



Praxis & Saber

ISSN: 2216-0159

Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia
(UPTC)

Muñoz-Burbano, Zulman; Solbes, Jordi; R-Zambrano, Germán
Análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la unidad
de "Estructura atómica de la materia" en libros de texto
Praxis & Saber, vol. 11, núm. 27, e204, 2020, Septiembre-Diciembre
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC)

DOI: <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.10754>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477266235006>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](https://www.redalyc.org)

Análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la unidad de “Estructura atómica de la materia” en libros de texto

Zulman Muñoz-Burbano¹, Jordi Solbes¹, German R-Zambrano¹

Universidad de Nariño, Colombia; Universidad de Valencia, España; Universidad de Nariño, Colombia

Resumen

En el artículo se analiza cómo se presentan conceptos cuánticos en la unidad de “Estructura atómica de la materia” en los libros de texto de grado décimo en el área de química. El objetivo es indagar si en esta unidad se realiza la transposición de conceptos cuánticos básicos relacionados con la estructura atómica de la materia y cómo se hace. Para ello, se trabajó desde una metodología de análisis de contenido, con el uso de una rejilla de análisis. Las conclusiones permiten afirmar que los libros de texto analizados no utilizan los conceptos cuánticos para desarrollar la unidad de “Estructura atómica de la materia”. Por el contrario, se presentan omisiones, yuxtaposición de conceptos clásicos y cuánticos e incluso errores conceptuales, sobre todo en la transposición de la dualidad de los objetos cuánticos, en las relaciones de indeterminación y en los números cuánticos.

Palabras claves: libros de texto, transposición, estructura atómica de la materia

Autor de correspondencia:
¹zulmamu0706@hotmail.com
Recibido: 16 de marzo de 2020
Revisado: 10 mayo de 2020
Aprobado: 28 de septiembre de 2020
Publicado: 27 de octubre de 2020



Para citar este artículo: Muñoz-Burbano, Z., Solbes, J., & Ramos, G. (2020). Análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la unidad de “Estructura atómica de la materia” en libros de texto. *Praxis & Saber*, 11(27), e10754. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.10754>

Analysis of the teaching of quantum concepts in the “Atomic Structure of Matter” unit in textbooks

Abstract

The article analyzes how quantum concepts are presented in the “Atomic Structure of Matter” unit in tenth grade textbooks in the area of chemistry. The objective is to inquire whether and how the transposition of basic quantum concepts related to the atomic structure of matter is accomplished in this unit. To do this, we worked with a methodology of content analysis, with the use of an analysis grid. The conclusions allow us to affirm that the analyzed textbooks do not use the quantum concepts to develop the “Atomic Structure of Matter” unit. On the contrary, there are omissions, juxtaposition of classical and quantum concepts, and even conceptual errors, especially in the transposition of the duality of quantum objects, in the relations of indeterminacy, and in quantum numbers.

Keywords: textbooks, transposition, atomic structure of matter

Análise do ensino de conceitos quânticos na unidade “Estrutura Atómica da Matéria” nos manuais escolares

Resumo

O artigo analisa a forma como os conceitos quânticos são apresentados na unidade “Estrutura atómica da matéria” em manuais escolares do décimo ano na área da química. O objetivo é investigar se nesta unidade se faz a transposição de conceitos quânticos básicos relacionados com a estrutura atómica da matéria e como é feito. Para isso, trabalhamos a partir de uma metodologia de análise de conteúdo, com a utilização de uma grelha de análise. As conclusões permitem-nos afirmar que os manuais escolares analisados não utilizam conceitos quânticos para desenvolver a unidade “Estrutura atómica da matéria”. Pelo contrário, existem omissões, justaposição de conceitos clássicos e quânticos e até erros conceituais, especialmente na transposição da dualidade dos objetos quânticos, nas relações da indeterminação e nos números quânticos.

Palavras-chave: manuais escolares, transposição, estrutura atómica da matéria.

En Colombia, la enseñanza de los conceptos básicos de la teoría cuántica [TC] en la educación secundaria es un campo incipiente. Apenas comienzan a formularse investigaciones en la enseñanza para proponer estrategias. Esto es preocupante porque hay muchos motivos didácticos para introducirlos: permiten dar una imagen más correcta de cómo se desarrolla la ciencia —contenidos de naturaleza de la ciencia—; son necesarios para una interpretación adecuada de la estructura atómica de la materia [EAM] —contenidos conceptuales—; la importancia de las aplicaciones de la cuántica en nuestra sociedad ha crecido; se usan para legitimar pseudociencias como la educación o curación cuánticas —contenidos cienciatecnologíasociedad o CTS—; y al alumnado le interesan estos temas

contemporáneos —contenido actitudinal— (González *et al.*, 2020; Sinarcas & Solbes, 2013). A ello se suma que el Ministerio de Educación Nacional [MEN], a través de los estándares básicos de competencia, que determinan los contenidos mínimos que el estudiante debe conocer, no señala taxativamente la enseñanza de conceptos cuánticos (Solbes, Muñoz & Ramos, 2019), aunque estos sean necesarios para comprender la EAM, que sí aparece. Lo anterior genera una brecha entre la educación científica que los estudiantes reciben en el aula y el desarrollo técnico científico del momento (Jaramillo, 2015; Solbes, Muñoz & Ramos, 2019; Villaveces, 2000).

Este artículo presenta resultados de la investigación doctoral titulada *Enseñanza de la estructura atómica de la materia en la educación secundaria en Colombia* (Muñoz, 2020). El problema se expresa en la pregunta: ¿cómo se introducen en los libros de texto [LT] de educación secundaria en Colombia conceptos cuánticos en la unidad de EAM, tales como: crisis de la física clásica, dualidad onda-partícula, modelos atómicos clásico, semicuántico y cuántico, relaciones de indeterminación y números cuánticos?

