



Abordaje del enlace químico en libros de texto de Argentina

Approach of chemical bonding in textbooks in Argentina

María José Flores Córdoba¹, Carina Alejandra Rudolph² y Carla Inés Maturano³

Resumen

El enlace químico es un contenido que sirve de base para comprender otros temas de Química. En este trabajo presentamos un análisis de la inserción del enlace químico y otros temas relacionados en libros de texto de Educación Secundaria Básica de Argentina. Examinamos el abordaje de los contenidos que se vinculan con este tema de manera directa y complementaria. La muestra está constituida por siete libros de texto que corresponden a las editoriales utilizadas con mayor frecuencia en este contexto. Los resultados obtenidos muestran que entre las propuestas editoriales hay diferencias en los contenidos que abordan y el orden en que lo hacen. Relacionamos estos resultados con las formas de secuenciación propuestas por diferentes autores que investigaron anteriormente esta problemática en otros contextos, concluyendo que se sigue un enfoque tradicional en vez de promover perspectivas que permitan visualizar mejor la relación de los contenidos de Química con la vida cotidiana. Este estudio puede contribuir en el proceso de selección del material de trabajo por parte de los docentes, ya que les permitiría evaluar el planteamiento del tema enlace químico en los libros de texto.

Palabras clave

Enlace químico, libros de texto, educación secundaria básica, Argentina.

Abstract

The chemical bonding is a content that serves as a basis for understanding other chemistry topics. In this work we present an analysis of the insertion of the chemical bonding and other related topics in textbooks of Basic Secondary Education in Argentina. We examine the approach to the contents that are linked to this topic in a direct and complementary way. The sample is made up of seven textbooks from the most frequently used publishers in this context. The results obtained show that there are differences among the editorial proposals in relation to the content they address and the order in which they do so. We relate these results with the forms of sequencing proposed by different authors who previously investigated this problem in other contexts, concluding that a traditional approach is followed instead of promoting perspectives that allow a better visualization of the relationship of chemistry contents with daily life. This study can contribute to the process of selecting material by teachers, since it would allow them to evaluate the approach to the topic of chemical bonding in textbooks.

Keywords

Chemical bonding, textbooks, basic secondary education, Argentina.

¹ Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Argentina. <https://orcid.org/0009-0000-9162-4019>

² Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-0335-8986>

³ Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales. Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan. Argentina. <https://orcid.org/0000-0002-8047-0760>

Introducción

Muchas investigaciones han analizado los libros de texto desde diversas perspectivas, generando diferentes conocimientos sobre sus características y su impacto en la enseñanza de las ciencias (Ocelli y Valeiras, 2013). Uno de los aspectos considerados ha sido la secuenciación de contenidos debido a su influencia en el aprendizaje de los estudiantes. Las dimensiones analizadas involucraron tanto el orden de los contenidos, como su tratamiento y la estructura con que se presentan (Zuluaga Trujillo, 2013). En relación con la secuenciación, se busca que las presentaciones de temas científicos específicos sean auténticas y que, al mismo tiempo, sean relevantes y fáciles de comprender para los estudiantes (Tsaparlis, Pappa y Byers, 2019). Según Zuluaga Trujillo (2013), al analizar libros de texto de Química se detecta una propuesta de secuenciación tradicional en el abordaje de los temas bajo un criterio único de tipo deductivo que, aunque ofrece cierto orden en la presentación de contenidos, no necesariamente facilita el aprendizaje de estos. Esto daría lugar a la necesidad de generar otras lógicas, que permitan superar las dificultades asociadas a la forma de secuenciación tradicional.

