenta, la obra de Íñiguez Almech contiene referencias medidas a aspectos filosóficos mientras que González Salas realiza reflexiones constantes, de modo que no encontramos un abordaje común por parte de los autores españoles, como quizá tampoco hubiera un contexto uniforme o estándar en que comunicar la física cuántica. En los cincuenta, en cambio, notamos una estandarización tanto en la forma como en el contenido, la filosofía cuenta con un peso similar en la obra de los López [1956] como en la de Ramón y Ferrando [1951], a saber: escaso, pero no nulo.

No parece por tanto que la evolución nacional sea similar a la enunciada para casos bien estudiados como el estadounidense. Kaiser otorgó especial relevancia al número de alumnos

en las aulas en lo referente a la enseñanza de contenidos filosóficos. En el caso español no creemos que ello tuviera especial influencia, ya que las obras no nacieron exclusivamente del ejercicio de la docencia en física cuántica y no parece que el número de alumnos pudiese afectar a la exposición en el papel. Es decir, no parece que las obras surgiesen de cursos monográficos de física cuántica (salvo el de Íñiguez Almech [1949]), como sí era habitual en el caso estadounidense, de modo que la cantidad de alumnos no afectaría de modo directo en el desarrollo de esos cursos y, en extensión, en el contenido de las obras. En este sentido, no hemos conseguido datos sobre la evolución general del número de alumnos en la universidad española. Con datos proporcionados por el Archivo Histórico de la Universidad de Santiago de Compostela [USC, 1930-1965] hemos realizado un análisis que muestra una tendencia ascendente desde 1950 en adelante, en ese período se dio, además, una consolidación de la comunidad de físicos teóricos, que ya contaba con cierta presencia internacional en la década de los sesenta [GÁMEZ PÉREZ, 2004]. Esa tendencia ascendente del número de alumnos y el fin paulatino del aislamiento no se tradujo en una reducción total del contenido filosófico ni en un aumento del cálculo matemático.

A pesar de las procedencias variables de las obras, suelen tener una intención didáctica, expresada en los prefacios, que a menudo implican la sencillez en lo matemático, o la exposición de los contenidos matemáticos imprescindibles. Esa preocupación general por los conocimientos del posible lector pone en evidencia que el contexto particular de la educación en España condicionó los contenidos de los libros de texto. En este sentido, respecto al discreto papel que el cálculo tuvo en las obras españolas, una de las causas pudo ser, precisamente, la falta de una base matemática solvente por parte del alumnado español, hecho conocido por los autores nacionales y que impediría una profundización en este tipo de contenidos.

Insistimos en el carácter tentativo del análisis, que nos emplaza, como ya hemos dicho, a un análisis más profundo que nos permita conectar el contexto de cada autor en particular con su asimilación de los aspectos filosóficos, así como ampliar la muestra de las obras analizadas. También sería necesario profundizar en el uso real de las obras, a través de material de archivo y revisión de reseñas en prensa periódica especializada. No obstante, con este artículo hemos ofrecido una perspectiva panorámica que sitúa de manera general el surgimiento de la física cuántica en España a través de la publicación de manuales y su circulación bibliotecaria.

Finalmente, al cierre de nuestro período es posible ver indicios de una mayor estandarización de los contenidos y formas de los libros de texto, reflejo de una paulatina consolidación de una comunidad de físicos teóricos. En 1960 tenemos la obra de Sánchez del Río, *Fundamentos teóricos de la física atómica y nuclear*, y en 1963 el manual *Mecánica cuántica*, de Luis María Garrido. A finales de los años 60 y durante los años 70, ya podemos encontrar manuales más desarrollados, de mayor profundidad y pensados con mayor exigencia para un estudiante universitario de física cuántica. Ejemplos son la *Introducción a la teoría del átomo* [1977], de nuevo de Sánchez del Río o el manual de Alberto Galindo y Pedro Pascual, *Mecánica cuántica* [1978]. Son obras fruto de una comunidad más consolidada, integrados en el panorama internacional y en un contexto social, económico y político diferente a nuestro período. Merecerían un estudio aparte.

