



## Enlace químico: representaciones en Textos Escolares Chilenos

Sandra Olivia Williams Pinto<sup>1</sup> y Francisco González-García<sup>2</sup>

Recepción: 2019-09-22

Aceptación: 2020-07-22

### Resumen

En este trabajo se analizan las imágenes sobre el enlace químico covalente, iónico y metálico presentes en libros de texto chilenos. Este trabajo hace un aporte en el análisis de libros de texto desde un enfoque descriptivo en función de las representaciones semióticas que proponen los textos escolares en Chile. Se analizan un total de 10 libros publicados entre los años 2010 a 2016, cinco libros del nivel de octavo año de enseñanza básica y cinco libros de primer año de enseñanza media. En el análisis se han utilizado cinco criterios de estudio. En relación a la función de la secuencia didáctica apreciamos que los textos continúan planteando un modelo de ciencia rígido y dogmático, además no se evidencia aspectos relacionados con la interpretación y problematización en las imágenes. En el grado de iconicidad la tendencia es incorporar símbolos normalizados. La funcionalidad de las imágenes es de carácter sintáctica y la relación entre el texto y la imagen es connotativa, quedando a interpretación del lector esa relación. Las etiquetas verbales son meramente nominativas, careciendo de aportes significativos para interpretar la imagen.

### Palabras clave

Imágenes, enlace químico, libros de texto.

### *Chemical bond: representations in Chilean School Texts*

### Abstract

In this work the images on the covalent, ionic and metallic chemical bond present in Chilean textbooks are analyzed. This study makes a contribution in the analysis of textbooks from a descriptive approach based on the semiotic representations proposed by school texts in Chile. A total of 10 books published between 2010 and 2016, five books of the eighth year of basic education and five books of first year of secondary education are analyzed. In the analysis five study criteria have been used. In relation to the function of the didactic sequence, we appreciate that the texts continue to propose a rigid and dogmatic science model, and aspects related to interpretation and problematization in the images are not evidenced. In the degree of iconicity the tendency is to incorporate standardized symbols. The functionality of the images is of a syntactic nature and the relationship between the text and the image is connotative, with the reader interpreting that relationship. Verbal labels are merely nominative, lacking significant contributions to interpret the image.

### Keywords

Images, chemical bond, textbooks.

<sup>1</sup>Estudiante de Programa de Doctorado de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada. Profesora de Química y Ciencias Naturales, Licenciada en Química, Químico Marino. Correo: [sandrawilliams@gmail.com](mailto:sandrawilliams@gmail.com)

<sup>2</sup>Doctor en Biología. Profesor Titular de la Universidad de Granada. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Granada, España.

## Introducción

En Chile encontramos investigaciones sobre libros de texto enfocadas hacia el discurso narrativo, la evolución histórica, o las actividades propuestas. Para materias de lenguaje y ciencias sociales (Pereira y González, 2011; Espinoza, 2012; Pinuer y Oteiza, 2016; Díaz-Levicoy y Cezón, 2017) evidencian la importancia que tienen los textos en el proceso educativo en Chile y la mala calidad de los mismos. Ortúzar (2011) señala que la calidad de los libros de texto ha mejorado en los últimos años, aunque se está lejos de alcanzar un buen nivel. Soaje y Orellana (2013) indican que existen pocos avances en la calidad de los textos de diversas materias de las ciencias sociales, publicados entre 2000 y 2010, mostrando deficiencias importantes al ser comparados con textos de las mismas áreas de otros países. El Ministerio de Educación de Chile, desde 2008, ha impulsado procesos de revisión técnica de los textos, sin embargo sentimos que quedan por evaluar aspectos más específicos en campos como la enseñanza-aprendizaje de las ciencias, donde hay una escasa presencia de análisis de textos nacionales. Merino, Vargas, Bernal, Nilo, Quiroz, Arellano y Castillo (2017), en un estudio sobre imágenes de estereoisomería, plantean la necesidad de revisar los criterios de las actividades de enseñanza-aprendizaje que se muestran en textos de química orgánica.