En ciertos temas de Química, la secuenciación adquiere especial relevancia. Por ejemplo, el enlace químico conlleva dificultades de aprendizaje vinculadas con la secuencia en la que se enseñan los temas asociados, la cual recibe poco apoyo de las teorías constructivistas del aprendizaje (Dhindsa y Treagust, 2014). Es por ello que el abordaje del enlace químico en los libros de texto ha sido estudiado en diferentes contextos, aunque no aún con libros de circulación actual en Argentina. Uno de los estudios pioneros es el de De Posada (1999), quien examinó el tratamiento del enlace metálico en libros de texto españoles, hallando que en pocos se trataba la realidad de los iones y sus diferencias con los átomos. En estudios más contemporáneos, con libros de texto de Química del nivel secundario superior de Suecia, Bergqvist et al. (2013) analizaron la presentación de los modelos de enlace químico y su relación con las concepciones alternativas de los estudiantes y las dificultades de comprensión. Por otra parte, Moreno Martínez (2015) examinó en libros de ESO españoles cómo se presentan las clasificaciones y modelos que contribuyeron al estudio de las uniones químicas y cómo se aborda la historia de la química desde una perspectiva que relaciona la historia de la ciencia y la didáctica de las ciencias experimentales. También con los libros de texto de España, Caamaño (2016a) analizó la forma tradicional con que se presentan los conceptos de enlace químico y estructura de las sustancias y cómo son enseñados en las aulas, con el objetivo de realizar una propuesta de secuenciación didáctica para el aprendizaje del tema (Caamaño, 2016b). González Felipe (2017) efectuó un estudio del tratamiento del concepto de enlace químico, detectando que la falta de profundización al presentar este tema podría ser uno de los motivos de las dificultades de aprendizaje.

En Argentina, hemos detectado que no hay estudios previos sobre el tratamiento de este tema en libros de texto, ya que las investigaciones se circunscriben al análisis de las imágenes y las representaciones (Matus, Benarroch y Perales, 2008; Matus, Benarroch y Nappa, 2011) sin considerar la secuenciación de contenidos. En esta investigación nos preguntamos: ¿qué contenidos específicos se presentan y en qué orden se lo hace cuando se aborda el enlace químico?, y ¿qué contenidos complementan el abordaje? Esta investigación de corte cualitativo, que exponemos en este artículo, tiene como objetivo analizar el abordaje del enlace químico en una muestra de libros de texto de circulación actual en la Educación Secundaria Básica de Argentina.

Marco teórico

El concepto de enlace químico es inherentemente abstracto y complejo, pero es clave y fundamental para comprender otros contenidos de Química (Levy Nahum et al., 2010). Según González Felipe et al. (2017), el aprendizaje del concepto de enlace es básico “para que los alumnos comprendan y expliquen las propiedades físicas y químicas de las sustancias y la forma en la que se unen las partículas, así como la importancia que tiene esto en la síntesis de nuevos compuestos y su incidencia en la mejora de la calidad de vida” (p. 61). Para aprenderlo es necesario que los estudiantes estén familiarizados con los conceptos y reglas asociadas con los enlaces, tales como orbitales, electronegatividad, repulsiones de pares de electrones, polaridad y la ley de Coulomb (Tsaparlis, Pappa y Byers, 2019). Estos autores afirman que, aunque está ampliamente aceptado en la comunidad científica que los enlaces iónico, covalente y covalente polar son un continuo, los docentes de Química y los libros de texto suelen presentar esta información como tres tipos distintos de enlace.

En relación con la secuenciación con que se presenta este contenido en los libros de texto, Levy Nahum et al. (2008) afirman que se le suele dar un enfoque tradicional basado en motivos históricos que incluye simplificaciones y generalizaciones que se pueden convertir en impedimentos de aprendizaje. Hurst (2002) caracteriza la enseñanza tradicional del enlace químico, indicando que incluye primero la explicación de los tipos de enlace (iónico, covalente y metálico) por separado, sin conexión entre ellos y, luego, la justificación de las propiedades físicas de las sustancias. En este sentido, se considera que los libros de texto pueden ser una fuente de errores conceptuales cuando exponen modelos demasiado simplificados y una imagen limitada e incorrecta del enlace químico (Levy Nahum et al., 2010).

