

Contenidos de estructura atómica y molecular en libros de texto españoles de Química general (1928-1978)

Contents of atomic and molecular structure in Spanish general Chemistry textbooks (1928-1978)

Felicísimo González Canle

CEIP Santiago Ramón y Cajal, el Cantarranas, 2, 28921, Alcorcón
fgonzalezcanle@educa.madrid.org

Pedro J. Sánchez Gómez

Departamento de Didáctica de las CC. Experimentales, Facultad de Educación
Universidad Complutense de Madrid.
pedros@edu.ucm.es

RESUMEN • En este trabajo presentamos un análisis de los contenidos de física atómica y química cuántica en libros de texto de química de nivel introductorio publicados en castellano, en España, entre 1928 y 1978. Hemos estudiado, en total, cuarenta textos preuniversitarios y veintiocho universitarios, empleando una metodología *grounded theory* para la codificación del contenido. Los resultados de este análisis muestran que los contenidos de los libros de texto se van alejando del registro de la literatura técnica durante el periodo de tiempo cubierto en nuestro estudio. En concreto, las ideas clásicas o precuánticas no son descartadas, a la vez que no se integran ideas relevantes producidas con posterioridad a la década de 1930.

PALABRAS CLAVE: libros de texto españoles; estructura atómica; estructura molecular.

ABSTRACT • In this work we present an analysis of the contents of atomic physics and quantum chemistry in introductory textbooks written in Spanish and published between 1928 and 1978. In total, we have studied forty pre-university and twenty-eight university books, using a Grounded Theory methodology for the codification of the contents. Our results show that the distance between the contents of the textbooks and that of the technical discourse of scientific literature has widened over the span covered in our study. In particular, on the one hand, classic or pre-quantum ideas are not discarded. On the other, no relevant ideas produced after the decade of 1930 are incorporated into the contents of the textbook analyzed.

KEYWORDS: Spanish textbooks; atomic structure; molecular structure.

Fecha de recepción: abril 2013 • Aceptado: agosto 2013

González Canle, F., Sánchez Gómez, P.J. (2014) Contenidos de estructura atómica y molecular en libros de texto españoles de Química general (1928-1978). *Enseñanza de las Ciencias*, 32.3, pp. 671-689

INTRODUCCIÓN

El estudio histórico de los libros de texto es un campo que está recibiendo un especial interés durante los últimos años. Por ejemplo, la UNESCO le ha dedicado recientemente un libro monográfico en el que se dan directrices metodológicas para este tipo de estudios (Pingel, 2010). Este interés por parte de las instituciones internacionales no es nuevo. Ya la Sociedad de Naciones, al terminar la Primera Guerra Mundial, recomendó la elaboración de estudios sobre los libros de texto, en el convencimiento de que buena parte de los odios nacionales que habían desembocado en la contienda habían sido alimentados a través de los textos escolares. Estas notables iniciativas, junto con otros proyectos orientados al fomento del respeto internacional mutuo, fueron barridas durante la década de los treinta por el auge de los totalitarismos que desembocó en la Segunda Guerra Mundial. Tras esta catástrofe se retomaron algunos proyectos encaminados a la elaboración consensuada de textos escolares. En este contexto destaca la figura del historiador y etnógrafo Georg Eckert, que emprendió una labor titánica de estudio y comparación de libros de texto de países europeos que se habían enfrentado en la contienda mundial. En buena medida como resultado de estos trabajos se organizan una serie de comisiones bilaterales para la elaboración de directrices para los nuevos textos escolares. Destaca por su importancia en los primeros momentos del proceso de construcción europea la Comisión Franco-Alemana de Libros de Texto, constituida en 1951, pero también es reseñable por su hondo significado la Comisión Germano-Polaca de 1975 (Becher y Riemenschneider, 2000).

Estos estudios se centraban en la enseñanza de las ciencias sociales, y muy especialmente de la historia y de la geografía. En el caso de las ciencias experimentales la investigación de los contenidos de los libros de texto ha sido una de las líneas de investigación tradicionales, aunque el enfoque, por lo general, podría ser calificado de *sincrónico*, en el sentido de que la variable temporal no es tenida en cuenta explícitamente en el análisis. Así, por ejemplo, Arriassecq y Greca, en un trabajo muy notable, analizan la presentación de la relatividad general en libros de texto argentinos (Arriassecq y Greca, 2007), y si bien aportan una cierta perspectiva histórica sus objetivos se centran en el análisis de los contenidos, más que en su evolución. Parecida orientación encontramos en otros artículos dedicados al estudio de libros de texto científicos (Barman y Mayer, 1994; Carvalho *et al.*, 2007; Castéra *et al.*, 2008; Cho *et al.*, 1985; Cook, 2008; Guisasaola *et al.*, 2005; Korfiatis *et al.*, 2004; Ma-Naim *et al.*, 2001; Martínez-Gracia *et al.*, 2006; McClelland, 1993; McComas, 2003). A su vez, un autor tan relevante como Mansoor Niaz, en un trabajo reciente que no dudamos en calificar de modélico (Niaz y Maza, 2011), deja en un segundo plano el enfoque histórico a la hora de analizar los contenidos sobre la naturaleza de la ciencia en libros de texto de química. Dentro de este mismo tema, pero centrándose en libros de química de secundaria, Abd-El-Khalick, Waters y Le sí que estudian la evolución temporal de los contenidos, si bien no se centran en un solo ámbito cultural (Abd-El-Khalick *et al.*, 2008). Este enfoque nacional sí que lo aportan Carvalho, Silva y Clement, que han investigado la evolución histórica de la presentación del tópico de la digestión en libros de texto portugueses (Carvalho *et al.*, 2007). En muchos sentidos, este trabajo es un claro antecedente del que presentamos en este artículo, aunque nuestra metodología, como vamos a ver en el punto siguiente, es muy distinta. Aparte de este artículo de Carvalho y colaboradores, nuestros referentes más directos en la investigación que presentamos son los trabajos de Gravroglu y Simões (2000) y de Tampakis y Skordoulis (2007).

A pesar de los antecedentes que acabamos de mencionar, no creemos que se pueda decir que el estudio *diacrónico* de los contenidos de los libros de texto de un país, o de un contexto cultural bien definido, haya merecido una atención muy profunda. Sería ocioso entrar a especular sobre las razones de este hecho, pero parece evidente que la necesidad de situar a los libros de texto de ciencias en la realidad histórica y política no se ha percibido como perentoria. Y sin embargo, a nuestro juicio, aislar la enseñanza científica del contexto real en el que tiene lugar conduce inevitablemente a un enfoque

que solo siendo muy generosos podríamos calificar de limitado. Sin entrar en el debate sobre la naturaleza del conocimiento científico, en si su estatuto es equiparable al de otros productos culturales, lo que es sencillamente indudable es que su enseñanza sí que lo es. Incluso la persona que sostenga que el conocimiento científico está revestido de una objetividad absoluta tendrá que admitir que su enseñanza refleja necesariamente las condiciones históricas y culturales en las que tiene lugar. Desde esta perspectiva, los libros de texto constituyen un material privilegiado, a veces el único, para el estudio de la historia de la enseñanza científica.