## Marco teórico

Las imágenes representan un papel importante en la enseñanza de la Química. La Química es una ciencia altamente simbólica que utiliza diferentes tipos de imágenes y modelos para representar sus objetos de estudio. El enlace químico representa uno de los conceptos básicos en la enseñanza y aprendizaje de la Química. Sobre este concepto se fundamentan muchos contenidos, aunque tiene un elevado grado de abstracción y no es perceptible a través de los sentidos.

Lemke (2006) incide en la importancia de las representaciones visuales para el aprendizaje. En la Química estas representaciones forman parte del lenguaje simbólico de esta ciencia y permiten visualizar lo invisible. Los modelos químicos, como el modelo atómico, permiten explicar conceptos como el átomo, el enlace químico o la estructura de las moléculas (Izquierdo y Aliberas, 2004; Chamizo, 2006). El alumnado construye su conocimiento sobre el enlace químico a partir de las ideas que provienen tanto de los libros como del discurso del docente (Caamaño, 2003). Esta construcción en el discurso escolar del concepto de enlace químico no está exenta de problemas pues debe integrar diferentes niveles estructurales, desde el atómico hasta la explicación de las propiedades de las sustancias (Caamaño, 2016, 2019). En el aprendizaje de la Química, Johnstone (1991) indica que existen tres tipos de representaciones: las macroscópicas, las microscópicas y las simbólicas. Al nombrar químicamente una sustancia, en el lenguaje simbólico, hacemos referencia a su estructura y composición. Estas interrelaciones no son nada fáciles de comprender por el alumnado (Chamizo, 2005), por lo cual se hace necesario el uso de distintas imágenes y representaciones didácticas para su enseñanza (Matus, Benarroch y Perales, 2008).

Los textos escolares, como recurso didáctico, son parte esencial del contexto formal de enseñanza dada la gran cantidad de docentes que los utilizan en el quehacer diario del aula (Dobaño y Rodríguez, 2008; Perales y Vilchez, 2012). Los libros de texto presentan tanto el contenido como la orientación del plan de estudios, y no cabe duda que en muchos países el libro de texto de química es el recurso más usado por los profesores (Souza y Porto, 2012).

Perales y Jiménez (2002) analizan la presencia de las imágenes en los libros de texto en base a cinco elementos de estudio: (a) Función de la secuencia didáctica: para qué se emplean

las imágenes en los pasajes del texto en que se sitúan (b) Iconicidad: de la fotografía realista al símbolo normalizado (c) Relación con el texto principal: Referencias mutuas entre el texto e imagen (d) Funcionalidad: ¿qué se puede hacer con las imágenes? (e) Etiquetas verbales: textos incluidos dentro de las ilustraciones.

Para la función de la secuencia didáctica de la imagen, se proponen seis categorías: (1) evocación: "hace referencia a un hecho cotidiano o concepto que se supone conocido por el alumno"; (2) definición: "se establece el significado de un término nuevo en su contexto teórico"; (3) aplicación: "es un ejemplo que extiende o consolida una definición"; (4) descripción: "se refiere a hechos no cotidianos que se suponen desconocidos por el lector y que permiten aportar un contexto necesario; (5) interpretación: "son pasajes explicativos en los que se utilizan los conceptos teóricos para describir las relaciones entre acontecimientos experimentales" y (6) problematización, "se plantean interrogantes no retóricas que no pueden resolverse con los conceptos ya definidos, cuya finalidad es incitar a los alumnos a poner a prueba sus ideas".

En relación al grado de iconicidad, Matus *et al.* (2008) plantean ajustes para su adaptación al contenido específico del Enlace Químico. Así consideran dibujos figurativos con signos para el modelo de mar de electrones, redes iónicas y niveles electrónicos. Para la descripción en signos normalizados incluyen las representaciones de Lewis, diagramas de rayas, moléculas y gráficos. Y por último para los dibujos esquemáticos más signos incluyen modelos de cuñas, orbitales atómicos, moleculares, híbridos y distribución de los electrones en estos.

En la relación de la imagen con el texto, indican que la función de la imagen es explicar el texto, completarlo, decorarlo o inducir efectos estéticos en el lector. Perales y Jiménez (2002) establecen tres formas de relacionarse el texto con las imágenes (de menor a mayor relación): connotativa, "el texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la ilustración; denotativa, "el texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados"; y sinóptica: "el texto establece la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados, el texto y la imagen están dentro de una misma idea". Estas categorías son similares a las que describen Otero y Greca (2004) como asociativa, descriptiva e interactiva.