En contraposición con el enfoque tradicional, algunos autores han propuesto diferentes maneras de secuenciación de contenidos para este tema. Siguiendo un orden temporal, destacamos algunas investigaciones que presentan una secuenciación didáctica alternativa. Taber (2001) sugiere comenzar el estudio del enlace químico a partir de principios electrostáticos para que los estudiantes puedan relacionar los conceptos de polaridad de enlace, electronegatividad y enlace intermolecular. Así, plantea presentar los contenidos en el siguiente orden: enlace metálico, iónico y covalente. Levy Nahum et al. (2008) recomiendan que para evitar la división dicotómica entre los diferentes enlaces que establece el enfoque tradicional, se explique el enlace químico siguiendo el enfoque de abajo hacia arriba (*bottom-up approach*) en cinco etapas: átomo aislado, principios generales del enlace químico entre dos átomos, categorías tradicionales de enlace químico como casos extremos de varias escalas continuas, estructuras moleculares y propiedades de los materiales en función del tipo de enlace. Caamaño (2016b) plantea que, en primer lugar, se debe diferenciar estructura molecular y estructura gigante; luego, propone modelizar el enlace covalente, incluyendo el modelo y diagrama de Lewis, la clasificación de los enlaces covalentes, la polaridad y una predicción de la geometría y polaridad molecular; posteriormente, sugiere clasificar las sustancias sólidas según sus propiedades e hipotetizar sobre la estructura de las sustancias; seguidamente, plantea trabajar con la estructura y propiedades de las sustancias moleculares, las sustancias covalentes reticulares, las sustancias iónicas y las sustancias metálicas, para finalizar con una síntesis acerca del enlace químico. Benito Viloria (2021) destaca que hay que superar la enseñanza tradicional del enlace químico, y recomienda comenzar la unidad didáctica explicando las propiedades de sustancias de la vida diaria e ir relacionando estas con los diferentes tipos de enlace.

En síntesis, el recorrido realizado a través de las investigaciones sobre el abordaje de este tema muestra perspectivas sobre la enseñanza tradicional del enlace químico y algunas propuestas alternativas.

Metodología

Esta investigación de corte cualitativo intenta analizar la secuenciación de la presentación de contenidos sobre el enlace químico en una muestra de siete libros de texto de la Educación Secundaria Básica de circulación actual, editados o reeditados después de la última reforma educativa en Argentina (año 2006). Los mismos corresponden a las últimas ediciones disponibles al momento de la realización de esta investigación correspondientes a las editoriales más recomendadas por los docentes del área (Maturano, 2018). Ninguno de los ejemplares analizados es de distribución oficial o gratuita para todo el estudiantado por parte de organismos estatales ni de utilización obligatoria en las escuelas, por lo que su uso depende de la selección y decisión del docente disciplinar. En todos los casos, los libros de texto de la muestra están destinados a estudiantes del tercer año de la educación secundaria argentina, cuyas edades oscilan entre 14 y 15 años.

Presentamos en la Tabla 1 un detalle de los libros de texto de la muestra (LT), los códigos utilizados en adelante para identificarlos y el número correspondiente al capítulo analizado.

Código	Referencia bibliográfica	Capítulo
LT1	Balbiano, A., Deprati, A. M., Díaz, F. G., Franco, R., Iglesias, M. C. y Molinari Leto, N. (2021). <i>Física y Química 3. La materia: Su estructura y sus transformaciones: Los intercambios de energía. Santillana en línea</i> . CABA: Santillana.	3
LT2	Bosack, A., Taddei, F., Amado, D., Alberico, P. y Gleiser M. (2014). <i>Físicoquímica (3) ES. Huellas</i> . San Isidro: Estrada.	5
LT3	Calderón, S., Di Francisco, K., Macchi, D., Marino, D., Olazar, L. y Rodríguez Use, M. G. (2015). <i>Físico-química II</i> . Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Tinta Fresca.	5
LT4	Pochne, J. (2018). <i>Física y Química 3. Estructura atómica. Reacciones químicas y nucleares. Intercambios de energía</i> . Serie Savia. Buenos Aires: SM.	3
LT5	Schonholz, T., Bazo, R., Rubinstein, J., Parieti, E., Ipucha, C. (2017) <i>Física y Química: los intercambios de energía, la estructura atómica, las uniones químicas e intermoleculares, las reacciones químicas y nucleares</i> . Serie Avanza. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Kapelusz.	5
LT6	Cerdeira, S. y Elsinger, E. (2010). <i>Ciencias Naturales y Tecnología. EGB Tercer Ciclo 9</i> . Buenos Aires: Aique Grupo Editor.	2
LT7	Serrano, A., Edelsztejn, V., Rivas, L. y Alonso, J. (2017). <i>Físicoquímica 3. La naturaleza corpuscular de la materia. Las transformaciones de la materia. Los intercambios de energía</i> . Serie Llaves. Buenos Aires: Estación Mandioca.	3