El estudio de la historia de la enseñanza es una tarea inaplazable. Sin este estudio cualquier propuesta de renovación educativa corre el riesgo de ser lanzada al vacío, sin antecedentes, desvinculada de los avatares de la sociedad dentro de la que toma cuerpo. Esto, que es igualmente cierto para la enseñanza de cualquier disciplina, lo es de un modo perentorio para las ciencias. Porque todas las disciplinas científicas han experimentado transformaciones revolucionarias durante el siglo pasado, y es necesario entender cómo la educación se ha ido adaptando a estos cambios (si es que lo ha hecho). Es crucial comprender cómo el papel central que las disciplinas científicas y técnicas han tomado entre el resto de las producciones culturales se ha reflejado en su enseñanza. Porque no es en absoluto aventurado esperar que este papel no va a debilitarse, que en el siglo XXI las ciencias van a ser, como muy poco, tan importantes socialmente como lo han sido durante la segunda mitad del siglo XX.

Por todas estas razones nos hemos propuesto estudiar los contenidos de estructura atómica en libros de texto de química españoles del siglo XX. Los motivos de esta elección son varios. Por un lado, la mecánica cuántica está en la base de la descripción física de los átomos y de las moléculas, de modo que constituye la frontera entre la física y la química. En un artículo previo estudiábamos la trascendencia educativa de este carácter fronterizo, y en concreto el papel de la química cuántica en el currículo de los químicos (Sánchez-Gómez y Martín, 2003). Desde este punto de vista, es interesante analizar cómo estos contenidos han sido recogidos en los textos escolares antiguos: este estudio puede ofrecer un *contraste* valioso, un fondo contra el que poner los textos actuales. Una segunda razón que nos llevó a realizar nuestro estudio es de índole más fundamental. El surgimiento de la mecánica cuántica supuso, sin duda alguna, la mayor revolución científica de la historia. La física actual, tras las sucesivas oleadas de la revolución cuántica, no tiene nada que ver, más que en unos pocos ámbitos, con la de finales del siglo XIX. Sin embargo, y esto es paradójico, la química ha mantenido un perfil más reconocible. En concreto, las ideas de la química estructural son hoy en día básicamente iguales a las que propusieron pioneros como Kekulé, Vant Hoff, Cannizzaro, Arrhenius, Dewar y Ostwald a finales del siglo XIX (Sánchez Gómez y Martín, 2003: 134-137). La química, a pesar de sus ropajes cuánticos, sigue siendo en buena medida una ciencia clásica. Pues bien, parece del mayor interés analizar *a tiempo real* cómo las ideas cuánticas eran *domesticadas* para adaptarse a la química estructural. Por último, este tema puede constituir un *testigo* adecuado para el estudio de la incorporación de las ideas de la nueva física en nuestro país. Comprender cómo estas ideas han ido calando hasta llegar a los textos escolares de química puede aportar una perspectiva complementaria a la que daría el estudio de textos técnicos específicamente dedicados a la mecánica cuántica.

Este proyecto de estudio de los contenidos de química cuántica en textos escolares es una parte de la tesis doctoral que uno de nosotros (FGC), bajo la dirección del otro, ha realizado durante los últimos años, y que fue presentada en la primavera del año 2012 (González Canle, 2012). El objetivo de esta tesis doctoral ha sido establecer un *mapa* de los contenidos de química cuántica en los libros de texto españoles del siglo XX, esto es, elaborar un catálogo exhaustivo de estos contenidos, organizados mediante criterios tanto historiográficos como epistemológicos. Este trabajo está pensado como la base de nuestras próximas investigaciones.

El presente artículo está estructurado como sigue. En la siguiente sección presentamos la muestra estudiada y la metodología de análisis de contenido empleada. Desarrollamos también los criterios de

clasificación de estos contenidos. En las secciones tres y cuatro presentamos un análisis de estos resultados, y marcamos nuestra línea de estudio para futuros trabajos.

OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

De un modo sintético, los objetivos que nos marcamos en este trabajo son:

1. Realizar un catálogo de los contenidos de estructura atómica y molecular en textos españoles de química.
2. Plantear un estudio preliminar de la evolución de estos contenidos en los libros de texto mencionados.

En concreto, hemos analizado los contenidos de libros publicados en castellano en España entre 1928 y 1978 que explícitamente, ya en su título, ya en el cuerpo del texto, se definen como manuales de enseñanza de la química. Nos hemos limitado a textos orientados a la educación secundaria (cuarenta textos), o a manuales generales universitarios (veintiocho textos; hemos excluido los libros de química física, o de técnicas experimentales). En cuanto al lapso temporal, todos los libros estudiados están comprendidos entre 1928 y 1978. El comienzo de este periodo de estudio coincide con la primera referencia a las nuevas ideas cuánticas que hemos localizado en un texto con las características que definíamos antes. Obviamente, este límite inferior está dado por el nacimiento de la mecánica cuántica. En el lado opuesto, hemos concluido nuestra investigación cincuenta años después del primer texto que estudiamos, coincidiendo con los primeros textos posteriores a la reforma educativa de 1970. Este límite superior es arbitrario, aunque pensamos que tiene un interés, por cuanto esta reforma supone el verdadero parteaguas de la planificación pedagógica en nuestro país.

Nos hemos centrado en los libros que cumplen los requisitos anteriores depositados en bibliotecas públicas de la Comunidad Autónoma de Madrid. En la práctica, casi todos los libros los hemos encontrado en la Biblioteca Nacional de España y en las bibliotecas de las universidades Complutense, Politécnica y de Alcalá de Henares. Obviamente, no podemos garantizar que esta muestra sea completa, aunque creemos que es significativa. En todo caso, como explicamos a continuación, la metodología que hemos adoptado se adapta a este carácter *provisional* de nuestra muestra.

Para el análisis de contenido hemos seguido un esquema clásico de codificación-categorización, dentro de una metodología *grounded theory*¹ (Taber, 2000; Glaser y Strauss, 1974; Glaser, 1992; Strauss y Corbin, 1990 y 1997). La codificación del contenido de un texto (o, en general, de cualquier otro material) consiste en representar este contenido mediante una lista de ítems, de *unidades de contenido*. El *código* es el conjunto de todos los ítems que se emplean para modelizar una muestra de textos. La *categorización* es una operación que se realiza sobre los materiales ya codificados, y consiste en agruparlos en función de su contenido. La categorización no es un paso obligatorio en el análisis contenido, aunque en la práctica la mayoría de estos estudios da lugar a categorías.

