

REPRESENTACIONES ICÓNICAS EN QUÍMICA: ANÁLISIS DE SU USO EN LOS LIBROS DE TEXTOS

PAEZ, SONIA DEL ROSARIO^(1,3); *POTES, GLORIA*^(2,4)

¹ Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Avellaneda.

² Universidad Nacional de La Plata – Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación
(alumna de la Maestría en Educación en Ciencias Exactas y Naturales)

³ spaez@utn.fra.edu.ar

⁴ gloriabios@hotmail.com

RESUMEN

Toda ciencia busca la forma de transmitir sus conceptos y, para ello, recurre a diferentes lenguajes y representaciones. En el presente trabajo nos proponemos realizar una revisión acerca de los íconos empleados para la representación de distintas especies químicas en los textos escolares y su correlación con las ideas erróneas que pueden generar en un lector inexperto. Para ello analizaremos en forma individual y comparativa tres libros de físico-química de uso frecuente en las instituciones educativas de la provincia de Buenos Aires, abocándonos en forma específica a las representaciones realizadas con una esfera en temas como: estados de agregación de la materia, cambios de estado, leyes de los gases y soluciones, correspondientes al diseño curricular de segundo año de la escuela secundaria. Entendemos que algunos de los errores de los estudiantes pueden ser atribuibles a las dificultades en la transposición didáctica de la información erudita y no necesariamente a los errores en las ideas alternativas cotidianas. Por lo tanto creemos necesario hacer explícito el significado que posee la representación de los iconemas utilizados para evitar que los estudiantes realicen representaciones mentales equivocadas, en especial, con respecto a las estructuras macroscópicas y microscópicas.

Palabras clave: representaciones icónicas, físicoquímica, textos, nivel secundario.

INTRODUCCIÓN

Los científicos siempre han buscado diferentes formas de transmitir sus conocimientos y para ello han utilizado tanto el medio oral como el escrito. La física y la química poseen lenguajes que le son propios y que es necesario conocer para poder comprender los conceptos de la disciplina. Todo aprendizaje científico implica la incorporación del vocabulario apropiado y de los códigos necesarios para la estructuración del pensamiento y de su comunicación (Soussan, 2003).

La ciencia escolar difiere tanto de la ciencia real como de la ciencia de la vida cotidiana, aunque comparte algunas características de ambas. Por tanto, tiene sus propios objetivos y sus correspondientes métodos cognitivos que difieren de los de la verdadera ciencia. Como resultado, las dificultades de aprendizaje de los estudiantes pueden tener una naturaleza compuesta ya que los objetivos científicos reales están distorsionados y las cinéticas de pensar se enseñan inadecuadamente (Reif y Larkin, 1994).

Muchas veces la transmisión de esos conocimientos específicos se vuelve difícil en el ámbito escolar y los docentes deben -en más de una ocasión- acudir a la ayuda de diferentes analogías o terminologías más inteligibles para los estudiantes.

La comunicación escrita del saber científico lleva asociada diversas formas de representación simbólica tales como gráficos, dibujos, ecuaciones, o sea, paratexto. Los libros de texto, por su parte -que sirven de apoyo para realizar la tarea en el aula- no escapan a la realidad anteriormente descrita y al igual que el docente, hacen uso de los diferentes lenguajes.

A fin de lograr establecer una comunicación entre lo simbólico y el pensamiento, resulta útil recurrir al término “modelo mental”, entendido como una representación mental elaborada por las personas cuando interactúan con su medio, textos, imágenes o combinaciones entre ambos. (Perales y Jiménez, 2002). Debido a que los sujetos construimos modelos mentales a fin de lograr captar la realidad que nos rodea, cuando los docentes enseñamos, expresamos mediante diferentes lenguajes aquello que queremos enseñar. Por ello, en nuestra interacción cotidiana con los estudiantes utilizamos distintos medios de comunicación: verbal, escrita, visual, gráfica, simbólica y formal. A su vez, los estudiantes deben familiarizarse con esos medios a fin de hacer uso adecuado de estos lenguajes para comprender los conceptos de la ciencia. Los significados de los signos verbales e icónicos utilizados son consensuados, es decir, no están en las cosas, dependen de nosotros y cobran sentido sólo en el marco de una cultura (Otero, 2004).