Tabla 1. Muestra de libros de texto (LT).

En primer lugar, analizamos la secuenciación de contenidos tal como aparecen en el capítulo. Para esto, tuvimos en cuenta y adaptamos las categorías propuestas por González Felipe et al. (2017) en relación con los siguientes aspectos: si el LT dedica o no un capítulo al estudio del enlace químico, si incluye referencias históricas sobre avances en el tema y en

qué lugar del capítulo, si presenta los tipos de fórmulas químicas y en qué lugar del capítulo, si aborda las propiedades de las sustancias y si lo hace antes o después de presentar cada tipo de enlace químico, y con qué tipo de enlace inicia el estudio.

En segundo lugar, observamos la inclusión de contenidos acerca de los enlaces entre átomos. Los aspectos relevados se relacionan con: los tipos de enlace que trata, los conceptos a partir de los cuales explica la formación de enlaces, la clasificación de los enlaces covalentes, la inclusión de la teoría del octeto dada su vigencia (descartamos reportar acá el abordaje de teorías anteriores las cuales hemos considerado en el análisis histórico de la construcción del conocimiento del tema) y los tipos de fórmulas químicas que presenta.

En tercer sitio examinamos la inclusión de contenidos relacionados con los enlaces entre moléculas. Analizamos si aborda aspectos referidos a: las fuerzas intermoleculares, la geometría molecular en relación con la Teoría de Repulsión de los Pares de Electrones de Valencia (TRePEV), la geometría electrónica, y ejemplos de geometría electrónica y de geometría molecular.

Por último, relevamos qué contenidos complementarios se incluyen en relación con los enlaces químicos.

Resultados

En esta sección presentamos los resultados obtenidos al analizar los LT de la muestra teniendo en cuenta los aspectos señalados en la sección Metodología. En la Tabla 2 exponemos los resultados asociados a la secuenciación de contenidos. En la Tabla 3, mostramos el relevamiento de los aspectos referidos a la inclusión de contenidos sobre los enlaces entre átomos y en la Tabla 4 los relacionados con los enlaces entre moléculas. Finalmente, en la Tabla 5, presentamos los contenidos complementarios que, en ciertos casos, acompañan el abordaje. En dichas tablas, cada uno de los aspectos relevados se distingue usando diferentes escalas de grises.

Categorías de análisis	Código de libros						
	LT1	LT2	LT3	LT4	LT5	LT6	LT7
Dedica un capítulo al estudio del enlace químico	x	x	x	x	x	x	x
Aborda el enlace químico en un capítulo cuyo tema central es más amplio							
Presenta, al comenzar el capítulo, referencias históricas sobre avances en la comprensión de los enlaces químicos		x	x				
Presenta, a lo largo del capítulo, referencias históricas sobre avances en la comprensión de los enlaces químicos	x	x	x	x			x
No presenta referencias históricas sobre avances en la comprensión de los enlaces químicos					x	x	
Presenta tipos de fórmulas químicas antes de abordar los enlaces en el capítulo	x					x	

TABLA 2. Análisis de los LT en relación con la secuenciación de contenidos a través de una adaptación de las categorías de González Felipe et al. (2017).