FUENTES PRIMARIAS

A) Fuentes archivísticas

- USC (1928-1960) “Libro de registro de la Biblioteca Xeral”. Biblioteca Xeral-Universidade de Santiago de Compostela.
- USC (1930-1965) “Expedientes personales de la Facultad de Ciencias”. Arquivo Histórico da Universidade de Santiago de Compostela, C3, Exp. 5.
- USC (1961-1972) “Libro de registro de la Facultad de Ciencias”. Biblioteca de la Facultad de Química-Universidade de Santiago de Compostela.

B) Recursos electrónicos

- (2021-2022) *Catálogo de la Red de Bibliotecas Universitarias y Científicas Españolas, REBIUN*. Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas.
<<https://rebiun.baratz.es/rebiun/>> [Consulta: 2021-2022].

C) Fuentes primarias impresas

C.1) Libros de texto analizados

- GONZÁLEZ SALAS, Mariano (1949) *Física atómica: Compendio elemental de la mecánica cuántica, ondulatoria y relativista en tres partes*. Madrid, Dossat.
- ÍÑIGUEZ ALMECH, José María (1949) *Mecánica cuántica*. Colección “Memorias de la Academia de Ciencias de Zaragoza”, 2. Zaragoza, Academia de Ciencias de Zaragoza.
- LÓPEZ FRANCO, ANTONIO; LÓPEZ BUSTOS, CARLOS (1956) *Nociones generales sobre las mecánica cuántica y ondulatoria*. Madrid, Dossat.
- PALACIOS, JULIO (1947) *Esquema físico del mundo*. Madrid, Alcor.
- RAMÓN Y FERRANDO, FERNANDO (1951) *Micromecánica elemental*. Madrid, Dossat.

C.2) Otras fuentes primarias impresas

- BELDA VILLENA, ENRIQUE (1950) *Mecánica clásica y moderna*. Bilbao, Moderna.
- [ESPAÑA] (1939) “Ley de 24 de noviembre de 1939 creando el Consejo Superior de Investigaciones Científicas”. BOE de 28/11/1939, 6668-6671.
<<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1939-13179>> [Consulta: 05/2022]
- ÍÑIGUEZ ALMECH, JOSÉ MARÍA (1946) *Operaciones lineales en los espacios métricos*. Colección “Memorias de la Academia de Ciencias de Zaragoza”, 2. Zaragoza, Academia de Ciencias de Zaragoza.
- LÓPEZ FRANCO, ANTONIO (1928) *Compendio de química*. Madrid, Talleres Voluntad.
- LÓPEZ FRANCO, ANTONIO (1952) “Las matemáticas de las nuevas mecánicas”. *Revista de Obras Públicas*, 100(2846), 226-232.
- MUÑOZ SÁNCHEZ, JESÚS (1949) *¿Cómo nació la vida?* Santander, Universidad Pontificia de Comillas.
- PAPP, DESIDERIO (1944) *La doble faz del mundo físico*. Buenos Aires, Espasa-Calpe.
- PLA DALMÁU, JOSÉ MARÍA (1939) *La materia y el átomo: Esbozo de la evolución de estos conceptos y de la teoría atómica*. Gerona, Dalmau Carles, Pla S. A.
- RAMÓN Y FERRANDO, FERNANDO (1933) “Los cuantos de acción”. *Anales de la Universidad de Valencia*, XIV(106), 85-155.

- SÁNCHEZ DEL RÍO, Carlos (1960) *Fundamentos teóricos de la física atómica y nuclear*. Madrid, Servicios de publicaciones de la JEN.
- THARRATS, Jesús María (1956) *Sur les ondes singulières de la mécanique quantique*. Salamanca, Universidad de Salamanca.
- ZUBIRI, Xavier (1951) *Naturaleza, Historia, Dios*. 2ª edición. Madrid, Uguina.