En lo que respecta al lenguaje verbal, sabemos que consta de dos aspectos: el *sintáctico*, convalidado socialmente, que permitirá hacer explícito el mensaje, y el aspecto *semántico* que es la significación a la que me remite cada parte de la comunicación. La significación que se le otorga a las palabras se produce dentro de la mente de los sujetos (Galagovsky, 2007). Teniendo en cuenta que no podemos saber a ciencia cierta cuáles son las representaciones mentales de los estudiantes, resulta importante considerar que el aspecto semántico es el más relevante para aquello que queremos comunicar, acortando así la brecha entre el discurso experto del docente y el aspecto sintáctico y semántico del concepto que nos hemos propuesto enseñar.

Según Jorba y Sanmartí (1996), las diversas formas de comunicación utilizadas están formadas por signos. Se considera signo a todo tipo de código y lenguaje verbal y no verbal obrando a modo de instrumentos mediadores de la comunicación en el proceso de enseñanza y de aprendizaje. Estos instrumentos se dirigen hacia el interior del sujeto y producen cambios en los procesos psíquicos. Primero tienen una forma material externa y se pueden interpretar como instrumentos para la comunicación (se utilizan en actividades conjuntas con otras personas), y progresivamente se convierten en internos y se usan de manera individual.

Por lo general, la comunicación en ciencia se ve dificultada porque muchos de los conceptos que trata no pueden ser observados en forma directa o a ojo desnudo. Es importante reconocer que los conceptos de la teoría de partículas son construcciones intelectuales basadas sobre diversas suposiciones que superan la observación directa (Drive *et al.*, 1989). Por esta razón, el docente recurre a lenguajes icónicos e imágenes a fin de poder expresar aquello que desea enseñar. Para ello, con frecuencia, acerca a la clase un libro de texto que -supone- contribuirá a facilitar la comprensión de los contenidos, especialmente mediante el uso de dibujos y símbolos, sean estos íconos, iconemas u oraciones icónicas (Galagovsky y Bekerman, 2009). Siguiendo a estas autoras entendemos como *ícono* al homólogo gráfico de la palabra que tiene un mensaje, *iconemas* a los componentes del ícono sin significación completa y *oraciones icónicas* a los dibujos formados por íconos organizados siguiendo una composición gráfica determinada por el experto que diseñó el mensaje completo.

En la actualidad los libros de textos están poblados de imágenes y, tanto el colectivo pedagógico como los diseñadores de materiales didácticos, concuerdan con las bondades de su uso (Otero, 2004). Sin embargo, ellas son sólo elementos que adoptan el punto de vista del emisor, sin considerar que el lector de una imagen puede comprender algo totalmente distinto de lo que se quiere comunicar. Esta situación generaría una incomunicación conceptual que podría determinar el fracaso escolar y/o hasta el rechazo de la disciplina por parte de los estudiantes. Es necesario destacar que interpretar o leer una imagen icónica requiere del conocimiento de los códigos y convenciones presentes en esas representaciones, según sea su grado de realismo o simbolización (Maturano *et al.*, 2009).

Según Perales (2006), desde el punto de vista de la epistemología de la ciencia, es preciso que el alumno sepa en cada momento cuál es la realidad, su modelización y la representación mediante imágenes. Prueba de esto son los registros de trabajos como el de Pandiella, *et al.* (2004) en el que se realiza un análisis exploratorio acerca de la incidencia de las características de la estructura y de los gráficos de dos textos diferentes, en la comprensión final de los mismos por parte de estudiantes de nivel medio. Los resultados arrojan que el empleo del texto cuyos gráficos constan de elementos figurativos y simbólicos, referenciando casi todas las ilustraciones, favorece el desempeño de los alumnos, situación que no ocurre con el que utiliza ilustraciones figurativas que no están indicadas mediante alguna referencia en el texto. Resulta evidente entonces que la correcta correlación entre el texto y el gráfico es un elemento favorecedor del aprendizaje.

METODOLOGÍA

Con la convicción de que tanto los docentes como la mayoría de los estudiantes recurren a los textos para poder entender determinados procesos que la ciencia explica, realizaremos en este trabajo el análisis de forma comparativa e individual de tres libros de nivel medio, de uso habitual en los establecimientos educativos, con la intención de identificar algunos símbolos, grafismos o analogías que pudieran inducir a los estudiantes a errores de interpretación.