El enfoque *grounded theory* (en adelante, para abreviar, GT) es una filosofía general de la investigación social que pretende salvar el hiato entre los métodos cuantitativos y los cualitativos mediante una forma nueva de entender cómo se construye el código y las categorías. Dentro de una investigación GT no se parte de un código cerrado, sino que este surge durante el proceso de investigación. El análisis de los materiales se realiza de un modo iterativo. La muestra es dividida en varios grupos, idealmente

1. Empleamos la expresión inglesa *grounded theory*, y no la traducción que se da a veces de esta en español, a saber, 'teoría fundamentada en datos', porque aquella está completamente aceptada dentro de la bibliografía técnica, mientras que la versión española es mucho menos común, incluso en textos en castellano.

de tamaños similares. La adscripción de un texto a la muestra se puede realizar al azar o mediante los criterios que se consideren pertinentes, incluido el de oportunidad. Se analiza el primer grupo y se plantea un código que describa adecuadamente el contenido de estos primeros materiales. Este código es empleado para el estudio del segundo grupo. En este segundo paso puede ocurrir (y de hecho ocurrirá casi siempre) que el primer código no sea adecuado; se reforma entonces el código, de modo que describa tanto la segunda submuestra como la primera. Se obtiene así un segundo código provisional, que se aplica al tercer grupo de materiales, y así sucesivamente, hasta agotar la muestra. El método parte de los supuestos, que se pueden apoyar estadísticamente, de que, por un lado, a medida que avanza la investigación el código se va haciendo más estable, menos sujeto a cambios sustanciales; y, por otro, de que el resultado no depende del punto de partida.

Dentro del enfoque GT, a diferencia de otras metodologías (por ejemplo, Bliss *et al.* 1979), una investigación no está nunca formalmente cerrada. El código es siempre provisional, como lo son también las categorías que puedan plantearse. A diferencia de los métodos cuantitativos *duros*, no se pretende que los resultados tengan una validez absoluta. Por otro lado, a diferencia de los métodos cualitativos, sí que se da una descripción objetiva de la muestra. A su vez, por su propia naturaleza, dentro de una investigación GT no se puede prescindir en ningún momento de los documentos estudiados. Los materiales *en bruto* han de acompañar la investigación en todo momento y, al menos idealmente, se deberían incluir en los resultados publicados, aunque esta condición queda relegada en casi todas las ocasiones por motivos prácticos.

En nuestro caso, las diferentes remesas de textos han venido dadas eminentemente por el acceso que hemos ido teniendo a los fondos de distintas bibliotecas. En total, hemos realizado cuatro iteraciones, en la última de las cuales el código apenas ha sufrido cambios. En cuanto al procedimiento práctico de análisis, hemos seguido el siguiente método. Uno de nosotros (FGC) realizó el trabajo de campo, localizando los textos en las diferentes bibliotecas de la Comunidad de Madrid. A su vez, se encargó de la primera codificación de los textos, de la elaboración de un código provisional *de trabajo*. Esta primera lista de ítems fue discutida a continuación por los dos miembros del equipo, hasta alcanzar un acuerdo fijado en un segundo código. Con este código reformado se pasó al análisis de una segunda remesa de textos por parte, de nuevo, de uno de los miembros del equipo (FGC). De esta segunda lectura surgieron modificaciones, que, de nuevo, fueron discutidas por los dos miembros del equipo, y se elaboró así un nuevo código. Este tercer código fue confrontado una tercera vez a nuevos materiales en bruto, sin que en este caso se encontrasen ya discrepancias relevantes en ninguna de las remesas de libros estudiadas. En la cuarta iteración, como decíamos, el código ya fue completamente estable. El objeto de este procedimiento fue evitar sesgos en la codificación, restringiendo el acceso del miembro del equipo experto en química cuántica y filosofía de la ciencia (PJS) a los materiales en bruto

RESULTADOS

Los resultados que presentamos en las tablas I, II, III, IV y V, dentro de la metodología GT, deben leerse como un *índice analítico* de los contenidos de química cuántica en los libros de texto españoles, tanto universitarios como preuniversitarios. Como indicábamos en la sección anterior, este índice no pretende ser exhaustivo, aunque sí pensamos que es representativo. Con el fin de evitar sesgos en este, hemos renunciado a priori a categorizar los resultados, que presentamos lo más *en bruto* que hemos podido. Con todo, con el fin de guiar el ojo del lector, hemos añadido un doble esquema de clasificación al código. Por un lado, hemos introducido una división en cuatro periodos históricos, 1928-39, 1940-1959, 1960-1969 y 1970-1978. Estos periodos son significativos dentro del desarrollo de la teoría cuántica y de la historia educativa de nuestro país, aunque su elección es, en última instancia,

arbitraria. El comienzo de nuestro estudio (1928) viene dado por la primera referencia a las nuevas ideas sobre estructura atómica en un libro de texto español. Hemos fijado el final de este primer tramo en 1939, con el fin de la guerra civil, puesto que este hito marca el inicio de un periodo radicalmente nuevo en la enseñanza española, tanto universitaria como preuniversitaria. 1959 es un año relevante en la historia española porque supone el fin del aislamiento autárquico, que había definido las relaciones exteriores de nuestro país en todos los órdenes, incluyendo, desde luego también, el educativo y el científico, desde el fin de la Segunda Guerra Mundial. El periodo comprendido entre 1960 y 1969 está caracterizado por un rapidísimo desarrollo económico y por un cambio sociológico radical en el país (emigración interior, crecimiento de las clases medias, etc.). A su vez, en estos años se intensifican las relaciones culturales con el exterior. Por último, 1970 es un año clave en la evolución educativa del país, con la aprobación de la Ley General de Educación promovida por José Luis Villar Palasí. El límite superior de nuestro estudio (1978) es puramente arbitrario, y corresponde a cincuenta años después del comienzo de nuestro estudio. En un trabajo posterior ampliaremos la investigación hasta la actualidad.