BIBLIOGRAFÍA

- BADINO, Massimiliano; NAVARRO, Jaume (eds.) (2013) *Research and Pedagogy: A History of Quantum Physics through its Textbooks*. Berlín, Edition Open Access.
- BAIG I ALEU, Mariá; GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, Gonzalo; XIPELL GÓMEZ DEL MORAL, Mercè (2012a) “La introducción de la mecánica cuántica en España: Las primeras lecciones y los primeros textos”. En: Xavier Roqué y Néstor Herran (ed.) *La física en la dictadura. Físicos, cultura y poder en España 1939-1975*. Barcelona, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona. 161-176.
- BAIG I ALEU, Mariá; GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, Gonzalo; XIPELL GÓMEZ DEL MORAL, Mercè (2012b) “Von Neumann traducido por Ortiz: Una obra pionera en la enseñanza de la cuántica”. En: Xavier Roqué y Néstor Herran (ed.) *La física en la dictadura. Físicos, cultura y poder en España 1939-1975*. Barcelona, Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 177-192.
- BELLER, Mara (1999) *Quantum dialogue: The making of a revolution*. Chicago, University of Chicago Press.
- BERTOMEU SÁNCHEZ, José Ramón; GARCÍA BELMAR, Antonio (2004) “Atoms in French Chemistry Textbooks During the First Half of the Nineteenth Century”. *Nuncius*, 19, 77- 119. <doi: 10.1163/221058704X00038>
- BIBLIOTECA (1964) “Relación de revistas, colecciones de monografías y grandes tratados existentes en las Cátedras de la Facultad. Cátedra de Física”. *Acta científica compostelana: revista de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Santiago de Compostela*, 1, 57-60.
- CAMILLERI, Kristian (2009) “Constructing the Myth of the Copenhagen Interpretation”. *Perspectives on Science*, 17(1), 26-57. <doi: <https://doi.org/10.1162/posc.2009.17.1.26>>
- CORTÉS ALONSO, Vicenta (2003) “María Moliner”. En: María Antonia Martín Zorraquino y José Luis Aliaga Jiménez (ed.) *Actas del Encuentro de Lexicógrafos: La lexicografía hispánica en el siglo XXI. Balance y perspectivas*. Zaragoza, 269-274.
- FEYNMAN, Richard P. (1985) *The character of physical law*. Massachusetts y Londres, MIT Press. 12ª impresión de la 1ª edición original de 1965 y publicada por la British Broadcasting Corporation.
- FLECK, Ludwig (1979) *Genesis and development of a scientific fact*. Chicago, The University of Chicago Press. Traducción, de Fred Bradley y Thaddeus J. Trenn, de la 1ª edición en alemán, 1935.
- FORMAN, Paul (1971) “Weimar Culture, Causality, and Quantum Theory, 1918-1927: Adaptation by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment”. *Historical Studies in the Physical Sciences*, 3, 1-115. < doi: <https://doi.org/10.2307/27757315> >.
- GALINDO TIXAIRE, Alberto; PASCUAL DE SANS, Pedro (1978) *Mecánica cuántica*. Madrid, Universidad Nacional a Distancia.
- GÁMEZ PÉREZ, Carlos (2004) *El Grupo Interuniversitario de Física Teórica (GIFT): Génesis y desarrollo histórico (1968-1976)* [Tesis de Master] Director: Xavier Roqué. Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona <<https://ddd.uab.cat/record/44010>> [Consulta: 02/03/2021].
- GARCÍA NAHARRO, Fernando (2015) “La edición académica. Las ediciones científicas y el libro técnico”. En: Jesús Antonio Martínez Martín (ed.) *Historia de la edición en España (1939-1975)*. Madrid, Marcial Pons, 759-782.