En este trabajo nos proponemos analizar el empleo que estos libros de texto escolares hacen de los íconos, para representar diferentes especies o conceptos en química. Nos abocaremos en forma específica a las representaciones realizadas mediante una esfera, en los temas de estado de agregación de la materia, cambio de estado, leyes de los gases y soluciones, correspondiente al diseño curricular de segundo año de la escuela secundaria básica de la provincia de Buenos Aires.

Analizaremos la forma en que los diferentes autores han elegido abordar los mencionados contenidos curriculares así como algunas imágenes seleccionadas que pueden producir ideas erróneas acerca de ciertos conceptos de la ciencia en un estudiante inexperto.

Denominaremos a los textos como 1 (Ed. Kapelusz), 2 (Ed. Santillana), y 3 (Ed. Estrada) y nos referiremos a ellos del mismo modo o como primero, segundo y tercero.

Para indagar qué significado se le atribuye al dibujo de una esfera, haremos un breve recorrido a través de los capítulos que desarrollan los temas ya señalados, interpretando los diferentes esquemas en los que este dibujo es empleado en cada uno de los textos seleccionados. Además, reflexionaremos acerca de las posibles consecuencias que el uso y el abuso de esta simbología puede ocasionar en las representaciones mentales de los estudiantes.

ANÁLISIS DE LOS TEXTOS SELECCIONADOS

A continuación, desarrollaremos el análisis según el orden anteriormente citado para los textos y los temas.

Los estados de agregación de la materia

En el texto 1, el tema corresponde al capítulo 2, denominado “De materia y materiales” y bajo el título “Los estados de agregación según el modelo de partículas”, se representa con esferas una simbolización de los estados de la materia según el mencionado modelo. Con ellas se simbolizan las partículas en sus tres estados: sólido, líquido y gaseoso. A continuación, para mayor ilustración, extraemos un breve párrafo del libro (Figura 1) y en la Figura 2 se muestran las imágenes correspondientes.

Los estados de agregación según el modelo de partículas

Los sólidos tienen forma y volumen invariantes. De acuerdo con el modelo de partículas, esto se debe a que las partículas de estos materiales están muy juntas, con escaso espacio entre ellas y con intensas fuerzas de atracción entre sí. En función de cuán ordenadas se encuentran sus partículas, se distinguen dos tipos de sólidos: los **crystalinos** y los **amorfos**.

Figura 1.: Texto de estados de agregación de la materia según el modelo de partícula correspondiente al texto 1

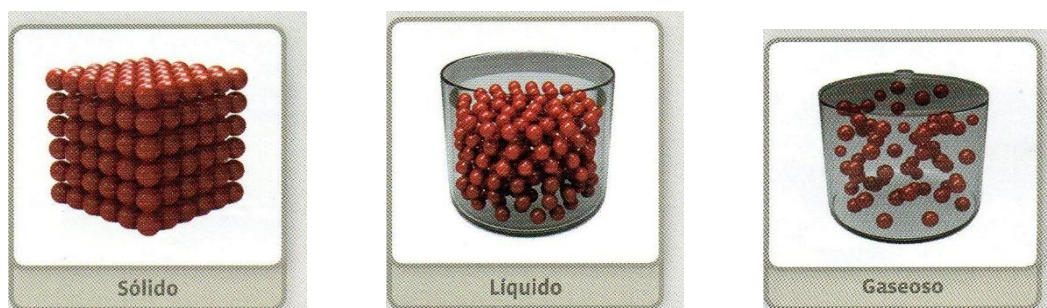


Figura 2.: Diagramas de estados de agregación de la materia según el modelo de partícula correspondiente al texto 1.

En este desarrollo, las esferas representan partículas que se encuentran más o menos juntas y más o menos ordenadas según el estado que se desea representar. Además podemos observar en la Figura 2 una disminución progresiva de la cantidad de esferas que representan el estado sólido, líquido y gaseoso respectivamente.

En el texto 2, el tema se encuentra en el capítulo 1, denominado “Los estados de la materia”, y al igual que el caso anterior los tres estados están representados por esferas. En la Figura 3 observamos las ilustraciones del tema.