Junto con esta organización cronológica, y siguiendo el criterio normal en la historiografía contemporánea de la ciencia, hemos introducido una clasificación de los ítems en clásicos, precuánticos y cuánticos. Bajo el epígrafe *clásico* incluimos ítems sobre estructura atómica y molecular que no hacen uso de la idea de la cuantización de la energía, tal y como se recogía en los trabajos de Planck, Bohr y Einstein. En este apartado se incluyen tanto ideas procedentes de la espectroscopia atómica clásica (por ejemplo, la denominación de las series espectroscópicas –K, L, M, etc.–), como los modelos atómicos de Thomson o Rutherford, o las ideas primitivas sobre la composición atómica y molecular. A su vez, hemos incluido en el epígrafe *clásico* los conceptos de la química estructural anteriores a los trabajos de G. N. Lewis. Muchas de estas ideas son susceptibles de ser formuladas dentro de la mecánica cuántica, y de hecho muchos términos clásicos han pasado a ser de uso común en enfoques cuánticos (por ejemplo, el de resonancia). Sin embargo, para mantener la claridad en la codificación, cuando estos términos son usados con un sentido explícitamente cuántico, hemos escogido una clasificación alternativa. El segundo grupo corresponde a los ítems *precuánticos*. Incluimos aquí las ideas de Bohr, Sommerfeld, Einstein, G. N. Lewis y, en general, aquellos textos en los que se hace uso de la idea de cuantización dentro de un marco de descripción todavía clásico. Por último, hemos incluido un grupo de ítems cuánticos, donde se incluyen ideas, como “orbital” o “spin”, irreducibles a la mecánica clásica, ni aun incluyendo la posibilidad de cuantización de la energía. Obviamente, en algunos casos puede ser difícil asignar un ítem a una de estas categorías. Por ejemplo, “números cuánticos” es un concepto que se introduce en el marco de la teoría planetaria de Bohr-Sommerfeld, pero que tiene también sentido para las soluciones de la ecuación de Schrödinger para átomos monoeléctricos. El problema es, de hecho, general, puesto que la separación entre precuántico y cuántico tiene mucho de convencional: la formulación ondulatoria de Schrödinger de 1926 no supuso la eliminación completa del marco precuántico. Con todo, y con el fin de evitar ambigüedades en el código, estas ideas de *frontera* han sido asignadas siempre a una sola de las categorías, mediante consideraciones relacionadas con el tono general de las obras en las que aparecen.

En el anexo se detalla la lista de los textos estudiados, organizados cronológicamente. En las tablas I y II presentamos los ítems resultantes de la codificación para textos universitarios introductorios; la codificación para textos preuniversitarios se da en las tablas III, IV y V. Hemos procurado que los códigos sean completamente explícitos, de modo que cualquier lector con una formación básica en estructura atómica y molecular pueda interpretar los resultados sin ayuda. Con todo, es conveniente comentar el sentido de alguno de estos códigos:

- Hemos codificado las referencias a autores relevantes, aun cuando esta referencia no pase de una mención a estos. Así, hemos incluido ítems como “Heisenberg”, “Maxwell” o “Sommerfeld”. En algunos casos, aparte de mencionarse al autor se desarrollan en mayor o menor profundidad sus ideas. En estas situaciones hemos preferido separar en ítems distintos la mera mención de contenidos más técnicos. Así, por ejemplo, aparecen los ítems “Planck. No aporta fórmula” junto a “ $\Delta E = h\nu$ pero no aporta la fórmula” y a “ $\Delta E = h\nu$ aportando fórmula”.
- Hemos agrupado en un solo código referencias que si bien son distintas se refieren a una misma idea o a un núcleo de ideas relacionadas. Así, incluimos ítems como “Pisos, subpisos, niveles y subniveles”, que engloban todas las referencias dentro de un lenguaje claramente clásico a la discretización de la energía. Otro ejemplo es “Modelo planetario”, que alude a una descripción dinámica del átomo en términos clásicos. Mención aparte merece el ítem “Densidad, nube electrónica, probabilidad: orbitales”, que se refiere a una descripción probabilística de la distribución espacial de los electrones en un contexto cuántico. En este caso, la mayor parte de las referencias cabría dentro de un código que fuese simplemente “Orbitales” (y de hecho de esta manera resumida lo incluimos, para ahorrar espacio, en los mapas conceptuales de las figuras 1, 2, 3 y 4), pero hemos preferido cubrir también textos que no los mencionaban explícitamente, a pesar de aludir de un modo evidente a una descripción probabilística. Por otro lado, cuando en el texto se hace mención expresa de la nomenclatura habitual de los orbitales atómicos, hemos utilizado además el código “s, p, d, f”.
- Ciertas ideas muy específicas, ya sea porque son empleadas de modo análogo en muchos textos, ya por su importancia en la teoría atómica, han sido recogidas en un solo código. Es el caso de los ítems “Órbitas como niveles de energía”, “Órbitas estacionarias: no emiten energía”, “ $F_c = F_e$ (estable)” o “ $F_c = F_e$ (inestable)”. Estos dos últimos casos no son excluyentes: aluden, respectivamente, al uso en la explicación clásica de la estructura atómica del principio de compensación de la fuerza centrífuga por la atracción electrostática del núcleo, y al hecho de que dentro del marco de las ecuaciones de Maxwell este principio da lugar a órbitas inestables.

Tabla 1.
Contenidos de estructura atómica y química cuántica en libros de texto universitarios introductorios

Ítems universitarios citados	Textos universitarios (1928-1977)																													
	1927-1939							1940-1959							1960-1969							1970-1975								
$2n^2 = 2, 8, 18, 32$	x	x					x	x					x	x					x	x					x	x				
Balmer, Lyman, Paschen, Brackett y Pfund.		x																												
Bohr.			x	x	x																									
Cuero negro.																														
De Broglie																														
Densidad, nube electrónica, probabilidad: orbitales			x																											
$E = mc^2$	x	x	x	x			x	x					x	x					x	x					x	x				
Espectros de emisión		x																												
Experiencia de Geiger y Marsden																														
Experiencia de Goldstein	x	x					x	x					x	x					x	x					x	x				
Experiencia de Millikan																														
$Fc = Fe$ (estable)			x																											
$Fc = Fe$ (inestable)		x																												
Fotón																														
Heisenberg																														
Hibridación																														
K, L, M, N...	x	x	x	x	x		x	x					x	x					x	x					x	x				
Maxwell.																														
Modelo de Thomson		x																												
Modelo planetario																														
$mvr = h/(2\pi r)$		x																												

Tabla 2. Contenidos de estructura atómica y química cuántica en libros de texto universitarios introductorios, CONTINUACIÓN.

Ítems universitarios citados	Textos universitarios (1928-1977).																											
	1928-1939				1940-1959				1960-1969				1970-1979															
Neutrón	LFA28	VE29	GRA31	CE 34	IIA34	PDJM35	GRA35	LTM35	VE40	BVL40	IIA41	ES43	JF44	GJ46	IIA54	GJ61	CMR61	EBJMCR63	OBJ63	SGJ64	LBC64	DL65	DGAM69	UIR70	DLA72	LCR73	ESA74	MRJ77
Neutrones (protón + electrón)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Números cuánticos				x		x			x	x		x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Órbitas como niveles de energía				x		x	x	x	x	x		x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Órbitas definidas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Órbitas elípticas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Órbitas estacionarias: no emiten energía		x								x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Pisos y subpisos, niveles y sub		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planck. E = h ν . Aporta la fórmula	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planck. No aporta la fórmula						x											X											
Principio de Pauli									x			x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Principio de Hund																												
Rutherford	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
s, p, d, f.									x			x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Schrödinger						x						x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sommerfeld		x	x	x	x				x		x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Spin									x			x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Teoría de Lorentz-Einstein		x		x																								
Tubo de Crookes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
$\Delta E = h\nu$. No aporta la fórmula						x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
$\Delta E = h\nu$. Aporta la fórmula		x	x	x	x				x		x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 3.
Contenidos de estructura atómica y química cuántica en textos preuniversitarios. 1928-1939 y 1940-1959.