Perales y Jiménez (2002), en relación a la funcionalidad de la imagen de las ilustraciones, proponen tres categorías: inoperantes, no aportan ningún elemento utilizable; operativo elemental, contienen elementos de representación universal y sintáctica, contienen elementos cuyo uso exige el conocimiento de normas específicas. Otros autores hablan de funciones de ornamentación, ilustración y motivación (Otero y Greca, 2004).

La etiqueta verbal es el mensaje de texto que acompaña a la imagen, ya sea superpuesto a la misma o de modo adjunto, como los pies de figura presentes en las ilustraciones. Perales y Jiménez (2002) diferencian entre imágenes que no poseen ningún mensaje, es decir sin etiquetas; las nominativas que pueden tener letras o palabras que identifican algunos elementos de la ilustración; y relacionales, textos que describen relaciones entre los elementos de la ilustración.

La correcta utilización de imágenes en los libros de texto de ciencias puede ayudar a favorecer la comprensión de sus contenidos, tanto específicos de la materia de estudio, como en general favorecer la capacidad cognitiva y la comprensión lectora (Mayer, 2008; Ge, Unsworth, Wang y Chang, 2018). Las imágenes presentes en los textos apoyan la construcción de los modelos mentales por parte del alumnado y se ha planteado su importancia para la enseñanza de otros conceptos químicos, tal como el equilibrio químico (Raviolo, 2016, 2019).

La investigación sobre los libros de texto es compleja, sin embargo en los textos se encuentra el desarrollo del currículo de las distintas disciplinas y representa una fuente de aprendizaje para

el alumnado. Es por ello que ante esta innegable realidad nos hemos planteado como objetivo realizar un estudio exploratorio y descriptivo de los libros de texto de Química más utilizados por el alumnado de Octavo Año de Enseñanza Básica y Primer Año de Enseñanza Media entre los años 2010 a 2016, considerando el capítulo referido al enlace químico covalente, iónico y metálico. Se pretende identificar los posibles conflictos semióticos que presenten los libros de textos analizados y analizar su idoneidad didáctica a la luz de las investigaciones pedagógicas y didácticas previas.

## Metodología

Para el análisis de los textos se trabajó con un enfoque descriptivo-exploratorio, dada la escasa literatura que hemos encontrado que aborde el análisis de las imágenes en los textos escolares de ciencia utilizados en Chile. En el análisis se consideró una muestra de 5 textos de Octavo Básico de Ciencias Naturales y 5 textos de Química del Primer año de Enseñanza Media de diferentes editoriales. Los textos elegidos corresponden entre los años 2010 y 2016. Se utilizaron textos en formato papel, para no depender del formato digital. El listado de textos se muestra en la tabla 1.

Libro (LT)	Nombre	Editorial/Año edición
1	Puentes del Saber Química Ciencias Naturales 8°Básico	Santillana del Pacífico S.A./ 2014
2	Ciencias Naturales 8° Educación Básica	Santillana del Pacífico S.A./ 2014
3	Ciencias Naturales 8 Educación Básica	Santillana del Pacífico S.A./ 2010
4	Ciencias Naturales Química 8°básico Todos Juntos	Ediciones SM/ 2016
5	Sé Protagonista- Ciencias Naturales. (8° Básico)	Ediciones SM/ 2010
6	Química Ciencias Naturales 1°Medio	Ediciones SM/ 2010
7	Química Educación Media 1, Bicentenario.	Santillana del Pacífico S.A./ 2010
8	Química 1 Año Medio	Cal y Canto/ 2010
9	Química 1°Medio, Puentes del Saber	Santillana del Pacífico S.A./ 2014
10	Química 1 Año Medio	Mc Graw Hill Education/ 2013

Tabla 1. Libros de texto analizados

El criterio de selección de los libros se realizó considerando los textos escolares que están a la venta en Chile y aquellos libros entregados por el Ministerio de Educación. Se consideró para el estudio las imágenes sobre el enlace iónico, covalente y metálico.