Presenta tipos de fórmulas químicas a medida que va abordando los enlaces a lo largo del capítulo			x	x			
Presenta tipos de fórmulas químicas al final del capítulo		x					x
No presenta tipos de fórmulas químicas en el capítulo					x		
Aborda las propiedades de las sustancias y a continuación los diferentes enlaces que presentan							
Aborda los tipos de enlace y a continuación presenta las propiedades de las sustancias para cada uno		x	x	x	x	x	x
No aborda las propiedades de las sustancias en el capítulo	x						
Inicia el estudio de los tipos de enlace presentándolos y luego abordando cada uno en detalle				x			x
Inicia el estudio de los tipos de enlace con el enlace iónico	x	x	x		x	x	
Inicia el estudio de los tipos de enlace con el enlace covalente							
Inicia el estudio de los tipos de enlace con el enlace metálico							

Como se observa en la Tabla 2, todos los LT de la muestra dedican un capítulo al enlace químico. Al analizar la inclusión de referencias históricas sobre los avances en la comprensión de los enlaces químicos, encontramos que LT2 y LT3 lo realizan al comienzo del capítulo, como así también a lo largo del desarrollo del tema. LT1, LT4 y LT7 abordan las referencias históricas a lo largo del capítulo, mientras que LT5 y LT6 no mencionan este aspecto. En torno a si presentan tipos de fórmulas químicas, observamos que LT1 y LT6 las abordan antes de los enlaces, LT3 y LT4 lo hacen a medida que se trata el tema, LT2 y LT7 al final del capítulo, en tanto que LT5 no las trata. La mayoría de los LT de la muestra aborda los tipos de enlace y a continuación presentan las propiedades de las sustancias para cada uno, a excepción de LT1 que es el único que no lo hace. Notamos que ninguno de los LT comienza presentando las propiedades de las sustancias para luego tratar los tipos de enlace. En cuanto a conocer si inicia el estudio de los tipos de enlace presentándolos para luego abordar cada uno en detalle, LT4 y LT7 utilizan esta forma de presentación, distinguiéndose de LT1, LT2, LT3, LT5 y LT6 que inician el estudio con el enlace iónico. Cabe destacar que ninguno de los LT analizados comienza el abordaje del tema con el enlace covalente ni con el enlace metálico.

Categorías de análisis	Código de libros						
	LT1	LT2	LT3	LT4	LT5	LT6	LT7
Aborda los enlaces químicos iónico, covalente y metálico	x		x	x	x	x	x
Aborda solamente los enlaces químicos iónico y covalente		x					
Explica la formación de enlaces en términos de electronegatividad	x	x	x	x	x		x
Explica la formación de enlaces a partir de electrones de valencia	x	x	x	x	x	x	x
Explica la formación de enlaces a partir de números de oxidación		x	x	x			
Clasifica los enlaces covalentes según sean polares y no polares	x		x	x	x	x	x
Clasifica los enlaces covalentes según sean simples, dobles y triples		x	x	x		x	x
Incluye el abordaje del enlace covalente coordinado o dativo		x		x	x		
Incluye la teoría del octeto	x	x	x	x	x	x	x
Presenta la fórmula electrónica o de Lewis	x	x	x	x	x	x	x
Presenta la fórmula química mínima o empírica	x	x				x	x
Presenta la fórmula química molecular	x	x	x			x	x
Presenta la fórmula química desarrollada		x	x	x		x	x

TABLA 3. Análisis de los LT en función de la inclusión de contenidos acerca de los enlaces entre átomos.