Esta investigación toma como uno de sus referentes teóricos la teoría de la transposición didáctica de Chevallard (1991). Analiza la transposición realizada en los LT, que constituye parte del saber a enseñar. En su trabajo, Chevallard (1991) define la *transposición didáctica* como un instrumento eficiente para analizar el proceso mediante el cual el conocimiento producido por los científicos, al que se le ha denominado el *saber sabio*, se convierte en el contenido para enseñar. En este sentido, en los LT, se presenta el resultado de una parte de la transformación.

Por otra parte, de acuerdo con la investigación didáctica, uno de los problemas con mayor relevancia en la introducción de la TC en la educación secundaria es la falta de preparación que los docentes tienen al respecto (Fanaro, 2009; Fernández *et al.*, 2005). Por eso, se requiere fortalecer la investigación didáctica que pueda apoyar los procesos de formación docente, para lograr cambios en sus paradigmas (Clavijo *et al.*, 2019). En este sentido, se ha generado un buen número de propuestas de enseñanza, pese a que en los currículos de algunos sistemas educativos no se incluya (Cuesta, 2018), como es el caso específico de Colombia (Solbes, Muñoz & Ramos 2019).

Si los docentes no tienen la formación necesaria para la enseñanza de estos temas, se apoyan en recursos, tales como los LT para el desarrollo y la planificación de sus clases (D'Aquino & Artuso, 2019), lo que otorga a los libros un papel predominante en la enseñanza de la TC (Lima *et al.*, 2017).

Es así como los LT son herramientas que traducen y concretan los lineamientos establecidos por los organismos rectores (Braga & Belver, 2016; Martínez & Rubio, 2018; Solarte, 2006). En esta relación, los LT operacionalizan los estándares, los reinterpretan y crean nuevos sentidos, al tiempo que afectan el contexto de la práctica del docente (Gomes *et al.*, 2005). Los LT, como parte del andamiaje que corresponde a la transposición didáctica (Bravo & Cantoral, 2012), reinterpretan los estándares producidos por el MEN, puesto que en la versión de libro para el docente se encuentra una detallada planeación que toma como referencia los estándares, redacta logros, propone actividades y formas de evaluación, presenta una propuesta del saber a enseñar al determinar temas, contenidos y un tratamiento didáctico que corresponde a definiciones, explicaciones, gráficas, ejemplos resueltos, es decir, una forma de enseñar (Bravo & Cantoral, 2012).

Por otra parte, los textos representan una larga tradición en los sistemas educativos y, pese al surgimiento de otros materiales, su uso se ha generalizado, en especial en la selección y difusión de los contenidos de enseñanza, incluso de una forma acrítica (Moya, 2008). Específicamente en Colombia, se considera el libro de texto como un elemento de singular importancia en el desarrollo de los procesos educativos, por evidenciar los cambios y reformas que en el sistema educativo se plantean (Cuellar *et al.*, 2005; Maturano & Mazzitelli, 2018; Padilla *et al.*, 2015; Páez, 2016).

Además, los libros apoyan la elaboración de unidades didácticas, de tal manera que se posicionan como objetos de investigación, cuestión que es de mucho interés para la didáctica (Marmolejo & González, 2013). Estos se consideran, además, como un recurso común de los docentes para la enseñanza (Calvo & Martín, 2005), por lo que el libro es un buen referente en la planeación que realizan los profesores.

Todo lo anterior muestra por qué los libros son materiales didácticos de importancia en la enseñanza. Si bien, el saber enseñar es, por lo tanto, un “nuevo” conocimiento que responde a dos dominios epistemológicos diferentes: la ciencia y el aula (Brockington & Pietrocola, 2005) y, por ende, el docente no es responsable de la producción del conocimiento científico, sí se requiere una posición crítica de parte de él frente a la transposición realizada en los LT. Se deberían evaluar detenidamente estos recursos antes de su uso (Maturano *et al.*, 2016). Los LT son un vector científico, didáctico y pedagógico (Alzate *et al.*, 2007). No obstante, en ocasiones, pasan a ser vectores de errores conceptuales. Por ejemplo, investigaciones en el campo de la didáctica de las ciencias evidencian que los libros presentan contenidos desactualizados o simplificados y reduccionistas, incluso los de contenido universitario (Cohen & Arden, 2010; Ibáñez & Ramos, 2004; Quílez, 2006; Ramírez, Fleisner & Viera, 2017; Snyder & Broadway, 2004).

El análisis de la enseñanza de conceptos cuánticos en la EAM en LT de Colombia tiene el objetivo de conocer cómo se presenta esta unidad, qué conceptos se muestran y si se mencionan o no conceptos básicos de la TC.

Metodología

Para el desarrollo de la investigación, se asumió la metodología de análisis documental en sus dos etapas: la etapa heurística —de búsqueda y recopilación de los materiales— y la etapa hermenéutica —de análisis—. En la etapa heurística, para la recopilación de los LT, se consideraron las editoriales de mayor uso en Colombia, además de aquellos textos referenciados por los más de 70 docentes entrevistados en la investigación doctoral de la que surge este artículo. Por otra parte, los libros analizados se encontraron en bibliobancos de instituciones educativas del departamento de Nariño.

Se analizaron 18 LT de grado décimo de química, de las editoriales: Voluntad, Susaeta, Bedut, Migema, Norma y Santillana, en sus distintas ediciones que corresponden a un periodo comprendido entre 1994 y 2018, teniendo en cuenta el advenimiento de la Ley General en 1994 y los cambios que esta ocasionó. La muestra, aunque escasa, es representativa porque en la educación colombiana la gratuidad de los textos en los colegios oficiales (Padilla *et al.*, 2015) —situación loable— se relaciona con la poca oferta de textos para la educación secundaria. Los libros analizados se pueden ver en el anexo 1.

Sin embargo, según lo planteado por Cuellar *et al.* (2005), en la educación media en Colombia, las editoriales determinan “qué elementos del saber han de ser socializados en el aula de clase” (p. 5) y muchas veces el profesor no puede negarse a ello.