Ítems preuniversitarios citados	Textos preuniversitarios (1928-1967)																			
	1928-1939					1940-1959					1960-1969									
2n ² = 2, 8, 18, 32	x																			
Aporta la fórmula. E = hv																				
Balmer, Lyman, Paschen, Brackett y Pfund																				
Bohr																				
Cuerpo negro																				
De Broglie																				
Densidad, nube electrónica, probabilidad: orbitales																				
E = mc ²																				
Espectros de emisión.																				
Experiencia de Geiger y Marsden																				
Experiencia de Goldstein																				
Experiencia de Millikan																				
Fc = Fe (estable)																				
Fc = Fe (inestable)																				
Fotón																				
Heisenberg																				
Hibridación																				
K, L, M, N...																				
Maxwell																				
Modelo de Thomson																				
Modelo planetario																				

Tabla 4. Contenidos de estructura atómica y química cuántica en textos preuniversitarios. 1928-1939 y 1940-1959. CONTINUACIÓN.

Ítems preuniversitarios citados	Textos preuniversitarios (1928-1967).			
	1928-1939	1940-1959	1960-1969	
$mvr = h/(2\pi)$				
Neutrón				
Neutrón (protón + electrón)				
Números cuánticos				
Órbitas como niveles de energía				
Órbitas definidas				
Órbitas elípticas				
Órbitas estacionarias no emiten energía				
Pisos, subpisos, niveles y subniveles				
Planck. No aporta la fórmula				
Principio de Hund				
Principio de Pauli				
Rutherford				
s, p, d, f.				
Schrödinger				
Sommerfeld				
Spin				
Teoría de Lorentz-Einstein				
Tubo de Crookes				
$\Delta E = h\nu$. No aporta la fórmula				
$\Delta E = h\nu$. Aporta la fórmula				
	P12			
	MDPR33			
	MPJ33			
	MGJ33			
	OZL35			
	EJ36			
	GLJ42			
	VA44			
	DPL46			
	YMRCL46			
	NGELC47			
	ESACSS9			
	MRO60			
	CMR61			
	LFJL61			
	BRU63			
	RVM64			
	RG64			
	GRF65			
	SSJVB65			
	FCRMA65			
	CE65			
	BEMB65			
	RVJ66			
	GJ66			
	RCI66			
	RFRV67			
	PBM67			

Tabla 5.

Contenidos de estructura atómica y química cuántica en textos preuniversitarios. 1960-1969 y 1970-1978.

Textos preuniversitarios (1967-1978)												
Ítems Preuniversitarios citados	1960-1969					1970-1978						
	ELD67	MCVF68	GMCNC68	VSP68	VFAJ69	GBC72	FGM73	VFAJ75	MLAGM76	CCMA77	MLAC78	EEFA78
2º2		x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Balmer, Lyman, Paschen, Brackett y Pfund	x		x	x					x	x	x	x
Bohr	x		x		x	x		x	x	x	x	x
Cuerpo negro	x									x	x	
De Broglie	x			x	x		X	x	x	x	x	x
Densidad, nube electrónica orbital, probabilidad...	x		x	x	x		X	x	x	x	x	x
$E = mc^2$			x	x			X	x	x	x		
Espectros de emisión	x		x	x	x		X	x	x	x	x	x
Experiencia de Geiger y Marsden		x	x	x	x		X	x	x	x	x	x
Experiencia de Glodstein		x	x	x	x		X	x	x	x		
Experiencia de Millikan		x	x	x	x			x	x		x	x
Fc = Fe (estable)	x		x		x	x	X	x	x	x	x	x
Fc = Fe (inestable)	x		x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Fotón	x		x	x	x		X	x	x	x		x
Heisenberg	x		x	x	x		X	x	x	x	x	x
Hibridación	x		x	x	x		X	x	x	x	x	x
K, L, M, N...	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	
Maxwell					x	x		x	x			
Modelo de Thomson	x	x			x		X	x	x		x	x
Modelo planetario			x	x					x			x
$mvr=h/(2\pi)$	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x
Neutrón	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x		
Neutrón (protón + electrón)												
Números cuánticos	x	x		x	x		X	x	x	x	x	x
Órbitas como niveles de energía	x		x	x	x		X	x	x	x	x	x
Órbitas definidas	x		x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Órbitas elípticas	x	x	x	x			X		x	x	x	x
Órbitas estacionarias no emiten energía	x		x	x	x	x		x	x	x	x	x
Pisos, subpisos niveles y sub...	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Planck. $E = h\nu$. Aporta la fórmula	x		x	x	x			x	x	x	x	x
Planck. No aporta la fórmula						x						
Principio de exclusión de Pauli	x	x	x	x	x		X	x	x	x	x	x
Principio de Hund			x				X	x	x	x	x	x
Rutherford	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
s, p, d, f.	x	x	x	x	x	x	X	x	x	x	x	x
Schrödinger	x		x	x			X		x	x	x	x
Sommerfeld	x	x	x	x			X		x	x	x	x
Spin	x		x	x	x		X	x	x	x	x	x
Teoría de Lorentz-Einstein										x		
Tubo de Crookes		x	x		x		X	x	x	x	x	
$\Delta E = h\nu$. No aporta la fórmula						x						
$\Delta E = h\nu$. Aporta la fórmula	x		x	x	x		X	x	x	x	x	x

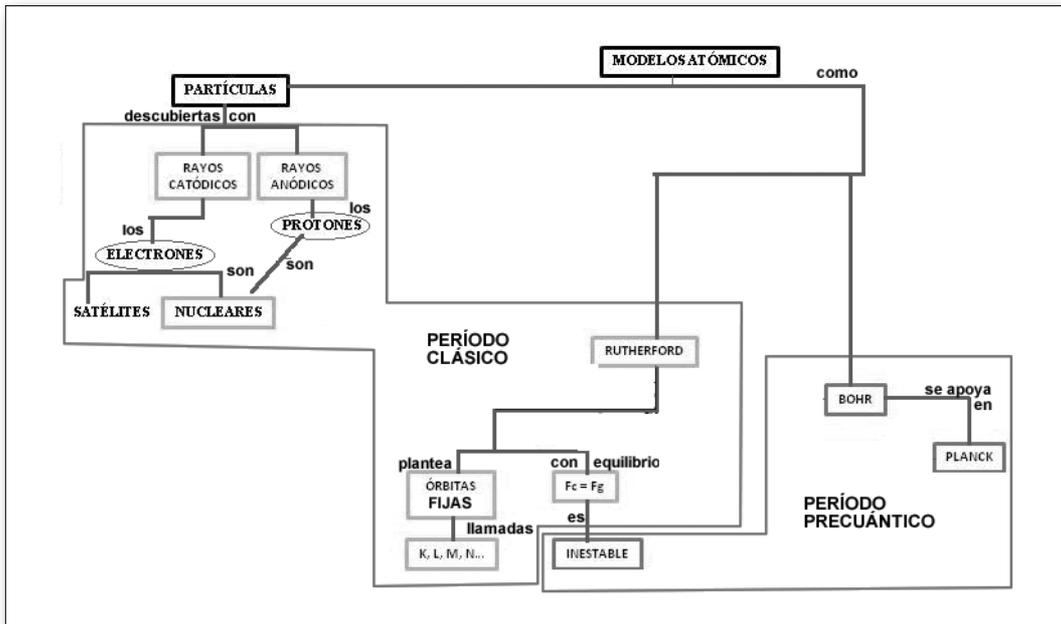


Fig. 1. Mapa conceptual con los ítems citados en más del 70% de los textos analizados. Periodo 1928-1939