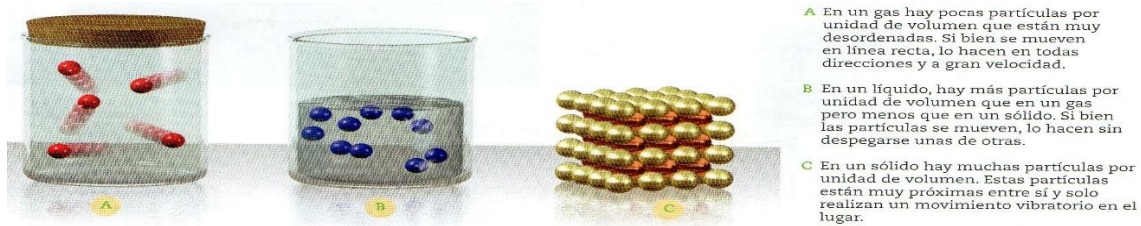


Figura 3.: Diagramas de estados de agregación de la materia correspondientes al texto 2.

En este caso la representación se realiza en orden inverso comenzando por el estado gaseoso, por lo tanto, en lugar de disminuir la cantidad de esferas resulta un aumento; sin embargo, el concepto que se transmite es el mismo. Además de la variación en la cantidad aquí surgen dos variantes con respecto al texto anterior, una es la diferencia de color para cada uno de los estados y la otra es que, en el estado gaseoso, las esferas parecen estar en movimiento.

En el texto 3 como en el caso anterior, el tema se introduce en el capítulo 1, denominado “Estados de la materia”. En la Figura 4 se muestran la representación para cada uno de los estados realizada por estos autores.



Figura 4.: Diagramas de estados de agregación correspondientes al texto 3

El orden es igual al primer caso y también conserva el mismo color para todos los estados. Se adjunta a la figura la referencia del estado al que corresponde cada una, pero no se describen características del mismo. En semejanza con los anteriores resulta notoria la variación en la cantidad de esferas, especialmente del estado sólido al líquido. A diferencia del texto 1 y 2, en este caso vemos el agregado a cada esquema de una figura que muestra el aspecto macroscópico de cada estado.

Los cambios de estado

Unas páginas más adelante, en las mismas unidades, los tres libros por igual recurren nuevamente al uso de esferas cuando explican los cambios de estado de la materia. En dos de los textos estas esferas no se encuentran contenidas en ningún tipo de recipiente. (Figura 5).

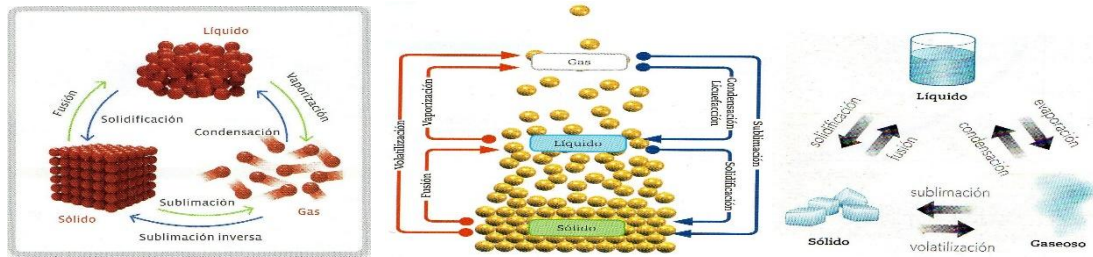


Figura 5.: Diagramas de cambio de estado para los textos 1, 2 y 3 respectivamente

Las presentaciones realizadas por los textos 1 y 3 conservan las características generales con que fueron ilustrados anteriormente los estados de agregación. En el texto 1, cada esfera parece corresponder a una partícula semejante a las representadas en la Figuras 2, con la diferencia de que en el estado gaseoso, estas partículas esféricas se encuentran ahora dotadas de una estela y en el texto 3 se realiza solo una representación macroscópica del cambio de estado. En cambio, en el texto 2, las diferencias con respecto a la presentación de los estados de la materia son múltiples. En esta ocasión, las esferas son todas del mismo color, además, las correspondientes al estado líquido no se encuentran contenidas en ningún tipo de recipiente y las del estado gaseoso han perdido las estelas que le daban movimiento.