En la etapa hermenéutica, se realizó un análisis intensivo del contenido (López-Noguero, 2002), en el que se estudiaron con detenimiento los LT, a través de la rejilla que buscaba explorar cómo se realiza la introducción de algunos conceptos relacionadas con la TC en el contexto de la EAM. El diseño del instrumento se realizó con base en la rejilla validada por Solbes, Calatayud, Climent y Navarro (1987b). Se adaptaron los parámetros para evaluar el contexto, los temas y los contenidos que se trabajan en Colombia. La rejilla construida fue adaptada por los investigadores y buscó develar si en los LT se presenta la crisis de la física clásica, la dualidad onda-partícula, los modelos atómicos clásico, semicuántico y cuántico, las relaciones de indeterminación y los números cuánticos.

La rejilla (Muñoz, 2020) consta de 16 ítems. Fue diseñada para establecer si un determinado contenido se presenta —lo hace—, se presenta parcialmente —lo hace parcialmente— o no se presenta —no lo hace— en el LT. Con el fin de orientar el análisis del contenido mediante la aplicación de la rejilla, se establecieron criterios de valoración específicos para cada uno de los ítems. Se realizó un pilotaje en 5 textos, a manera de validación, para luego aplicar el instrumento a los demás textos, con el fin de establecer categorías emergentes.

En un primer momento, los investigadores acordaron los ítems y sus criterios de evaluación. Dos de ellos realizaron el análisis de los libros, que después se discutió con los demás. Las discrepancias o dudas se resolvieron mediante la discusión de los tres investigadores hasta llegar a acuerdos por mayoría. Como ejemplo, mostramos el siguiente criterio de evaluación para el ítem. El resto se puede encontrar en Muñoz (2020).

- **¿Para la presentación del modelo atómico de Bohr presentan antecedentes?**

Lo hace: se explica el problema de los espectros atómicos y cómo estos no podían ser explicados por las teorías físicas del momento. Se explica el espectro de la luz. Se aclara el hecho de que la estabilidad del modelo de Rutherford se contradecía con los fundamentos de la mecánica clásica y de la teoría electrodinámica.

Lo hace parcialmente: explica el problema de los espectros atómicos y menciona la estabilidad del modelo de Rutherford.

No lo hace: no habla de la dificultad de explicar los espectros atómicos y la estabilidad del átomo desde la teoría clásica.

Análisis y discusión de resultados de LT

Al analizar cómo se presentan los modelos atómicos, si se hace o no desde un contexto histórico —con sus antecedentes y limitaciones—, si en los LT se mencionan o no a las limitaciones de la física clásica, si se menciona o no el quiebre entre la física clásica y la TC (Gil & Solbes, 1993) y si la TC es presentada o no en un nuevo marco de conocimientos, se encuentra que en los 18 ejemplares existen omisiones importantes.

Tal como se muestra en la tabla 1, el 77 % no hace una presentación histórica del concepto de átomo. Esto se pone en evidencia, puesto que en la unidad de EAM que se presenta en los libros no se abordan aspectos importantes, tales como una presentación histórica del

concepto de átomo. Esta presentación es realizada de manera cronológica, acrítica y deja la idea que de Demócrito se salta a Dalton, como si la construcción de la ciencia fuese acumulativa y lineal, sin hacer una distinción importante: el átomo de Demócrito es una construcción filosófica y el átomo de Dalton es una noción química, por señalar solo un ejemplo. Estos hallazgos coinciden con lo planteado por *Cuellar et al. (2005)*, con respecto al análisis de la confiabilidad de los LT, donde se encuentra que la “ciencia se presenta como una actividad simplificada, individual, absolutista y reduccionista” (p. 2).

Tabla 1*Consolidado ítem 1*

Ítem 1	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿El texto presenta una introducción histórica del concepto de átomo?	6 %	17 %	77 %

Es así como los modelos atómicos son presentados de forma cronológica y acrítica, pues no se enfatiza en los antecedentes y cómo estos son el punto de partida para la construcción de un modelo. Tampoco se presentan las limitaciones de cada uno de ellos ni se confrontan uno con otro. Este es un problema que, además de limitar el conocimiento de cada uno de los modelos, recalca la imagen de una construcción de ciencia lineal y acumulativa, en la que un modelo supera al otro de forma sencilla, sin oposición teórica o experimental.

Tabla 2*Consolidado ítem 2.3*

Ítem 2.3	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Al abordar el modelo atómico de Bohr, se presentan los antecedentes?	44.5 %	22 %	32.5 %
¿El modelo de Bohr se presenta teniendo en cuenta los aportes de la historia de las ciencias?	-	89 %	11 %

En la tabla 2 se muestra que 44,5 % de los libros analizados presentan antecedentes del modelo atómico de Niels Bohr, mientras que el 32,5 % de los libros no lo hace. Esto se manifiesta al desconocer aspectos como los relacionados a continuación: en su artículo de 1913, Bohr parte de las limitaciones de los modelos atómicos de Thomson y Rutherford. Especialmente, hace referencia a la inestabilidad del átomo de Rutherford. Los LT omiten también aportes en torno a los espectros de los átomos basados en el átomo de Rutherford; aportes sobre mediciones precisas de las longitudes de onda de las rayas espectrales de Rowland; y los trabajos de Balmer y Rydberg y cómo estos planteamientos desafían a la mecánica clásica.

Por otra parte, se considera que el 22,2 % de los libros analizados hacen una presentación histórica parcial, pues no detallan aspectos relacionados con los espectros atómicos. Sería importante que mencionaran, al menos, que Bohr en 1913 plantea como necesidad introducir los trabajos desarrollados por Planck y sus cuantos de acción, al desafiar la electrodinámica clásica, para la explicación de la estabilidad del modelo de Rutherford. Otro aspecto que

se omite es que cuando Bohr postuló su modelo, no conocía aún las fórmulas de Balmer y Paschen para el espectro de hidrógeno. Por lo tanto, su aporte estuvo en la predicción de estas.

El 89 % de los textos analizados presenta los espectros de la luz y al menos una breve explicación de los espectros atómicos en relación con el modelo atómico de Bohr. El 42 % de los libros menciona el concepto de la cuantización de la energía como un concepto fundamental.