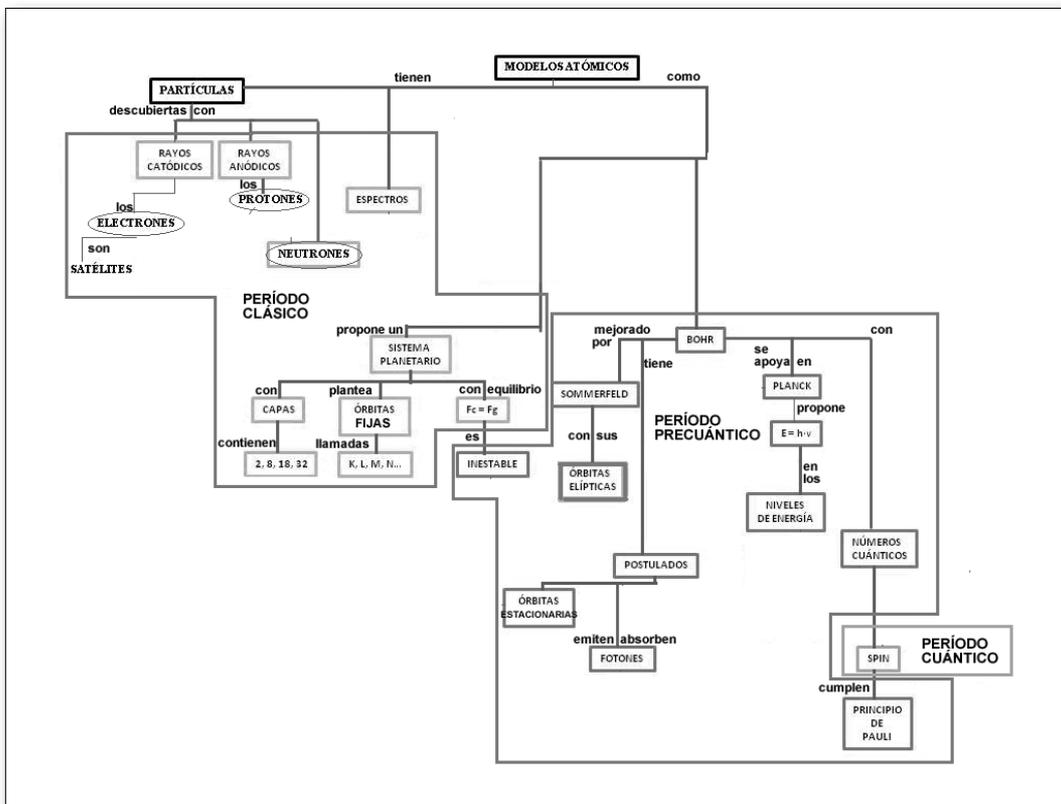


Fig. 2. Mapa conceptual con los ítems citados en más del 70% de los textos analizados. Periodo 1940-1959

Para visualizar la evolución temporal de los contenidos, en las figuras 1, 2, 3 y 4 presentamos unos mapas conceptuales en los que se incluyen los ítems presentes en más de un 70% de los textos universitarios para cada periodo de estudio. Hay que subrayar que estos mapas son *reconstrucciones* basadas en nuestra lectura de los textos, y no tienen necesariamente que describir el contenido real de ninguno de ellos. Hemos señalado en cada uno de ellos los ítems clásicos, precuánticos y cuánticos. Por razones de espacio no incluimos unos mapas equivalentes elaborados a partir de los textos preuniversitarios. Sin embargo, y esta es una de las conclusiones de este trabajo, como desarrollamos en la siguiente sección, la evolución de los textos universitarios que hemos estudiado es equivalente a la de los preuniversitarios. Los mapas para estos textos preuniversitarios, junto con el resto de nuestros resultados, están a disposición de los investigadores que nos los soliciten.

DISCUSIÓN

Los objetivos de nuestro trabajo son más descriptivos que interpretativos: pretendemos mostrar cómo las ideas cuánticas han ido calando en los libros de texto españoles, más que plantear hipótesis sobre este proceso de asimilación, aunque nuestros resultados pueden ser empleados como base para trabajos de este estilo. Estos objetivos son coherentes con la metodología GT que hemos empleado: hemos buscado alterar lo menos posible los materiales de estudio. Con todo, hay algunos aspectos que destacan casi por sí mismos, y que no podemos dejar de señalar. Los resumimos a continuación:

1. *Comportamiento equivalente de los textos preuniversitarios y de los universitarios.* Un resultado muy llamativo es la equivalencia de los contenidos de los libros de texto de secundaria y preuniversitarios que hemos analizado: no hay ningún ítem, o un núcleo restringido de ítems, que sea característico de cada uno de estos grupos; a la vista de nuestro estudio, se puede decir que no existe una discontinuidad, un salto cualitativo, entre ellos. Dado este resultado cabe plantearse si un comportamiento equivalente se da en otros temas o si es una característica de los contenidos de estructura atómica y molecular. A su vez, sería interesante comprobar si esta equivalencia se mantiene en textos más recientes.
2. *Incorporación muy temprana de las ideas sobre estructura atómica y molecular.* Las ideas de la nueva física llegaron a los textos de química españoles con una rapidez sorprendente. Por ejemplo, con menos de una década de retraso se comienza a hablar de orbitales, o de resonancia. El interés de este hecho, a nuestro juicio, reside en la *distancia* que se da entre la fuente de estas ideas y los textos que hemos estudiado. No es solo que hablemos de materiales de estudio pertenecientes a una cultura científica que cabe calificar de periférica, como era la española en la década de los treinta, sino que estos materiales no están dedicados originalmente a la física, sino a la química. Obviamente, una posible vía de ampliar este estudio pasaría por investigar estos mismos contenidos en textos de física.
3. *Persistencia de los enfoques clásicos y precuánticos.* En la muestra estudiada se aprecia un incremento constante de los contenidos sobre estructura atómica y molecular. Este hecho no es en sí mismo sorprendente, y de hecho se podría ver como una *hipótesis trivial*: los contenidos en los libros de texto reflejarían el incremento de los conocimientos sobre el tema. Sin embargo, y este es el hecho notable, los contenidos escolares no van en paralelo a la investigación. En concreto, los contenidos precuánticos, como las ideas de Bohr y de Sommerfeld, e incluso clásicos, no son sustituidos por las ideas cuánticas, sino que se añaden a ellas en el discurso de los libros de texto. Una posible vía de investigación sería estudiar si este hecho se relaciona con la inclusión de contenidos históricos en los textos, o si de hecho es muestra de algún tipo de anacronismo en los planteamientos educativos.