El parámetro estadístico utilizado para comparar los distintos textos entre sí es la probabilidad simple,  $P_{(a)}$ , con que se produce un evento asociado a cierta función. Este valor se obtiene dividiendo la frecuencia de cada evento,  $f_{(a)}$ , es decir el número de veces que se presenta, entre el total de las unidades de secuencia ( $N$ ), según la siguiente expresión:

$$P_{(a)} = \frac{f_{(a)}}{N}$$

Se completó una planilla con los datos recogidos del análisis de las representaciones semióticas.

Las categorías (y subcategorías) de estudio utilizadas en el análisis de los libros son los propuestos por Perales y Jiménez (2002) para la función de la secuencia didáctica, la funcionalidad de la imagen, la relación de la imagen con el texto y las etiquetas verbales. Para el grado de iconicidad se consideraron las adaptaciones realizadas por Matus *et al.* (2008).

## Resultado y discusión

Comentamos los resultados más significativos, presentes como tendencias generales al conjunto de los libros de texto, sin entrar en consideraciones particulares de cada texto de estudio. Como se aprecia en la tabla 2, el número de imágenes en los textos de Primero medio es mayor y se dedican más imágenes al enlace covalente, con ausencia del enlace metálico en algún caso.

Tabla 2. Cantidad de imágenes de los enlaces químicos presentes en los textos.

Libros 8° Básico	Número de imágenes del enlace			Libros 1° Medio	Número de Imágenes del enlace		
	Covalente	Iónico	Metálico		Covalente	Iónico	Metálico
1	3	2	1	6	13	7	3
2	2	1	0	7	5	2	2
3	2	3	0	8	17	4	2
4	7	3	1	9	8	8	8
5	10	7	6	10	17	8	3

Los resultados obtenidos en el análisis de los libros de texto (en adelante LT) de 8° año de Enseñanza Básica en las distintas categorías, se observan en la figura 1(A-E).

La Función de la secuencia didáctica en los libros de 8° básico, figura 1A, mayoritariamente se encuentra en las subcategorías de definición y aplicación, y en menor medida para descripción.

En la aplicación se hace referencia a ejemplos que permiten mostrar otros compuestos que presentan este tipo de enlace. Nos llama la atención que la propuesta del texto no invita al estudiante a plantearse situaciones, desafíos y tratar de dar respuestas a cuestiones a partir de conocimiento adquiridos previamente (interpretación o problematización).

En relación al grado de iconicidad, figura 1B, se observa una marcada tendencia a la incorporación de dibujos figurativos más signos (del tipo niveles electrónicos, redes iónicas, modelo mar de electrones y bolas y varillas). En textos argentinos, Matus (2009) encontró que para alumnado de 12 años las imágenes utilizaban mayoritariamente modelos de bolas.

La presencia en todos los libros de modelos de niveles electrónicos exige un conocimiento de la configuración electrónica de los elementos por parte del alumnado. No ocurre en los textos argentinos, donde el propósito parece ser las reacciones químicas o las sustancias químicas, usando modelos evocadores de la realidad (Matus, 2009). Hacemos notar la escasa presencia de signos normalizados (diagramas de rayas, estructuras de Lewis).