Tabla 3

Consolidado ítem 3.1

Ítem 3.1	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Se explica el efecto fotoeléctrico?	6 %	17 %	77 %

En la enseñanza de la TC se requiere asumir el quiebre epistemológico entre el determinismo y la causalidad de la física clásica y el indeterminismo y la dualidad de la TC (Muñoz, 2018; Solbes, 2013). Para ello, es necesario evidenciar la crisis de las teorías clásicas frente a la imposibilidad de explicar algunos fenómenos tales como el efecto fotoeléctrico.

Sin embargo, como se muestra en la tabla 3, solo el 6 % de los libros analizados explica el efecto fotoeléctrico. Este fenómeno no es descrito ni siquiera en apartados de lecturas adicionales o de profundización que presentan algunos libros. Solo un 17 % menciona brevemente el efecto fotoeléctrico, pero no hace una explicación del fenómeno como tal y, por tanto, no se describe la importancia científica que tiene. Consideramos pertinente tratar el efecto fotoeléctrico, por cuanto es uno de los problemas que, junto con la catástrofe del ultravioleta y los espectros atómicos, darían origen a la crisis de la física clásica.

Tabla 4

Consolidado ítem 3.2

Ítem 3.2	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿El efecto fotoeléctrico se explica mostrando ruptura con la mecánica clásica?	6 %	-	94 %

Consideramos que no es suficiente una mención del efecto fotoeléctrico. Son necesarias su explicitación y las consecuencias de los conceptos abordados por Einstein en su explicación, debido a las implicaciones epistemológicas que tienen, al poner de manifiesto las limitaciones de la física clásica y la construcción de la ciencia como un proceso complejo, no lineal ni acumulativo, en el que se requiere la construcción de nuevas explicaciones teóricas cuando las evidencias experimentales contradicen las predicciones teóricas.

Tal como se muestra en la tabla 4, algunos libros hacen mención a los trabajos de Planck, pero no se enuncia que la hipótesis cuántica de Planck se constituyó como una nueva teoría, cuando en 1905 Einstein publicó su artículo *Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de luz* —donde explica cuánticamente el efecto fotoeléctrico (Petrucchi *et al.*, 2011)—, pues, al utilizar el resultado de Planck sobre la emisión y absorción de energía de un cuerpo negro en forma de paquetes y generalizarlo a la propagación, propone que la cuantización es una propiedad intrínseca de la luz.

Tabla 5*Consolidado ítem 4.1*

Ítem 4.1	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
Para la presentación de cada uno de los modelos atómicos, ¿se diferencia claramente que los modelos de Thomson y Rutherford son clásicos?	-	-	100 %

En la tabla 5 se muestra que el 100 % de los LT no hace una diferenciación entre la teoría que respalda cada uno de los modelos. Es necesario no solo que se presente una secuencia de contenido, sino que, desde una perspectiva crítica, se analice el proceso de construcción del conocimiento que da origen a dichos modelos. En el caso de los modelos clásicos de Thomson y Rutherford, los LT mantienen principios básicos como: la aceptación del átomo como partícula mínima de un elemento, su divisibilidad, su neutralidad y la existencia de corpúsculos negativos denominados electrones, fundamentados en la mecánica y el electromagnetismo clásicos.

Con respecto al modelo precuántico de Bohr, un solo libro de texto hace referencia a que configura una transición entre la ciencia clásica y la TC. La mayoría de los LT no explica este importante hecho, en el que debería hacerse énfasis, pues, a pesar de utilizar conceptos clásicos, el modelo de Bohr introduce la cuantización de la energía en el átomo. Los LT se refieren a la cuantización, pero no explican que esta introducción es *ad hoc*. Lo configuran como un modelo precuántico, pues no explica la incapacidad de la electrodinámica clásica para dar cuenta del mundo subatómico pero introduce el concepto de fotón, a la hora de explicar los espectros atómicos (Holton & Brush, 2001). Este hallazgo coincide con las conclusiones de Ramírez, Gallego y Miranda (2010), quienes afirman que los autores de los textos muestran modelos ya elaborados sin abordar los problemas que los originaron ni los problemas que solucionaron.

El hecho de que los textos no hagan una clara diferencia del modelo cuántico es consecuencia de que anteriormente no se ha reconocido que existen modelos clásicos, precuánticos y las limitaciones de validez de la física clásica. Esto dificulta comprender la importancia de un modelo cuántico y las diferencias teóricas y experimentales al respecto.

En la presentación que hacen los LT de este modelo atómico, se mezclan las nociones clásicas, precuánticas y cuánticas, lo cual genera una confusión que podría deberse a la necesidad de los autores de los libros por simplificar conceptos, pero esta yuxtaposición es una de las principales fuentes de errores conceptuales (Solbes, Calatayud, Climent & Navarro, 1987a).

Tabla 6*Consolidado ítem 6*

Ítem 6	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Se justifica la necesidad de introducir el modelo cuántico?	11 %	11 %	78 %

El 11 % de los libros justifica la necesidad de introducir el modelo mecánico cuántico

desde las limitaciones del modelo de Bohr. Un 11 % lo hace parcialmente, lo que quiere decir que introducen el modelo cuántico sin determinar las limitaciones de los modelos y la teoría anterior. La revisión de los LT permite determinar que no se hace un preámbulo al modelo cuántico. De nuevo, los conceptos aparecen como si fueran una adición al modelo anterior y se desconoce todo el quiebre epistemológico y conceptual requerido. Se presenta una transformación simplemente de terminología, lo que implica un error muy fuerte, por ejemplo, al confundir el concepto de órbita con orbital, o tratarlos como sinónimos.

En el 78 % no se presenta la ruptura con la física clásica o con los conceptos clásicos ni los límites de validez que se requieren para que se pueda comprender que este modelo es diferente y que no tiene las mismas nociones básicas de los modelos anteriores, como es el determinismo.