En la Tabla 3, en primer lugar, encontramos cuáles son los tipos de enlace químico que abordan. La mayoría (LT1, LT3, LT4, LT5, LT6 y LT7) tratan los tres tipos de enlace (iónico, covalente y metálico), mientras que LT2 no considera el metálico. Luego, analizamos qué conceptos utilizan para explicar los enlaces químicos y encontramos que algunos justifican esto en términos de diferencia de electronegatividad, a partir de los electrones de valencia y usando el concepto de número de oxidación (LT2, LT3 y LT4). En tres casos fundamentan cada enlace utilizando dos de estos conceptos (LT1, LT5 y LT7), mientras que el libro restante (LT6) explica a partir de los electrones de valencia. Cabe destacar que todos los LT analizan el comportamiento de los electrones de valencia. Por otra parte, consideramos la clasificación en relación con los tipos de enlace covalente. Todos los libros, a excepción de LT2, clasifican los enlaces covalentes en polares y no polares. La mayoría de estos (LT2, LT3, LT4, LT6 y LT7) clasifican los enlaces covalentes según sean simples, dobles o triples. Solamente LT2, LT4 y LT5 abordan el enlace covalente coordinado o dativo. En relación con las teorías que explican los enlaces químicos, encontramos que todos los LT tratan la teoría del octeto en forma explícita. Por último, notamos diferencias en los tipos de fórmulas químicas que cada LT aborda como modos de representar una sustancia. Tres libros (LT2, LT6 y LT7) presentan las fórmulas electrónicas o de Lewis, mínima o empírica, molecular y desarrollada. Tres tratan algunas de estas (LT1, LT3 y LT4), mientras que LT5 se limita solo a la fórmula de Lewis.

TABLA 4. Análisis de los LT en función de la inclusión de contenidos relacionados con los enlaces entre moléculas en el mismo capítulo.

Categorías de análisis	Código de libros						
	LT1	LT2	LT3	LT4	LT5	LT6	LT7
Aborda las fuerzas intermoleculares			x		x	x	
Aborda la geometría molecular en relación con la TRePEV	x	x	x	x	x		x
Aborda la geometría electrónica y presenta ejemplos (geometría lineal, plana trigonal, tetraédrica, entre otros)	x	x	x	x	x		x
Presenta formas de geometría molecular (lineal, angular, plana triangular, piramidal, entre otras)	x	x	x	x	x		x

En la Tabla 4, observamos que tres libros (LT3, LT5 y LT6) se dedican a profundizar los enlaces abordando las fuerzas intermoleculares. En cuanto a la geometría de las moléculas, encontramos que la mayoría tratan el tema en el capítulo analizado (LT1, LT2, LT3, LT4, LT5 y LT7). Estos se presentan los postulados de la TRePEV. Por último, cabe afirmar que estos mismos libros incluyen ejemplos tanto de geometría electrónica como molecular.

TABLA 5. Análisis de los LT en función de la inclusión de contenidos complementarios relacionados con el tema en el mismo capítulo.

Categorías de análisis	Código de libros						
	LT1	LT2	LT3	LT4	LT5	LT6	LT7
Formación de compuestos binarios	x	x	x		x		x
Formación de compuestos ternarios			x		x		
Reacciones redox				x			
Soluciones y solubilidad			x		x		

En la Tabla 5, notamos que cinco libros (LT1, LT2, LT3, LT5 y LT7) tratan la formación de compuestos binarios y dos de estos (LT3 y LT5), además, presentan los compuestos ternarios. Otros temas complementarios son las reacciones redox, abordadas en LT4, y los conceptos de soluciones y solubilidad, que figuran en el mismo capítulo que el enlace químico en LT3 y LT5.

Reflexiones finales

La investigación realizada nos ha permitido responder las preguntas que nos formulamos sobre los contenidos específicos que se presentan, el orden que se sigue y los contenidos que complementan el abordaje cuando se trata el enlace químico en libros de texto argentinos actuales de educación secundaria básica.

En relación con los contenidos específicos, la regularidad detectada es que en todos los LT analizados se expone la teoría del octeto y la explicación de los enlaces en términos de electrones de valencia. En la mayoría de los LT, se abordan los tres tipos de enlace explicándolos mediante el concepto de electronegatividad, se incluye el uso de diferentes fórmulas químicas y se presentan algunas propiedades de las sustancias para cada tipo de enlace. También, la mayoría de los LT tratan temas asociados a la geometría molecular y geometría electrónica.