Coincidimos con Otero (2004) -en relación al plano epistemológico- que las imágenes se utilizan como si fueran portadoras de “verdad” lo cual las vuelve incuestionables, esta visión acrecienta la dificultad mencionada ya que, si bien la esfera es un ícono fácil de dibujar, la diversidad de características que se le asignan (la cantidad, el color, la forma de agruparla y el movimiento), y que se usan para representar los estados de agregación, pueden resultar confusas al estudiante si no se especifica claramente que es sólo una representación y no la realidad misma.

La ley general de los gases

Siguiendo con el análisis del mismo capítulo en cada uno de los textos, consideraremos los dibujos utilizados para representar la ley general de los gases.

Los esquemas combinan representaciones macroscópicas y microscópicas; así es que las partículas de gas se esquematizan como pequeñas esferas mientras que la representación del recipiente, la presión ejercida y la temperatura, se presenta mediante un diseño macroscópico, es decir, el vaso, la pesa y el mechero respectivamente, para los textos 1 y 2, o la jeringa y el globo para el caso del texto 3. En las Figuras 6, 7, 8 y 9 podemos observar las respectivas ilustraciones, de cada uno de los textos.

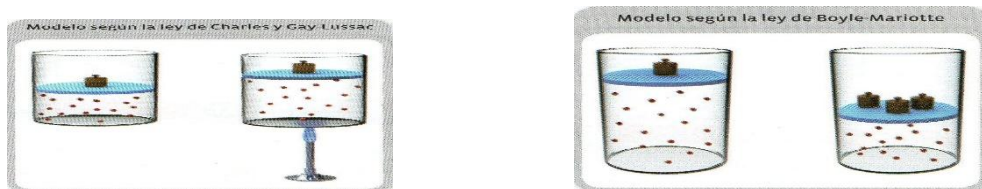


Figura 6.: Diagramas de representación de las leyes de Charles y Gay Lussac y de Boyle y Mariotte correspondientes al texto 1.

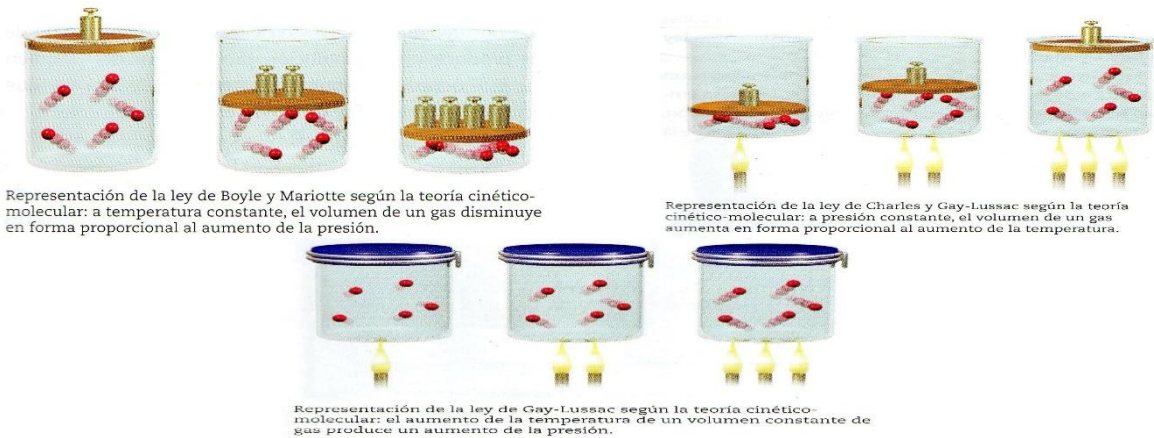


Figura 7.: Diagramas de representación de las leyes de Charles y Gay Lussac y de Boyle y Mariotte correspondientes al texto 2.

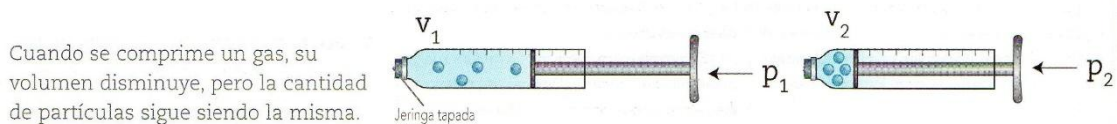
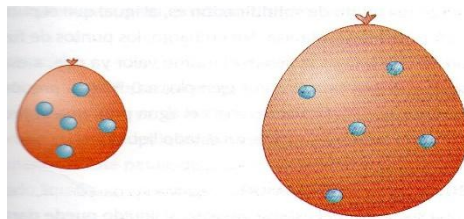


Figura 8.: Diagramas de representación de la ley de Boyle correspondiente al texto 3.