Tabla 7

Consolidado ítem 7

Ítem 7	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Se introducen las relaciones de indeterminación?	72 %	5 %	23 %

Si bien el 72 % de los libros analizados introduce las relaciones de indeterminación, lo hace de manera sucinta. De igual manera, el 100 % de los libros que introducen el tema lo hace bajo el nombre de principio de incertidumbre. Se considera fundamental la introducción de las relaciones de indeterminación, así sea con el nombre de principio de incertidumbre, puesto que la enseñanza del modelo cuántico actual implica que no se puede hablar de órbitas.

Se considera que un 5 % lo hace parcialmente, puesto que se hace una alusión a las relaciones de indeterminación, sin que se haga una explicación al respecto.

Tabla 8

Consolidado ítem 8

Ítem 8	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Las relaciones de indeterminación son introducidas de manera histórica y crítica?	-	5 %	95 %

Solo un texto hace una introducción histórica a las relaciones de indeterminación, pero no se trata de una presentación histórica y crítica, por lo cual se determina como parcial. La introducción realizada no permite deducir las implicaciones epistemológicas de las relaciones. En la presentación no se enfatiza en el quiebre, ni se determina la importancia que tienen las relaciones de indeterminación o de donde se derivan. No se explica que Heisenberg en 1927 demostró las limitaciones del uso de conceptos clásicos como la trayectoria en el mundo subatómico. Por lo tanto, el 95 % de los LT no presenta de manera histórica y crítica las relaciones de indeterminación.

Solo un 23 % de los LT explica parcialmente las relaciones de indeterminación. Se considera así ya que no explican detalladamente la imposibilidad de medir dos magnitudes conjugadas simultáneamente y con imprecisión cero. Es importante mencionar que el 100 %

de los libros no aclara que la velocidad y el momento son magnitudes conjugadas que, de igual manera, no son las únicas —energía y tiempo— magnitudes a las que se podría referir las relaciones de indeterminación.

Tabla 9

Consolidado ítem 9

Ítem 9	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Las relaciones de indeterminación se explican adecuadamente?	-	23 %	77 %

Los libros analizados introducen de manera reduccionista las relaciones de indeterminación, en especial, al relacionarlas con una analogía común, como es el fotón en un microscopio. Esto es un problema de carácter epistemológico, como si el problema de la indeterminación se refiriera solo al proceso de observación (Solbes & Sinarcas, 2009). Lo anterior da pie a utilización ideológica y seudocientífica de las relaciones de Heisenberg, al atribuirle a la mente o a la conciencia —el observador— la posibilidad de curar (Solbes, 2013).

Este hecho puede sustentar creencias seudocientíficas, ya que buscan apoyo para justificar sus planteamientos en “el prestigio científico de la física cuántica, y, a la vez, en las dificultades de la visión cuántica del comportamiento de la materia” (Solbes, 2019, p. 92). Los libros deberían explicar detalladamente estas relaciones para evitar el surgimiento de estas creencias y malas interpretaciones.

Por otra parte, el 100 % de los libros no enfatiza en que es una restricción epistemológica derivada de la naturaleza ontológica de los objetos cuánticos (Solbes, 2018). Eso explica además que el 100 % diga *principio de incertidumbre* y no *relaciones de indeterminación*, pues una restricción epistemológica significa que la restricción es de la naturaleza, no de nuestro conocimiento. Por lo tanto, es mejor denominar relaciones de indeterminación y no de incertidumbre, ya que la incertidumbre es del conocimiento sobre las cosas. Decir *principio de incertidumbre* se puede considerar como un error en la comprensión de este concepto (Lévy-Leblond, 2003; Solbes 2018). Solbes (2018) llama la atención en el sentido de que no existe “tal principio”, al no aparecer entre los postulados de la mecánica cuántica que responden a preguntas básicas de la misma.

Tabla 10

Consolidado ítem 10

Ítem 10	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿El electrón se explica como un objeto cuántico que exige una nueva descripción?	11 %	16.5 %	72.5 %

Solo el 11 % de los libros introduce el electrón como un objeto cuántico, frente al 72 % que no lo hace. Esto se evidencia cuando el 100 % de los LT no menciona las implicaciones de las relaciones de indeterminación, a saber: la imposibilidad del conocimiento simultáneo de la posición y momento del electrón (Solbes, 2018), que permite, a su vez, trabajar el carácter ondulatorio de los electrones. El concepto de electrón es fundamental para el aprendizaje de

la química y de nociones físicas, y así comprender la naturaleza de la materia. Desarrollar un contenido en los LT y limitarse hasta considerarlo como partícula únicamente es un error conceptual, pues ni docentes ni estudiantes podrán a futuro explicar de manera adecuada la naturaleza dual de la materia.

En este sentido, sería recomendable insistir en que los electrones son objetos nuevos: ni ondas ni partículas clásicas, sino cuantos con un comportamiento nuevo (Lévy-Leblond, 2003; Solbes, 1986, 2018). Lo anterior fundamentaría las bases para reconocer que la TC es una nueva teoría, con bases disruptivas y que da explicaciones a fenómenos nuevos. Por otra parte, un 94.5 % de los LT no menciona los fotones, los protones ni los neutrones como objetos cuánticos. Esto también es un error conceptual.

Tabla 11

Consolidado ítem 22

Ítem 22	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Se establecen los números cuánticos n , l y m que determinan las funciones de onda?	5 %	23 %	72 %

El 72 % de los LT no explica que los números cuánticos son el conjunto de valores numéricos que determinan las funciones de onda (o de estado), que son soluciones de la ecuación de onda de Schrödinger para el átomo de hidrógeno. Se considera que el 23 % hace una explicación parcial, pues relacionan los números cuánticos con niveles y subniveles energéticos.

Tabla 12

Consolidado ítem 24

Ítem 24	Lo hace	Lo hace parcialmente	No lo hace
¿Se explica que los orbitales están asociados a propiedades de los electrones y no tienen existencia independiente?	-	5 %	95 %

El 95 % de los LT no explica el orbital como una función de onda que describe el estado del sistema. Las explicaciones, al no relacionarse con la ecuación, evidencian una concepción de orbital como zona o espacio físico, donde es más probable encontrar a los electrones, lo que es un error, pues el orbital no es independiente del electrón (Solbes, Calatayud, Climent & Navarro 1987b; Sinarcas & Solbes, 2013). La explicación que prevalece en este 95 % es el de lugar asociado a la probabilidad como un concepto derivado de la TC.