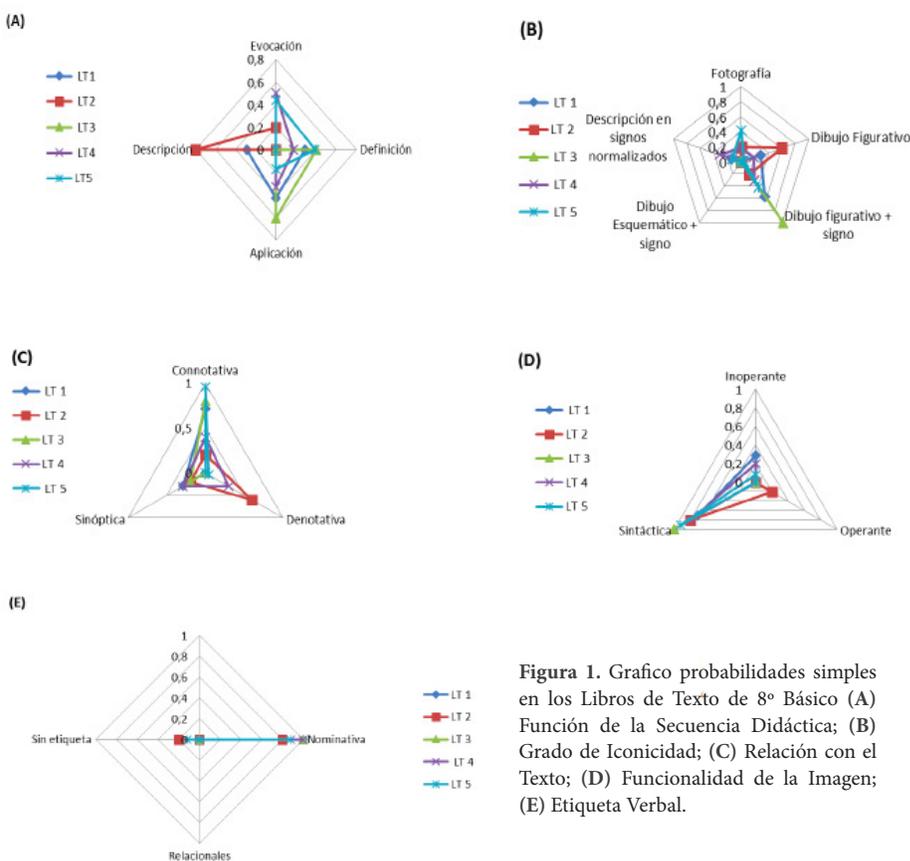


Figura 1. Grafico probabilidades simples en los Libros de Texto de 8° Básico (A) Función de la Secuencia Didáctica; (B) Grado de Iconicidad; (C) Relación con el Texto; (D) Funcionalidad de la Imagen; (E) Etiqueta Verbal.

En la figura 1C se evidencia que en relación con el texto principal predomina la forma connotativa, no se establece una clara relación entre el texto y las imágenes, con lo que se dificulta la comprensión para el estudiante; es él mismo quien debe establecer estas relaciones. Lo anterior es complejo, ya que las ilustraciones remiten a conceptos abstractos y se dificulta su entendimiento para el alumnado que aún no han desarrollado un pensamiento formal. De acuerdo con Otero y Greca (2004) la imagen queda como un elemento ilustrativo.

La funcionalidad que cumple la imagen en el texto, figura 1D, es sintáctica, es decir se exige que el estudiante tenga conocimientos específicos respecto de los temas abordados.

En la figura 1E se muestra que la mayoría de las etiquetas verbales son de tipo nominativo. Raviolo (2019), indica que muchas veces el estudiante se queda con una mirada superficial de la imagen, ya que no posee el conocimiento de la información implícita, y no logra comprender la importancia de la etiqueta.

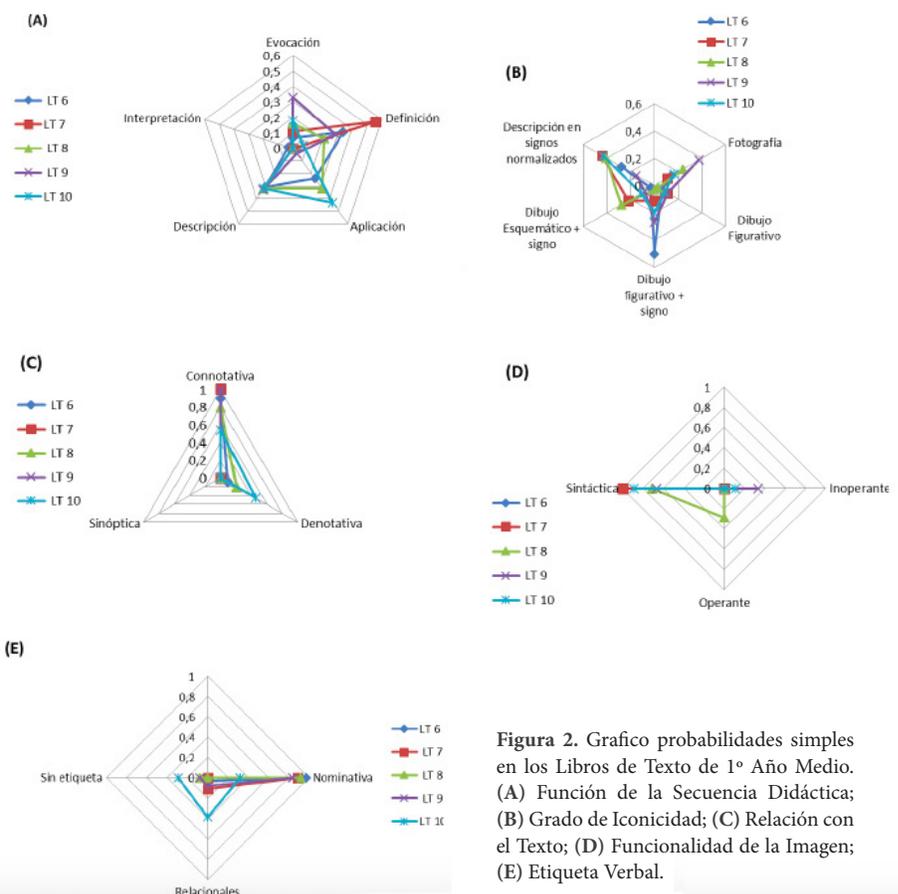
En relación a los resultados obtenidos en el análisis de los libros de texto (LT) de 1° año de Enseñanza Media en las distintas categorías, los resultados se resumen en la figura 2 (A-E).