Cuando se calienta un gas, su volumen aumenta, pero la cantidad de partículas sigue siendo la misma.

Figura 9.: Diagramas de representación de la ley de Charles y Gay Lussac correspondiente al texto 3.

Estos esquemas, en los cuales no se explicitan ni se respetan escalas, pueden resultar muy confusos si el docente no realiza la aclaración o bien pasa por alto las importantes diferencias entre los sistemas microscópicos y los macroscópicos. En todos los casos, las imágenes van acompañadas de un texto explicativo, pero los mismos no hacen referencia a estas diferencias. En los apartados analizados de estos capítulos, en los tres textos, encontramos que se recurre a una esfera para representar partículas y se les asigna dimensiones lo suficientemente grandes como para poder compararlas con elementos macroscópicos, lo cual –seguramente- dista de ser la mejor forma de presentar estos fenómenos pues en nuestra experiencia ha inducido a los estudiantes a inferencias erróneas.

Las soluciones

En los tres ejemplares analizados, el tema de las soluciones surge en un capítulo diferente y a continuación del que trataba los temas citados anteriormente. En el texto 1, bajo el título “El

modelo microscópico de disolución”, aparecen los dibujos de la Figura 10, con su correspondiente descripción, donde se hace referencia al modelo microscópico de disolución. Evidenciamos que estas figuras que lo ilustran muestran tanto la versión macroscópica como la microscópica de esas soluciones. La microscópica, además, representa el soluto y el solvente por medio de esferas de distintos tamaños y que se diferencian por estar más o menos ordenadas.

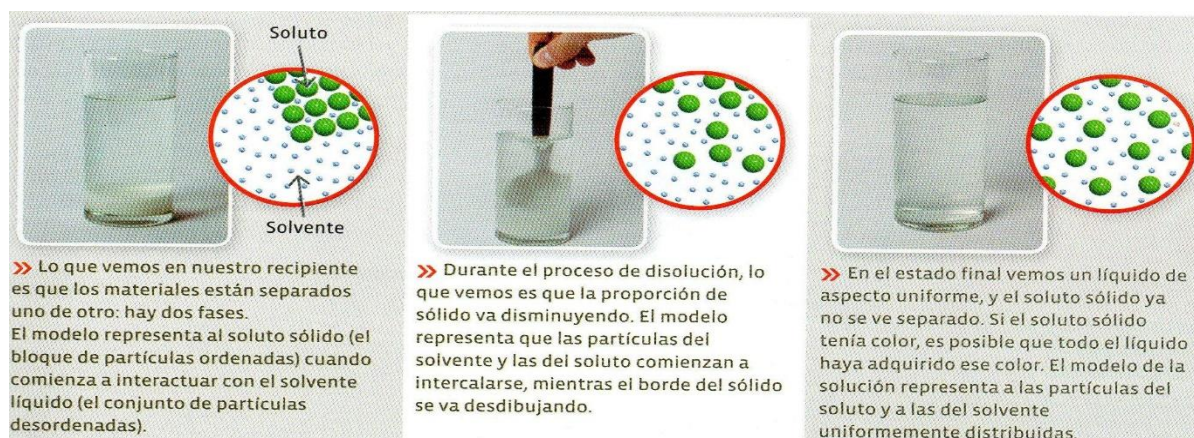
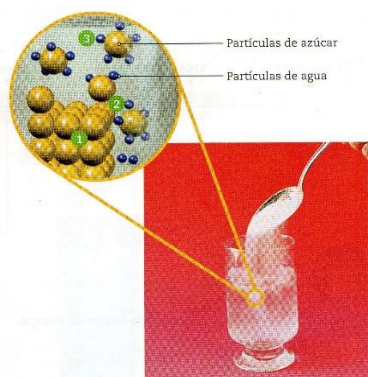


Figura 10.: Diagramas de Disolución correspondiente al texto 1.

El nivel macroscópico corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa. Sin embargo, interpretar que el vaso está lleno de aire o que el líquido es una solución o está puro, no son percepciones que puedan ser inferidas directamente a partir del nivel macroscópico.