Finalmente, con respecto a los LT y teniendo en cuenta su uso como material de referencia en los procesos de enseñanza (Vizcaíno, 2017) —incluso tomado como un integrante de la cultura escolar (Artuso, 2015; Artuso & Appel, 2015) y que, además, consolida los lineamientos y estándares para la enseñanza al reinterpretarlos y hacerlos prácticos para los docentes y estudiantes—, se hace urgente un análisis crítico que permita construir una postura didáctica frente a su uso, especialmente en temas como la TC, porque su enseñanza —como se enunció al principio— es incipiente en nuestro país. Los docentes normalmente no asumen una postura analítica frente a los textos escolares (Rodrigues, 2015).

Conclusiones

En la educación secundaria, específicamente en la educación media y tal como lo plantea la investigación didáctica, no solamente es pertinente sino necesario abordar en la enseñanza de la EAM conceptos relacionados con la TC tales como dualidad onda-partícula, relaciones de indeterminación, orbital, entre otros.

Los datos descritos permiten deducir que, en los LT analizados, la unidad de EAM no toma como referencia conceptual algunos conceptos básicos y necesarios de TC, lo que implica una presentación insuficiente de la temática.

Por otra parte, no hacen una presentación histórica de los modelos atómicos, sus antecedentes y limitaciones. No se hace énfasis en las limitaciones de la física clásica para explicar algunos fenómenos. En la presentación del modelo cuántico hay mezcla y yuxtaposición de conceptos clásicos y cuánticos. Esto lleva a una presentación de ciencia lineal, secuencial y acumulativa.

Otro aspecto problemático es que en los LT no se asume el quiebre entre la ciencia clásica y la TC, al no desarrollar temas relacionados con el efecto fotoeléctrico y la catástrofe del ultravioleta, ni detallar la inestabilidad del átomo de Rutherford. Esto lleva a que no se presente la TC como una nueva teoría que requiere una lógica diferente.

Si bien los LT abordan los espectros atómicos como antecedentes al modelo de Bohr, este trabajo no se relaciona con la crisis de la física clásica. Por lo tanto, la ciencia es presentada de forma acumulativa: un conocimiento reemplaza a otro o simplemente lo complementa. De igual manera, la mayoría de los textos analizados no diferencia claramente que los modelos de Thomson y Rutherford son clásicos, que el modelo de Bohr es precuántico y que el modelo cuántico responde a una nueva teoría.

Un problema es la mezcla de las nociones cuánticas y clásicas en la explicación de los modelos y en especial de las nociones de nivel de energía y orbital, que terminan siendo presentadas como una analogía a las órbitas de Bohr. La mayoría de los LT incluyen directamente la analogía del modelo de Bohr con el sistema solar, e incluso se presentan gráficas que así lo explican.

La explicación que se hace de la dualidad onda-partícula en los LT analizados es una explicación ambigua, escasa y simplista. Esto se evidencia porque no se explica el comportamiento dual del electrón. Las relaciones de indeterminación no se explican derivadas de la dualidad, ni se describen los experimentos que ponen de manifiesto el comportamiento dual de la materia. Los textos analizados no mencionan el experimento de la doble rendija, por ejemplo.

Otro aspecto problemático es que los libros introducen las relaciones de indeterminación —como *principio de incertidumbre*— con una somera alusión que no conlleva más de un párrafo, en el que se presenta de forma acrítica, prácticamente como un hecho anecdótico, al no derivarlo del comportamiento dual de los objetos cuánticos. Incluso, en la mayoría de los libros que presentan las relaciones de indeterminación, se encuentran errores importantes al asociarlas a problemas con los aparatos de medida, o no explicar que se trata de una restricción epistemológica derivada de la naturaleza ontológica de los objetos cuánticos.

Lo anterior lleva a que, en los LT analizados, el electrón no sea explicado como un objeto cuántico y se siga tratando en términos de una partícula clásica. De esta manera, tanto los niveles de energía como los orbitales no se explican derivados de la ecuación de Schrödinger. Finalmente, el concepto de espín es explicado muy someramente, como una rotación del electrón sobre su eje.

En conclusión, se evidencia que la transposición didáctica realizada en los LT de química de grado décimo en la unidad de EAM no se presenta al tomar como referencia conceptos relacionados con la TC. Los conceptos y nociones fundamentales al respecto son abordados de manera insuficiente, sin profundizar ni relacionar. Se evidencia confusión, mezcla y yuxtaposición de nociones clásicas y cuánticas. Los docentes deben realizar un análisis didáctico de los contenidos, imágenes, analogías y explicaciones que presentan los LT. Urge una posición crítica del docente frente a los recursos que utiliza.

La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria exige tanto a los docentes como autores de LT un compromiso con la actualización de los contenidos a trabajar. En Colombia la enseñanza de la TC en el contexto de la educación secundaria no puede esperar. Es importante continuar con la investigación y confrontar estos hallazgos con la práctica de docentes en ejercicio en cuanto a la enseñanza de la TC, para averiguar sus necesidades de formación al respecto.