En la figura 2A encontramos para la función de la secuencia didáctica las categorías definición, descripción y aplicación de forma mayoritaria. La definición está asociada a entregar un significado de un concepto nuevo en este contexto teórico. La descripción se utilizó para favorecer la comprensión de esta definición, por ejemplo al detallar descriptivamente como ocurre la formación de un enlace a partir de modelos electrónicos. La aplicación, la cual en la mayoría de los casos, se presenta para asociar los conceptos con elementos de la vida cotidiana, por ejemplo la sal o cloruro de sodio que se utiliza en los hogares. Nuestros resultados coinciden con el análisis de Matus (2009) en textos argentinos para alumnado de 15 años. Las imágenes inciden, por tanto, con un discurso expositivo.

En la figura 2B se muestran los resultados sobre el grado de iconicidad, el cual es variado y con diferentes grados de abstracción, mayor que para los textos de octavo básico. Se encuentra dibujo figurativo más signos (niveles electrónicos y redes iónicas), y además descripción con signos normalizados, principalmente estructuras de Lewis. Resultados concordantes con los de Matus (2009) para su alumnado de 15 años. La variedad de modelos presentados puede ocasionar un aumento en la

dificultad de comprensión de estos, ya que el autor supone que se conoce y maneja la simbología utilizada. A este nivel se aprecia la gran cantidad de representaciones simbólicas utilizadas por la química (Matus *et al.* 2008; Raviolo, 2016, 2019).

La relación con el texto principal, figura 2C, es marcadamente connotativa, no se establece una relación explícita entre la imagen y el texto.



**Figura 2.** Grafico probabilidades simples en los Libros de Texto de 1° Año Medio. (A) Función de la Secuencia Didáctica; (B) Grado de Iconicidad; (C) Relación con el Texto; (D) Funcionalidad de la Imagen; (E) Etiqueta Verbal.

La gran mayoría de las imágenes poseen etiquetas nominativas, figura 2E, se refiere a letras o palabras que identifican los elementos de la ilustración, sólo dos textos presentan etiquetas relacionales (describen las relaciones que se dan entre los elementos presentes en las imágenes). Matus (2009), llega a resultados similares tanto en la funcionalidad como como en la relación con el texto, llegando a la plantear que estos dos aspectos así presentados no son favorecedores del aprendizaje. Shehab y BouJaoude (2017) revelaron que las imágenes de enlaces con etiquetas ambiguas son difíciles de interpretar por el lector. Es más adecuado, en general, las etiquetas relacionales ya que ayudan a una mayor interpretación y comprensión de las imágenes.

La funcionalidad de la imagen en relación a la actividad de aprendizaje que implica para el estudiante es claramente sintáctica, figura 2D, lo cual sitúa al estudiante en un escenario de conocimientos que debe saber (elementos, simbología), lo anterior concuerda con la categoría connotativa de las imágenes, ya que se entiende que es el lector quién debe interpretar, esto podría provocar errores conceptuales.