4. *Ausencia de ideas cuánticas posteriores a la década de los treinta.* Como decimos, en los libros de texto se incluyen ideas netamente cuánticas, algunas realmente especializadas, como referencias a la ecuación de Schrödinger o a los modelos de orbitales moleculares. Sin embargo, estas ideas corresponden en su totalidad a aportaciones del primer momento de la revolución cuántica. Por poner un ejemplo, que nos parece revelador, no hemos encontrado ni una sola referencia a los orbitales de frontera (una idea muy simple de uso completamente común desde la década de los cincuenta). A su vez, ni un solo libro trata el modelo VSEPR, que fue propuesto por Gillespie y Nyholm (1957). Cabe en este caso especular si se trata de un retardo *natural* en el bucle entre ciencia normal y enseñanza de la ciencia normal, o si por el contrario responde a otras causas. Y si se trata de lo primero, cabría estudiar por qué este retardo no se produjo en un primer momento (las ideas cuánticas entran muy rápidamente en la enseñanza, como indicábamos más arriba).
5. *Progresivo distanciamiento entre los contenidos de los libros de texto y la literatura especializada.* Se trata, en realidad, de un corolario de los tres puntos anteriores: puesto que las ideas de estructura molecular se introdujeron muy pronto en los libros de texto españoles, y dado que hay una resistencia a abandonar algunas de ellas a pesar de estar completamente superadas, y dado que las contribuciones más recientes han quedado fuera de estos textos, el resultado paradójico es que los libros introductorios de química publicados en nuestro país en la década de los setenta están más alejados del “saber sabio” que lo que lo estaban en la de los treinta.

CONCLUSIÓN

En este trabajo hemos analizado los contenidos sobre estructura atómica y molecular de sesenta y ocho libros de texto introductorios de química, cuarenta preuniversitarios y veintiocho universitarios. Todos los libros han sido publicados en España, en castellano, entre 1928 y 1978. Nuestros resultados plantean una serie de cuestiones que deben ser contestadas en investigaciones posteriores. Como conclusión de este trabajo planteamos una hipótesis sobre la que diseñar estas investigaciones. Esta hipótesis se puede resumir del siguiente modo:

1. Existe un discurso normalizado para la presentación introductoria de las ideas de estructura atómica y molecular. Empleamos el término *discurso* y no otro con más carga epistemológica, como los de *teoría* o *modelo*, para remarcar su carácter implícito, o incluso informal, a pesar de su elevada coherencia y estabilidad. Este discurso, que se puede describir mediante los mapas conceptuales de las figuras 1, 2, 3 y 4, se empleaba hasta la década de los setenta en toda presentación introductoria de estos tópicos, tanto en la universidad como en secundaria.
2. Dentro de este discurso, los referentes epistemológicos de los contenidos de estructura molecular de los libros de texto dejan de ser los artículos de investigación, el *saber sabio*, para pasar a ser otros libros de texto anteriores. Se trataría, tal y como lo entendemos nosotros, de un proceso lógico dentro del bucle *ciencia normal-enseñanza de la ciencia normal*: los textos de la enseñanza se centran en el núcleo de ideas que se acepta como válido, y tal y como han sido canonizadas por ciertos autores, o grupos de autores, a los que se les otorga, aun implícitamente, una autoridad.

En trabajos futuros nos proponemos confirmar, o refutar, esta hipótesis mediante el análisis de otros libros de texto españoles. Obviamente, es perfectamente posible que otros autores propongan hipótesis alternativas. En lo referente a este trabajo, creemos que es ocioso, a falta de más investigación empírica, intentar ir más allá. Estamos a la disposición de los investigadores que así nos lo soliciten para suministrarles los materiales completos sobre los que hemos realizado nuestra investigación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al profesor Carrascosa Alís su disponibilidad durante el proceso editorial. Uno de los autores (PJSJ) es miembro del grupo de investigación de la Universidad Complutense de Madrid MCISR (*Methods of Causal Inference and Scientific Representation; Complutense Research Group GR35/10-A-930370*). Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el Ministerio de Ciencia y Tecnología mediante el proyecto número FFI-2011-29834-C03-01.

REFERENCIAS

- ABD-EL-KHALICK, F.; WATERS, M. y LE, A.-P. (2008). Representations of nature of science in high school chemistry textbooks over the past four decades. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(7), pp. 835-855.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.20226>
- ARRIASECO, I. y GRECA, I. (2007). Approaches to the teaching of special relativity theory in high school and university textbooks of Argentina. *Science & Education*, 16(1), pp. 65-86.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11191-005-5387-9>
- BARMAN, C. R. y MAYER, D. A. (1994). An analysis of high school students' concept & textbook presentations of food chains & food webs. *The American Biology Teacher*, 56(3), 160-163.
<http://dx.doi.org/10.2307/4449780>
- BECHER, U. A. J. y RIEMENSCHNEIDER, R. (eds.) (2000). *Internationale Verständigung. 25 Jahre Georg-Eckert-Institut für internationale Schulbuchforschung in Braunschweig*. Hannover: Hahn.
- BLISS, J.; OGBORN, J. y GRIZE, F. (1979). The Analysis of Qualitative Data. *European Journal of Science Education*, 1(4), pp. 427-440.
- CARVALHO, G. S.; SILVA, R. y CLEMENT, P. (2007). Historical analysis of Portuguese school textbooks (1920-2005) on the topic of digestion. *International Journal of Science Education*, 29(2), pp. 173-194.
<http://dx.doi.org/10.1080/09500690600739340>
- CASTÉRA, J.; BRUGUIÉRE, C. y CLEMENT, P. (2008). Genetic diseases and genetic determinism models in French secondary school biology textbooks. *Journal of Biological Education*, 42(2), pp. 53-59.
<http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2008.9656111>
- CHO, H. H.; KAHLE, J. B. y NORDLAND, F. H. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69(5), pp. 707-719.
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730690512>
- COOK, M. (2008). Students' comprehension of science concepts depicted in textbook illustrations. *Electronic Journal of Science Education*, 12(1), pp. 39-54.
- GAVROGLU, K. y SIMÕES, A. (2000). One face or many? The role of textbooks in building the new discipline of quantum chemistry. En A. Lundgren y Bensaude-Vincent (eds.). *Communicating chemistry: Textbooks and their audiences, 1789-1939*. Science History Publications: Canton, pp. 415-49.
- GILLESPIE, R. J. y NYHOLM, R. S. (1957). Inorganic Stereochemistry. *Quarterly Reviews of the Royal Society*, 11, p. 339.
- GLASER, B. G. (1992). *Basics of grounded theory analysis: emergence vs forcing*. Mill Valley: Sociology Press.
- GLASER, B. G. y STRAUSS, A. L. (1974). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for qualitative research*. Chicago: Aldine.