Referencias

- Alzate, M., Lanza, C., & Gómez, M. (2007). *Usos de los libros de texto escolar: actividades, funciones y dispositivos didácticos*. Universidad Tecnológica de Pereira, Postergraph.
- Artuso, A. (2015). *Diferenças da dinâmica de aula e sua relação com o livro didático de física*. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física (XXI SNEF), Uberlândia, MG, Brasil.
- Artuso, A., & Appel, J. (2015). *A dinâmica de aula e sua relação com o livro didático segundo professores de física do Ensino Médio*. XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física (XXI SNEF), Uberlândia, MG, Brasil.
- Bohr, N. (1913). I. On the constitution of atoms and molecules. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 26(151), 1-25.
- Braga, G., & Belver, J. (2016). El análisis de libros de texto: una estrategia metodológica en la formación de los profesionales de la educación. *Revista Complutense de Educación*, 27(1), 199-218. https://doi.org/10.5209/rev_RCED.2016.v27.n1.45688
- Bravo, A., & Cantoral, R. (2012). Los libros de texto de cálculo y el fenómeno de la transposición didáctica. *Educación matemática*, 24(2), 91-122.
- Brockington, G., & Pietrocola, M. (2005). Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(3), 387-404.
- Calvo, M., & Martín, M. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo social, en el campo de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(1), 17-32.
- Clavijo, M., Walteros, A., & Cortés, C. (2019). La actividad experimental como una parte fundamental para la enseñanza de la física moderna: el caso de la mecánica

- cuántica. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), 191-206. <https://doi.org/10.17227/ted.num45-9846>
- Cohen, R., & Arden, A. (2010). How the curriculum guideline «The cell is to be studied longitudinally» is expressed in six Israeli junior-high-school textbooks. *Journal of Science, Education and Technology*, 19(3), 276-292. <https://doi.org/10.1007/s10956-009-9199-6>
- Cuellar, L., Pérez, R., & Quintanilla, M. (2005). La propuesta de Ernest Rutherford en los libros de texto en Colombia: un análisis desde la historia de las ciencias y la visión de transposición didáctica en ellos. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-6.
- Cuesta, Y. (2018). Estado del arte: tendencias en la enseñanza de la física cuántica entre 1986 y 2016. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (44), 147-166. <https://doi.org/10.17227/ted.num44-8995>
- Chevallard, Y. (1991). *La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado*. Aique.
- D'Aquino, M., & Artuso, A. (2019). O uso do livro didático de ciências de 6º a 9º ano: um estudo com professores brasileiros. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 19, 709-746. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u709746>
- Fanaro, M. (2009). *La enseñanza de la mecánica cuántica en la escuela media* [Tesis doctoral, Universidad de Burgos]. https://www.researchgate.net/publication/237838348_Ensenanza_de_la_Mecanica_Cuantica_en_la_escuela_media
- Fernández, P., González, E., & Solbes, J. (2005). Evolución de las representaciones docentes en la física cuántica. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 1-5.
- Gil, D., & Solbes, J. (1993). The introduction of modern physics: overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*, 15(3), 255-260. <https://doi.org/10.1080/0950069930150303>
- Gomes, R., Gomes, M., & Lopes, A. (2005). Contextualização e tecnologias em livros didáticos de biología e química. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10(3), 405-417.
- González, E., Muñoz-Burbano, Z., & Solbes, J. (2020). La enseñanza de la física cuántica: una comparativa de tres países. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 15(2). <http://doi.org/10.14483/23464712.15619>
- Holton, G., & Brush, S. (2001). *Physics, the Human Adventure. From Copernicus to Einstein and Beyond*. University Press.
- Ibáñez, M., & Ramos, M. (2004). Physics textbooks presentation of the energy-conservation principle in hydrodynamics. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 267-76.
- Jaramillo, J. (2015). *Implementación de una propuesta didáctica apoyada en el uso de las tecnologías de la información y la comunicación para la enseñanza y el aprendizaje de la mecánica cuántica fundamental en el nivel medio en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional, Biblioteca Digital. Universidad Nacional de Colombia
- Lévy-Leblond, J. (2003). On the Nature of Quantons. *Science & Education*, 12(5-6), 495-502.
- Lima, N., Ostermann, F., & Cavalcanti, C. (2017). Física quântica no ensino médio:

- uma análise bakhtiniana de enunciados em livros didáticos de Física aprovados no PNLDEM 2015. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(2), 435-459. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n2p435>
- López-Noguero, F. (2002). El análisis de contenido como método de investigación. *XXI. Revista de educación*, (4), 167-180.
- Marmolejo, G., & González, M. (2013). Visualización en el área de regiones poligonales. Una metodología de análisis de textos escolares. *Revista Educación Matemática*, 25(3), 61-102.
- Martínez, J., & Rubio, J. (2018). Teoría y metodología de investigación sobre libros de texto: análisis didáctico de las actividades, las imágenes y los recursos digitales en la enseñanza de las Ciencias Sociales. *Revista Brasileira de Educação*, 23, 1-23. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782018230082>
- Maturano, C., & Mazzitelli, C. (2018). Libros de texto de ciencias naturales, de ayer, de hoy y, ¿de siempre? *Revista de Enseñanza de la Física*, 30(1), 49-62.
- Maturano, C., Rudolph, C., & Soliveres, M. (2016). El texto del manual escolar de ciencias: ¿puente u obstáculo para el aprendizaje? *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(Extra), 29-37.
- Moya, C. (2008). Aproximación al concepto y tratamiento de texto escolar. *Cuadernos de Lingüística Hispánica*, (11), 133-152.
- Muñoz, Z. (2018). Quiebres epistemológicos para la enseñanza de la teoría cuántica. *Revista Historia De La Educación Colombiana*, 21(21), 79-97. <https://doi.org/10.22267/rhec.182121.9>
- Muñoz, Z. (2020). *Enseñanza de la estructura atómica de la materia en la educación secundaria en Colombia* [Tesis doctoral, Universidad de Nariño y Universitat de València]. Repositori d'Objectes Digitals per a l'Ensenyament la Recerca i la Cultura. <http://roderic.uv.es/handle/10550/75604>
- Padilla, J., Tibaquirá, D., & Riaño, C. (2015). La pertinencia del uso del texto escolar: características, condiciones y restricciones. En D. Velázquez & R. López, *El texto escolar: investigaciones sobre sus perspectivas y uso en la ciudad de Bogotá* (pp. 37-64). Universidad de la Salle. <https://core.ac.uk/download/pdf/79476346.pdf#page=38>
- Páez, L. (2016). *El libro de texto escolar y la tercera misión pedagógica alemana: aportes a los procesos de enseñanza desde el diseño editorial en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional, Biblioteca Digital. Universidad Nacional de Colombia
- Petrucci, R., Herring, F., Madura, J., & Bissonnette, C. (2011). *Química general. Principios y aplicaciones modernas*. Prentice Hall Pearson.
- Quílez, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 219-240.
- Ramírez, J., Badillo, R., & Miranda, R. (2010). El modelo semicuántico de Bohr en los libros