- GARRIDO, Luis María (1963) *Mecánica cuántica*. Madrid, Rialp.
- GIMENO VALENTÍN-GAMAZO, Gonzalo (2015) *La matemática de los quanta en España* [Tesis doctoral]. Directora: Mariá Baig i Aleu. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona <<https://ddd.uab.cat/record/141591>> [Consulta: 12/04/2021].
- GREINER, Walter (2001) *Quantum mechanics: an introduction*. 4ª edición. Berlín, Springer. Traducción de la 5ª edición en alemán, 1989.
- GRIFFITHS, David J. (1995) *Introduction to quantum mechanics*. New Jersey, Prentice Hall.
- GURRIARÁN RODRÍGUEZ, Ricardo (2003) *A investigación científica en Galicia (1900-1940): Instituciones, redes formativas e carreiras académicas. A ruptura de Guerra Civil* [Tesis doctoral]. Director: Lourenzo Fernández Prieto. Santiago de Compostela, Universidade de Santiago de Compostela.
- GURRIARÁN RODRÍGUEZ, Ricardo (2021) “Da luz ao “apagón” de 1936 (¡Es general!): a Facultade de Ciencias da Universidade Galega (Sección de Química, 1922): principal foco científico renovador do país”. En: Montse Fajardo Pérez (ed.) *O pasado por vir: Achegas á historia de Pontevedra que desbotou o franquismo*. Pontevedra, Deputación Provincial de Pontevedra.
- KAISER, David (ed.) (2005) *Pedagogy and the practice of science: historical and contemporary perspectives*. Serie “Inside Technology”. Cambridge, MIT Press.
- KAISER, David (2020) “Training Quantum Mechanics”. En: David Kaiser *Quantum legacies: dispatches from an uncertain world*. Chicago, University of Chicago Press, 98-113.
- KEVLES, Daniel J. (1979) *The physicists: The history of a scientific community in modern America*. New York, Vintage Books. Reproducción de la 1ª edición editada por Alfred A. Knopf, Inc., 1978.
- LÓPEZ FERNÁNDEZ, Carlos; VALERA CANDEL, Manuel (1983) “Estudio bibliométrico- multivariante de los artículos de física publicados en los anales de la real sociedad española de física y química durante el periodo franquista (1940-1975)”. *Llull*, 6(10-11), 39-56.
- OLESKO, Kathryn M. (2006) “Science Pedagogy as a Category of Historical Analysis: Past, Present, and Future”. *Science & Education*, 15(7-8), 863-880. <doi: <https://doi.org/10.1007/s11191-005-2014-8>>.
- PALAFOX, Emilio (1950) “Biología y antropología: Jesús Muñoz, S. J.: ¿Cómo nació la vida?”, reseña. *Arbor*, 15(50), 279.
- ROQUÉ, Xavier (2016) “The conversion of the atom: Nuclear science and ideology in Francoist Spain”. *Mètode Revista de difusió de la investigació*, 7, 78-85. <doi: <http://dx.doi.org/10.7203/metode.7.7943>>.
- SALABERRIA LIZARAZU, Ramón; CALVO ALONSO-CORTÉS, Blanca (2010) “María Moliner, expediente de depuración”. *Educación y biblioteca*, 22(175), 92-95.
- SÁNCHEZ DEL RÍO, Carlos (1977) *Introducción a la teoría del átomo*. Madrid, Alhambra.
- SÁNCHEZ ILLÁN, Juan Carlos (2015) “Los editores españoles en el exterior. El exilio”. En: Jesús Antonio Martínez Martín (ed.) *Historia de la edición en España (1939-1975)*. Madrid, Marcial Pons, 549-573.
- SANZ HOYA, Julián (2020) *La construcción de la dictadura franquista en Cantabria*. Santander, Editorial Universidad de Cantabria.
- SAÑA ALCÓN, Heleno (2007) *Historia de la filosofía española: su influencia en el pensamiento universal*. Córdoba, Almuzara.
- SETH, Suman (2013) “Quantum Physics”. En: Jed Z. Buchwald y Robert Fox (ed.) *The Oxford Handbook for the History of Physics*. Oxford, Oxford University Press, 814-859.
- SIMON, Josep (2013) “Physics Textbooks and Textbook Physics in the Nineteenth and Twentieth Centuries”. En: J. Z. Buchwald y R. Fox (ed.) *The Oxford Handbook of the History of Physics*. Oxford, Oxford University Press, 651-678.

- SIMON, Josep (2016) *Communicating Physics. The Production, Circulation, and Appropriation of Ganot's Textbooks in France and England, 1851-1887*. Serie "Science and Culture in the Nineteenth-Century". Pittsburgh, University of Pittsburgh Press.
- SIMON, Josep (2022) "Form and Meaning: Textbooks, Pedagogy, and the Canonical Genres of Quantum Mechanics". En: Olival Freire (ed.) *The Oxford Handbook of the History of Quantum Interpretations*. Oxford, Oxford University Press, 708-734.
- SOLER FERRÁN, Pablo (2009) *La Teoría de la Relatividad en la Física y Matemática Españolas. Un capítulo de la Historia de la Ciencia en España* [Tesis doctoral]. Director: Andrés Rivadulla Rodríguez. Madrid, Universidad Complutense de Madrid. <<https://eprints.ucm.es/id/eprint/9817/>> [Consulta: 02/03/2021].
- WALECKA, John Dirk (2021) *Introduction to quantum mechanics*. New Jersey, World Scientific Publishing Company.