En el texto 2, la representación de las soluciones y su explicación se realizan mediante la ilustración y el texto que adjuntamos en la Figura 11. Similar al caso anterior, encontramos la representación de las partículas microscópicas con esferas de diferentes colores y tamaños a efecto de diferenciar el soluto y el solvente, en un solo esquema.



1. Cuando el azúcar se pone en contacto con el agua, las partículas del solvente interaccionan con las de azúcar que forman el cristal. Es decir, hay una atracción entre ellas.
2. La atracción entre las partículas de agua y las de azúcar es mayor que la atracción que mantiene unidas a las partículas de azúcar entre sí.
3. Las partículas de agua “arrancan” las de azúcar de la estructura cristalina que forman y las “rodean” manteniéndolas en solución.

Figura 11.: Diagramas de Disolución correspondiente al texto 2.

El experto en química tiene en su mente modelos de esquemas de partículas como representaciones abstractas del nivel submicroscópico y puede pensar simultáneamente en ambos niveles (macroscópico y submicroscópico). Los estudiantes, por el contrario, no manejan simultáneamente los niveles representacionales indicados ya que tienden a explicar fenómenos

químicos recurriendo, fundamentalmente, a un criterio visual relacionado con las propiedades macroscópicas (Galagovsky, *et al.* 2003; Trinidad y Garritz, 2003).

No aportamos información sobre el texto 3, dado que el mismo no hace uso de ningún tipo de esquema, diagrama o dibujo para desarrollar este tema.

REFLEXIONES FINALES

A lo largo de los textos y capítulos analizados precedentemente, hemos observado con detalle el lenguaje gráfico de la química en textos escolares de uso frecuente en las escuelas de nuestra provincia. Según Galagovsky y Bekerman (2009), el componente icónico es de gran importancia y una esfera bien puede representar una partícula, un átomo, un protón, un electrón, etc. Sin embargo, en este recorrido hemos hallado iconemas sueltos que no tienen significación completa ni contribuyen a un buen conocimiento científico por parte del novato. También hallamos oraciones icónicas -dibujo formado por íconos organizados siguiendo una composición gráfica determinada por un experto- que posiblemente no logren hacer llegar el mensaje completo a los estudiantes.

En nuestro análisis nos concentramos principalmente en el iconema “esferas” que, aprendido en forma descontextualizada por parte de los estudiantes, podría erigirse en obstáculo epistemológico. Si bien el texto también incorpora imágenes de íconos y oraciones icónicas, el estudiante novato tiende a detener la atención en los iconemas químicos y es proclive a guardar en la memoria de largo plazo aspectos parciales de la información, por lo general, en forma descontextualizada como una imagen visual aislada o esta es enmarcada en un contexto inadecuado (Galagovsky y Bekerman, 2009).

Entendemos, entonces, que los errores de los estudiantes pueden resultar atribuibles a las dificultades en el procesamiento de la información erudita y no necesariamente deberse a errores en las ideas alternativas cotidianas. No obstante, según Pozo y Gómez Crespo (2000) a menudo, las ideas que los alumnos obtienen del conocimiento escolar no se limitan a reflejar errores conceptuales presentes en los libros de textos o las explicaciones recibidas. Más bien reflejan un “error” didáctico en la forma en que se les presentan los saberes científicos. Los autores sostienen que los modelos científicos (usualmente referidos a estructuras no observables del macrocosmos o del microcosmos) se mezclan, se difuminan, en aquellos ámbitos del discurso cotidiano (referido al mesocosmos) con referentes comunes, de este modo el alumno concibe como análogos sistemas de conocimiento que son complementarios pero diferentes, por lo cual a la estructura microscópica de la materia se le atribuyen propiedades macroscópicas y viceversa.

Los libros de texto analizados en este trabajo contienen información científica escolar que es comprendida correctamente por un experto pero que el estudiante puede interpretar erróneamente, ya que principalmente en el lenguaje gráfico se utilizan diversos códigos de representación que pueden confundirlo e impedir que construya un modelo mental adecuado. Notamos entonces una dificultad importante en el proceso de transposición didáctica del conocimiento experto al conocimiento científico escolar, esta barrera deberá ser sorteada por la destreza del docente, especialmente en estos temas debido al carácter polisémico del ícono “esfera”.