Ge *et al.* (2018) en un estudio de libros de textos australianos y taiwaneses, comparan imágenes de clasificación biológica en textos de ciencias de secundaria, y elaboraron una nueva codificación de imágenes, incorporando los subtítulos y textos, considerando así el apoyo de las etiquetas verbales en su clasificación. Los estudios arrojaron que los textos australianos implican el desarrollo de la interpretación y demostración de la comprensión científica, no así los textos taiwaneses más orientados a la memorización. Apreciamos por tanto que el problema de las imágenes se extiende a diferentes países y disciplinas.

En el caso de los textos chilenos, podemos indicar que en general estos no invitan al estudiante a la problematización, ni interpretación, no se establece casi la posibilidad de demostración de la comprensión científica. Es por tanto importante preguntarse por el discurso implícito disciplinario de los libros de texto de ciencias en Chile.

## Conclusiones

El análisis de los libros de texto en el caso de la función de la secuencia didáctica, se observa una clara tendencia a la definición y la descripción. En el caso de los libros de primero medio también se incorporan imágenes relacionadas con la aplicación lo que permite consolidar la definición asociándolos a aspectos cotidianos o significativos para el estudiante. No obstante, existe una notoria tendencia hacia un discurso expositivo, débil en interrogantes que permitan al estudiante desafíos internos y pensamiento crítico, sin posibilidades de interpretar nuevas situaciones. Ello puede conducir a mostrar una ciencia dogmática, tradicional y que no permite la evolución del pensamiento científico del alumnado. En relación al Grado de iconicidad, existe gran variabilidad de las imágenes analizadas, en el caso de los textos de primero medio se incorporan marcadamente la descripción en signos normalizados, atendiendo a un conocimiento más abstracto y formal del contenido. Respecto de la relación con el texto principal en ambos cursos se establece una relación connotativa, es decir no existe una correspondencia entre el texto y la imagen, se supone es obvia y es el lector quien les da el significado. En el caso de la etiqueta verbal en ambos niveles estudiados se presenta mayoritariamente la nominativa, es decir, las etiquetas están presentes en la ilustración o fuera de ella pero no se establecen relaciones entre las partes o símbolos utilizados en las imágenes. En general la funcionalidad de la imagen es sintáctica, lo cual exige el conocimiento de normas específicas de interpretación de parte del estudiante. Resulta importante resaltar que en dos libros de los diez estudiados no se encuentra presente el enlace metálico, lo cual nos llama profundamente la atención por la importancia

de este concepto, por ejemplo en aplicaciones tecnológicas. Lo anterior es debido a que en el programa de estudio del Primer Año de Enseñanza media, año 2014, no se incluyen dentro de los contenidos a revisar el enlace metálico, sólo el iónico y covalente. Para Octavo básico, sólo se menciona en general el tema de transformaciones químicas de la materia en función de transferencia de electrones y reordenamiento de átomos. Respecto del enlace de hidrógeno, este es incorporado en un contenido aparte de fuerzas intermoleculares.

Desde un punto de vista didáctico tampoco encontramos un apartado donde se explique los tipos de representaciones de las moléculas, lo cual nos parece importante a tener en cuenta en la estructura de la unidad, sin dar por hecho que el estudiante las conoce o que el docente las planteará al inicio del tema.

Los libros han evolucionado en términos de incorporar sistemas de alfabetización multimodal, de tal forma que a partir de distintos modos semióticos logren construir significados que dicen relación con el área del conocimiento en cuestión, sin embargo incluir estos modos no significa necesariamente mejorar los aprendizajes, también se ha de considerar la forma de utilizar estos medios. En este uso de los textos el papel del profesorado y su formación en dicho uso es fundamental y abre la necesidad de mayores y futuras investigaciones en el área de la enseñanza de la química.