- GONZÁLEZ CANLE, F. (2012). *Contenidos de estructura atómica en libros de texto españoles de química cuántica (1928-1975)*. Tesis doctoral inédita, dirigida por P. J. Sánchez Gómez. Universidad Complutense de Madrid: Madrid.
- GUISASOLA, J.; ALMUDÍ, J. M. y FURIÓ, C. (2005). The nature of science and its implications for physics textbooks. *Science & Education*, 14(3-5), pp. 321-338.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11191-004-7936-z>
- KORFIATIS, K. J.; STAMOU, A. G. y PARASKEVOPOULOS, S. (2004). Images of nature in Greek primary school textbooks. *Science Education*, 88(1), pp. 72-89.
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.10133>
- LEITE, L. y AFONSO, A. (2001). Portuguese school textbooks' illustrations and students' alternative conceptions on sound. En R. Pinto y S. Surinach (eds.). *Physics Teacher Education Beyond 2000*. París: Elsevier, pp. 167-168.
- MA-NAIM, C.; BAR, V. y FINKENTHAL, M. (2001). Pre service and in service teachers concepts of "heat" and "temperatura"; implications for improving textbooks and instruction. En D. Psillos; P. Kariotoglou; V. Tselfes; G. Bisdikian; G. Fassouloupoulos; E. Hatzikraniotis y M. Kallery (eds.). *Proceedings of the Third International Conference on Science Education Research in the Knowledge Based Society*, vol. 2. Thessaloniki, Grecia: Aristotle University of Thessaloniki, pp. 539-541
- MARTÍNEZ-GARCÍA, M. V.; GIL-QUÍLEZ, M. J. y OSADA, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, 40(2), pp. 53-62.
<http://dx.doi.org/10.1080/00219266.2006.9656014>
- MCCLELLAND, J. A. G. (1993). Persistent inconsistencies in textbook mechanics. En J. Novak (ed.). *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, Nueva York: Cornell University (distribuido electrónicamente).
- MCCOMAS, W. (2003). A textbook case of the nature of science: Laws and theories in the science of biology. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), pp. 141-155.
<http://dx.doi.org/10.1023/B:IJMA.0000016848.93930.9c>
- PINGEL, F. (2010). UNESCO. Guide on Textbook Research and Textbook Revision (2.^a edición revisada y actualizada). Disponible en: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001171/117188e.pdf>>. (Última consulta: agosto de 2013).
- SÁNCHEZ-GÓMEZ, P. J. y MARTÍN, F. (2003). Quantum vs. "Classical" Chemistry in University Chemistry Education: A Case Study of the role of chemistry in thinking the curriculum. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(2), pp. 131-148.
- STRAUSS, A. L. y CORBIN, J. (1990). *Basics of qualitative research: grounded theory procedures and techniques*. Londres: SAGE.
- STRAUSS, A. L. y CORBIN, J. (eds.) (1997). *Grounded Theory in Practice*. Thousand Oaks: SAGE.
- TABER, K. S. (2000). Case studies and generalizability: grounded theory and research in science education. *International Journal of Science Education*, 22(5), pp. 469-487.
<http://dx.doi.org/10.1080/095006900289732>
- TAMPAKIS, C. y SKORDOULIS, C. (2007). The History of Teaching Quantum Mechanics in Greece. *Science & Education*, 16 (3-5), pp. 371-391.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11191-006-9028-8>

Contents of atomic and molecular structure in Spanish general Chemistry textbooks (1928-1978)

Felicísimo González Canle

CEIP Santiago Ramón y Cajal, c/ Cantarranas, 2, 28921, Alcorcón
fgonzalezcanle@educa.madrid.org

Pedro J. Sánchez Gómez

Departamento de Didáctica de las CC. Experimentales, Facultad de Educación
Universidad Complutense de Madrid.
pedros@edu.ucm.es

In this work we present an analysis of the contents of atomic physics and quantum chemistry in introductory textbooks written in Spanish and published between 1928 and 1978. The lower limit is given by the first occurrence of a reference to the new ideas on atomic and molecular structure in a Spanish introductory textbook, while the upper limit was taken to cover half a century in our study. This upper limit, though arbitrary, is significant, since it coincides with deep changes in the Spanish educational system and society. In total, we have studied forty pre-university and twenty-eight university books. This sample, though not complete, is significant. On the one hand, we have studied all the most relevant textbooks of the period. On the other, we think that our conclusions are general and they can be extrapolated to the rest of the Spanish publications.

The analysis has been performed using a Grounded Theory methodology for the codification of the contents. Within this framework, the code is a result of the process of analysis, instead of a requisite for such an analysis. The sample is analyzed iteratively, until the resulting code is stable, that is, no further changes in the code are required to account for fresh materials. In our case, four iterations were required. In the Grounded Theory approach codification is usually followed by a categorization of the code, that is, a classification of the units of content into groups according to their semantic properties. Categorization is not a compulsory step in content analysis. In our case, we have rejected to seek for a categorical scheme in advance, not even as a by-product of our study, to remain as close as possible to the original *raw* materials. In any case, to make the usage of the code easier, we have organized it according to a double scheme. On the one hand, we have used the time-honoured classification of the ideas regarding atoms and molecules into classical, semiclassical, and quantum to organize the code. On the other hand, we have divided the period of study into four sub-periods, namely 1928-1939; 1940-1959; 1960-69; and 1970-78. Each period corresponds to a stage in the recent educational and social history of Spain. Thus, the first period covers until the end of the Spanish Civil War and the beginning of the dictatorship of General Franco. The second period corresponds to the epoch of autarchic isolation that followed the Civil War, and the third coincides with a period of rapid economic development. The last period is marked by the introduction in Spain of educational innovations and by the end of Franco's dictatorship in 1975.

Our results must be read as an *analytic index* of the contents of Spanish chemistry introductory textbooks regarding the issue of quantum chemistry and atomic physics. We have deliberately tried to avoid giving a historiographical interpretation to our results, since our purpose was basically to provide with a *map* of the field for eventual future investigations. Definitely, some aspects stand out in themselves. In particular, our results show that the distance between the contents of the textbooks and that of the technical discourse of scientific literature has widened over the span covered in our study. This is the result of two trends. On the one hand, classic or pre-quantum ideas are not discarded over the period under analysis. On the other, no relevant ideas produced after the decade of 1930 are incorporated into the contents of the analyzed textbook.