Consensuar un código para que puedan expresar sus representaciones mentales con diferentes tipos de lenguajes simbólicos constituye una buena propuesta de trabajo para subsanar este inconveniente. Según Perales (2008), una de las principales funciones de las imágenes simbólicas en el conocimiento científico es la de constituir un medio de representación de dicho

conocimiento a través del proceso de modelización, por lo que debiera potenciarse su uso teniendo presente una clara separación entre los planos real, teórico y simbólico.

Consideramos relevante implementar en las aulas actividades que incluyan el análisis y cuestionamiento de las imágenes así como la explicitación de su significado mediante la expresión de las ideas que cada estudiante posee acerca de las representaciones observadas. Perales (2006) afirma que es imprescindible implementar tareas que obliguen a los lectores a extraer información de las ilustraciones ya que existen evidencias de que, sin estas condiciones, las ilustraciones se observan superficialmente sin afectar al lector.

Estimamos importante incorporar al quehacer del aula, en forma sistemática, procesos de metacognición que impliquen otorgar espacios para que los alumnos reflexionen acerca de las diferencias entre las representaciones macroscópicas y microscópicas y que, en lo sucesivo, logren integrarlas empleándolas para diferentes tareas de aprendizaje científico escolar futuro. Además será de gran significación la tarea de reforzar la idea de que las esferas son solo la modelización que la mente de los expertos elige hacer sobre las partículas y que este ícono no corresponde a su forma o característica real, sólo es un símbolo para dibujarla. Se ha estandarizado el uso de la misma por parte de todos los autores analizados, posiblemente por la simpleza de la figura, sin embargo interpretamos que de haberse acordado otro ícono, su función sería coincidente con la de la esfera.

A modo de reflexión final entendemos que el uso de las imágenes de los libros de textos contribuiría ampliamente al aprendizaje si se exploran adecuadamente aprendiendo a identificar y distinguir entre el plano simbólico y el realista, clarificando sus significados, consensuando los códigos utilizados, corrigiendo errores e integrándolos como un medio facilitador del proceso de aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Drive, R.; Guesne, E.; Tiberghien, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* Madrid: Ed. Morata.

Galagovsky, L.; Rodríguez, M. A.; Stamati, N.; Morales, L. F. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la Enseñanza de las Ciencias Naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de Reacción Química a partir del concepto de Mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.

Galagovsky L. (2007). Enseñanza versus aprendizaje de las ciencias naturales: el papel de los lenguajes y su impacto en la comunicación entre estudiantes y docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis*, Número extraordinario, 66-87.

Galagovsky, L.; Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8 (3), 952-975.

Jorba, J.; Sanmartí, N. (1996). El desarrollo de las habilidades cognitivas lingüísticas en la enseñanza científica. Seminario Despiegament curricular ICE de la Universidad Autónoma de Barcelona.

Maturano, C.; Aguilar, S.; Nuñez, G. (2009). Propuestas para la utilización de imágenes en la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Iberoamericana de Educación*, 49 (4)

Otero, M. R. (2004). El uso de imágenes en la Educación en Ciencias como campo de Investigación. *Revista de Enseñanza de la Física*, 17 (1), 9-14.

- Pandiella, S.; Calbó Torné, P.; Macías, A. (2004). Las características de los textos de Física y su incidencia en la comprensión. *Investigação em Ensino de Ciências*, 9 (1), 27-35
- Perales, F.J.; Jiménez, J. (2002) Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 20 (3) 369-386
- Perales Palacios, F.J. (2006). Uso (y Abuso) de la Imagen en la Enseñanza de las Ciencias *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 13-30.
- Perales, F.J. (2008) La Imagen en la Enseñanza de las Ciencias: Algunos Resultados de Investigación en la Universidad de Granada, España. *Formación Universitaria*, 1 (4), 13-22.
- Pozo Muncio, J. I.; Gomez Crespo, M. A. (2000). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- Reif, F.; Larkin, J. (1994). El conocimiento científico y el cotidiano: comparación e implicaciones para el aprendizaje. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 21, 3-30.
- Soussan G., (2003) *Enseñar las Ciencias experimentales*. Didáctica y Formación. Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, UNESCO.
- Trinidad, R.; Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación química*, 14 (2), 92-105.