## Referencias

- Caamaño, A. (2003). Modelos híbridos en la enseñanza y en el aprendizaje de la química. *Alambique* (35), 70-79.
- Caamaño, A. (2016). Un enfoque para vencer errores y ambigüedades. Enlace químico y estructura de las sustancias en secundaria. *Alambique* (86), 8-18.
- Caamaño, A. (2019). La teoría atómico-molecular en secundaria. Modelización progresiva basada en evidencias experimentales. *Alambique* (97), 8-18.
- Chamizo, J.A. (2005). "Hacia una cultura química" en Ciencia. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias* (56), 6-16.
- Chamizo, J.A. (2006). Los modelos de la Química. *Educación química*, 17(4), 476-482.
- Díaz-Levicoy, D. y Cezón, P. (2017). Análisis de gráficos estadísticos en textos escolares de séptimo básico en Chile. *Revista Electrónica Diálogos Educativos*, 14(28), 21-40.
- Dobaño, P. y Rodríguez, M. (2008). *Los contenidos de los libros de textos escolares de Historia y Ciencias Sociales. 1983-2006*. En: Ministerio de Educación de Chile, *Primer Seminario Internacional de Textos Escolares* (pp. 475-486). Santiago de Chile: Ministerio de Educación.
- Espinoza, J. (2012). El texto escolar como artefacto cultural: Estudio sobre representación de la Identidad Nacional en textos escolares de Historia durante la dictadura civil-militar en Chile (1973-1990). *Pedagogía Crítica*, 11(11), 69-83.
- Ge, Y.P, Unsworth, L, Wang, K.H. y Chang, H. P. (2018). What Images Reveal: a comparative study of science images between Australian and Taiwanese Junior High School Textbooks. *Research in Science Education*, 48 (6), 1409-1431.
- Izquierdo, M., Aliberas, J. (2004). Pensar, actuar i parlar a la classe de ciències. Un ensenyament de les ciències racional i raonable. Materials 150. Universitat Autònoma de Barcelona. Servei de Publicacions.
- Johnstone, A. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, (7), 75-83.

- Lemke, J.L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 5-12.
- Matus, L., Benarroch, A. y Perales F. (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. (2009). *Progresiones del aprendizaje en el área del enlace químico. Análisis de Coherencia entre capacidades de los estudiantes y las representaciones usadas en los libros de texto.* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, España.
- Mayer, R. (2008). Applying the science of learning: Evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American Psychologist*, 63(8), 760-769.
- Merino, C., Vargas, J., Bernal, S., Nilo, N., Quiroz, W., Arellano, M. y Castillo, J. (2017). La estereoisometría en los libros de texto y el diseño de una secuencia de enseñanza y aprendizaje con realidad aumentada para promover la visualización. *Instituto de Química. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. Enseñanza de las Ciencias número extraordinario*, 461-466.
- Otero, M. R. y Greca, I. (2004). Las imágenes en los textos de Física: entre el optimismo y la prudencia. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 21(1), 37-67.
- Ortúzar, P. (2011). Calidad, formato y mercado de los textos escolares en Chile, Cuatro claves para el debate. Instituto de Estudios para la Universidad, Universidad de Chile. Consultado en julio 07, 2019, en la URL <https://www.ieschile.cl/wp-content/uploads/2011/07/Informe-Textos-escolares>
- Pereira, F. y González, G. (2011). Análisis descriptivo de Textos Escolares de Lenguaje y Comunicación. *Literatura y lingüística* (24), 161-182.
- Pinuer, C. y Oteiza, T. (2016). La construcción léxico-gramatical de significación histórica en manuales escolares chilenos. *Revista de lingüística teórica y aplicada*, 54(1), 51-77.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las Ciencias. Análisis de libros de textos. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 369-386.
- Perales, F. J. y Vilchez, J. M. (2012). Libros de texto: ni contigo ni sin ti tienen mis males remedio. *Alambique* (70), 75-82.
- Raviolo, A. (2016). Las imágenes en libros de texto universitarios: el capítulo equilibrio químico. *Educación Química*, 22(1), 26-38.
- Raviolo, A. (2019). Imágenes y enseñanza de la Química. Aportes de la Teoría cognitiva del aprendizaje multimedia. *Educación Química*, 30 (2), 114-128.
- Shehab, S. y Boujaoude, S. (2017). Analysis of the chemical representations in Secondary Lebanese Chemistry Textbooks. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(5), 797-816
- Soaje, R. y Orellana, P. (2013). *Textos escolares y calidad educativa. Estudio de la calidad de textos escolares entregados por el MINEDUC.* Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Souza, K. y Porto, P.A. (2012). Chemistry and chemical education through text and image: Analysis of twentieth century textbooks used in Brazilian context. *Science & Education* (21), 705-727.