Con respecto al orden de abordaje, hallamos uniformidad en el hecho de que los LT dedican un capítulo especial al enlace químico. Una de las regularidades encontradas en las formas en que organizan los capítulos se relaciona con el orden de presentación de los tipos de enlace, que comienza con el enlace iónico, sigue con el covalente y termina con el metálico. Otra regularidad está en el orden en que se exponen las propiedades de las sustancias para cada tipo de enlace que, cuando se abordan, se lo hace luego de presentar cada enlace. Encontramos que, cuando los LT incluyen referencias históricas asociadas a la construcción del conocimiento científico, lo hacen al comienzo del capítulo y/o mientras se tratan los contenidos. También detectamos gran diversidad en el orden de presentación de las fórmulas químicas en relación con los enlaces. La coexistencia de una variedad de enfoques detectada en esta investigación ya ha sido relevada en otros contextos educativos (González Felipe, 2017; Benito Viloria, 2021).

Al comparar estos resultados con los estudios relevados en el Marco Teórico, se pone de manifiesto una secuenciación tradicional, tanto en el orden en que se abordan los distintos tipos de enlace como en la presentación de las propiedades de las sustancias. En todos los LT inician el estudio con el enlace iónico, discrepando con las propuestas de Taber (2001) que sugiere el orden metálico, iónico y covalente, y de Caamaño (2016b) que propone el orden covalente, iónico y metálico. También, señalamos los hallazgos referidos al lugar de tratamiento de las propiedades que en todos los LT analizados se presenta a continuación de cada tipo de enlace siguiendo un enfoque tradicional, lo que contradice lo sugerido en estudios recientes (Benito Viloria, 2021) que intentan acercar a los estudiantes a las propiedades de las sustancias para luego explicar los enlaces con el fin de visualizar mejor las conexiones de la Química con la vida cotidiana.

En relación con la inclusión de contenidos complementarios se destaca la formación de compuestos binarios y ternarios por su vinculación directa con el enlace químico. La propuesta de los LT de temas asociados es variada, incluyendo alternativamente las reacciones redox, soluciones y solubilidad.

Estos resultados nos llevan a reflexionar especialmente acerca de la secuenciación de los contenidos por su influencia en el aprendizaje (Zuluaga Trujillo, 2013). Los LT analizados siguen un enfoque tradicional en la secuenciación de los contenidos sobre el enlace químico, lo que, según Benito Viloria (2021), dificultaría su comprensión y aprendizaje al tratarse de un concepto muy abstracto. Según esta autora, cualquiera sea la secuencia que se adopte, es fundamental que los estudiantes comprendan que las interacciones electrostáticas más o menos fuertes dependen de la configuración electrónica de los elementos que se unen y que no hay límites estrictos entre cada tipo de enlace.

A modo de síntesis, consideramos que el aprendizaje de este tema se facilitaría si se partiera desde la experiencia cotidiana de los estudiantes para favorecer la vinculación con la vida diaria, por lo que sugerimos que el docente ordene y adapte la secuencia de abordaje los contenidos que presentan los libros de texto, teniendo en cuenta los conocimientos previos del grupo de estudiantes e intentando establecer en todo momento conexiones significativas con su entorno. Estas consideraciones implican seleccionar y ordenar los contenidos para que sean significativos y fáciles de comprender, para que haya una complejidad creciente y que el abordaje no conduzca a dificultades conceptuales. Coincidimos con autores citados al comienzo de este artículo, quienes proponen que se abandone la secuenciación deductiva tradicional para concebir nuevas organizaciones que

partan de lo conocido y ya aprendido, que en vez de transitar un recorrido de lo general a lo particular, promuevan una construcción significativa tanto desde el punto de vista de la ciencia como desde su importancia sociocultural (Zuluaga Trujillo, 2013). La superación del orden tradicional puede hacerla el docente reorganizando los contenidos en un formato más fácil de aprender que enfatice el uso de la electronegatividad y el solapamiento de orbitales atómicos para todo tipo de enlace, como proponen Dhinsa y Treagust (2014). Además, a partir de la investigación realizada, consideramos la necesidad de que el docente haga transitar a los estudiantes, por un lado, una lógica que muestre la ciencia como construcción y no como un conjunto de conceptos consolidados y, por otro lado, que ponga en evidencia las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

Este estudio puede contribuir en el proceso de selección del material de trabajo por parte de los docentes, ya que les permitiría evaluar el planteamiento del tema en los libros de texto. Consideramos que un contenido tan relevante como el enlace químico requiere continuar profundizando en el análisis del abordaje que se hace en los libros de texto en otros contextos e invita a realizar futuras investigaciones.