- de texto. *Ciência & Educação (Bauru)*, 16(3), 611624. <https://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132010000300008>
- Ramírez, S., Fleisner, A., & Viera, L. (2017). Temas de química cuántica: análisis de su presentación en libros de texto de química general. *Educación química*, 28(3), 147153. <https://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2017.03.002>
- Rodrigues, L. (2015). *O professor e o uso do livro didático de Biologia* [Dissertação de Mestrado em Educação Científica e Tecnológica]. <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/160550>
- Sinarcas, V., & Solbes, J. (2013). Dificultades en el aprendizaje y la enseñanza de la física cuántica en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 31(3), 9-25. <https://doi.org/10.5565/rev/enscien/v31n3.768>
- Snyder, V., & Broadway, F. (2004). Queering High School Biology Textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(6), 617-636. <https://doi.org/10.1002/tea.20014>
- Solarte, M. (2006). Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. *Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa [en línea]*, 1(4). <http://revista.ired.org/v1n4/pdf/csolarte.pdf>
- Solbes, J. (1986). *La introducción de los conceptos básicos de física moderna* (Doctoral dissertation, Universitat de València). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=79714>
- Solbes, J. (2013). Contribución de las cuestiones sociocientíficas al desarrollo del pensamiento crítico (II): Ejemplos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 171-181. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2013.v10.i2.03
- Solbes, J. (2018). El modelo cuántico del átomo. Dificultades de comprensión y propuestas para su enseñanza. *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 93, 26-33.
- Solbes, J. (2019). Cuestiones socio-científicas y pensamiento crítico: una propuesta contra las pseudociencias. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (46), 81-99. <https://doi.org/10.17227/ted.num46-10541>
- Solbes, J., & Sinarcas, V. (2009). Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de la física cuántica. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 23, 123-151. <https://ojs3.uv.es/index.php/dces/article/view/2404>
- Solbes, J., Calatayud, M., Climent, J., & Navarro, J. (1987a). Diseño de un currículum para la introducción del modelo atómico cuántico. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), 209-210.
- Solbes, J., Calatayud, M., Climent, J., & Navarro, J. (1987b). Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 189-195. <http://roderic.uv.es/handle/10550/36256>
- Solbes, J., Muñoz, Z., & Ramos, G. (2019). Enseñanza de la estructura atómica de la materia en Colombia. *Revista Historia De La Educación Colombiana*, 22(22), 117-140. <https://doi.org/10.22267/rhec.192222.54>

Villaveces, J. (2000). Química y Epistemología, una relación esquiva. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 1(3), 9-26.

Vizcaíno, D. (2017). Significados de matematización en la enseñanza de la física presentes en libros didácticos de física universitaria. *Tecné Episteme Y Didaxis: TED*, (Extra), 908-914. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4832>

Anexo 1. Libros analizados

Nombre del libro	Editorial	Año de publicación	Código	Referencia
Hola Ciencia	Susaeta	1994	LT1	Chamorro, I., & Gutiérrez, C. (1994). <i>Hola Ciencia</i> . Susaeta.
Química Moderna	Bedut	1994	LT2	Montoya, R. (1994). <i>Química Moderna</i> . Editorial Bedut.
Química 10. General e inorgánica	Migema	1996	LT3	Manco, L., (1996). <i>Química 10. General e inorgánica</i> . Migema.
Química y ambiente 1	McGraw Hill	1996	LT4	Cárdenas S., & Gélvez S. (1996). <i>Química y Ambiente 1</i> . McGraw Hill.
Química 10	Educar Editores	1997	LT5	Poveda, J. (1998). <i>Química 10</i> . Educar Editores.
Spín	Voluntad	1997	LT6	Fernández, M. (1997). <i>Spín</i> . Voluntad.
Exploraremos la Química	Prentice Hall	2000	LT7	Torre negra G., & Pedrozo, P. (2000). <i>Exploraremos la Química</i> . Prentice Hall.
Hola química	Susaeta	2001	LT8	Restrepo, F., & Restrepo, J. (2001). <i>Hola química</i> . Susaeta.
Química I	Santillana	2001	LT9	Mondragón, C., Peña, L., Sánchez, M., & Fernández, M. (2001). <i>Química I</i> . Santillana.
Molécula I	Voluntad	2003	LT10	Mora, W., Parga, D., & Torres, W. (2003). <i>Molécula I</i> . Voluntad.
Química	Norma	2003	LT11	Castelblanco, Y., Sánchez, M., & Peña, O. (2003). <i>Química I</i> . Norma.
Química I	Norma	2004	LT12	Castelblanco, Y., Sánchez, M., & Peña, O. (2004). <i>Química I</i> . Norma.
Química Inorgánica	Santillana	2005	LT13	Mondragón, C., Peña, L., Sánchez, M., & Arbeláez, F. (2005). <i>Química I</i> . Santillana.
Hipertexto	Santillana	2010	LT14	Mondragón, C., Peña, L., Sánchez, M., Arbeláez, F., & González, D. (2010). <i>Hipertexto</i> . Santillana.
Química Inorgánica	Mc Graw Hill	2016	LT15	Martínez, A. (Coord.). (2012) <i>Química Inorgánica</i> . McGraw Hill.

Química I	Santillana	2014	LT16	Castelblanco, Y., Sánchez, M., & Peña, O. (2006). <i>Química I</i> . Santillana.
Química Moderna	Educar	2016	LT17	García, L., Páez, M., Bautista, J., & Vallejo, S. (2016). <i>Química Moderna</i> . Educar.
Química Inorgánica	Norma	2018	LT18	Castañeda, M., Castelblanco, Y., Coy, M., Marín, M., Peña, O., & Sánchez, M. (2018). <i>Química Inorgánica</i> . Norma.