Referencias

- Benito Vilorio, C. (2021). *Enseñanza-aprendizaje del enlace químico en 2° de Bachillerato*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias. Universidad de Valladolid.
- Bergqvist, A., Drechsler, M., De Jong, O. y Rundgren, S. (2013). Representations of chemical bonding models in school textbooks-help or hindrance for understanding? *Chemistry Education Research and Practice*, 14, 589-606. <https://doi.org/10.1039/C3RP20159G>
- Caamaño A. (2016a). Un enfoque para vencer errores y ambigüedades. Enlace químico y estructura de las sustancias en secundaria. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 86, 8-18.
- Caamaño, A. (2016b). Secuenciación didáctica para el aprendizaje de los modelos de enlace. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 86, 39-45.
- De Posada, J. M. (1999). The presentation of metallic bonding in high school science textbook during three decades: science educational reforms and substantive changes of tendencies. *Science Educations*, 83(4), 423-447.
- Dhinsa, H. S. y Treagust, D. F. (2014). Prospective pedagogy for teaching chemical bonding for smart and sustainable learning. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 435-446. <https://doi.org/10.1039/C4RP00059E>
- González Felipe, M. E. (2017). *El Enlace Químico en la Educación Secundaria. Estrategias didácticas que permitan superar las dificultades de aprendizaje*. Tesis doctoral. Departamentos de Química, Física y Pedagogía. Facultad de Educación Universidad de Castilla-La Mancha.
- González Felipe, M. E., Aguirre Pérez, C., Cortes Simarro, J. M., Fernández, R. y Vázquez, A. M. (2017). Estudio del tratamiento del enlace químico en los libros de texto españoles. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 19(3), 60-72. <https://doi.org/10.24320/redie.2017.19.3.1184>

- Hurst, M. O. (2002). How we teach molecular structure to freshmen. *Journal of Chemical Education*, 79(6), 763. <https://doi.org/10.1021/ed079p763>
- Levy Nahum, T., Mamlok-Noaman, R., Hofstein, A. y Kronik, L. (2008). A new “bottom-up” framework for teaching chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 85(12), 1680-1685. <https://doi.org/10.1021/ed085p1680>
- Levy Nahum, T., Mamlok-Noaman, R., Hofstein, A. y Taber, K. (2010). Teaching and learning the concept of chemical bonding. *Studies in Science Education*, 46(2), 197-207. <https://doi.org/10.1080/03057267.2010.504548>
- Maturano, C. (2018). *El manual escolar en la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales*. Tesis doctoral. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Cuyo.
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales, F. J. (2008). Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria: análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 153-176.
- Matus, L., Benarroch, A. y Nappa, N. (2011). La modelización del enlace químico en libros de texto de distintos niveles educativos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 10(1), 178-201.
- Moreno Martínez, L. (2015). Enlazando didáctica e historia de la ciencia: clasificaciones y modelos de las uniones químicas en los libros de texto de física y química de secundaria (2007-2016). *Educación Química EduQ*, 21, 45-53.
- Occelli, M. y Valeiras, N. (2013). Los libros de texto de ciencias como objeto de investigación: una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 31(2), 133-152.
- Taber, K. (2001). Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(2), 123-158.
- Tsaparlis, G., Pappa, E. T. y Byers, B. (2019). Proposed pedagogies for teaching and learning chemical bonding in secondary education. *Chemistry Teacher International*, 2(1), 1-14. <https://doi.org/10.1515/cti-2019-0002>
- Zuluaga Trujillo, C. (10 - 14 de noviembre de 2013) *El criterio lógico tras la secuenciación de contenidos en los libros de texto de química: dificultades y consideraciones*. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, IX ENPEC Águas de Lindóia, São Paulo, Brazil.