

ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS REPRESENTACIONES NO-TEXTUALES UTILIZADAS EN TEXTOS ESCOLARES DE QUIMICA GENERAL

LOMBARDI¹, GIOVANNA; CABALLERO², CONCESA; MOREIRA³, MARCO ANTONIO

¹ Universidad Central de Venezuela.

² Universidad Burgos.

³ Universidad Federal Rio Grande do Sul.

Palabras clave: Representaciones externas; Representaciones no-textuales; Función discurso; Lenguaje químico.

INTRODUCCIÓN

Entender la Ciencia como un “*discurso sobre la materialidad del mundo*” (Lemke, 1998) permite abordar el estudio de este discurso desde la semiótica social, perspectiva que centra su atención en cómo se atribuyen significados utilizando los recursos semióticos de los que se dispone. En las ciencias naturales este discurso tiene como propósito la representación de los procesos que ocurren en la naturaleza, representaciones que en las disciplinas adquieren concreción en forma de modelos conceptuales, conformados por conceptos y teorías articulados a través representaciones verbales, matemáticas y gráfico-visuales que, en conjunto, conforma el lenguaje de una ciencia particular (Lemke, 1998).

Los modelos conceptuales son representaciones externas, precisas y completas, coherentes con un conocimiento científicamente aceptado (Greca y Moreira, 2000), utilizadas para facilitar la comprensión o la enseñanza. La enseñanza de las ciencias, sobre todo en los niveles superiores, se centra en el análisis, discusión y comprensión de estos modelos.

El discurso de las ciencias naturales se caracteriza por ser multimedia, lo que exige al aprendiz utilizar de manera sinérgica formatos textuales y no-textuales para atribuir significados. La enseñanza juega un papel clave para incorporar al estudiante a una comunidad discursiva en la que se habla de y sobre los modelos conceptuales, ya que en ella se explicitan las reglas que utiliza la comunidad como eje de su práctica social.

Nos interesa estudiar como se atribuyen significados a partir de los recursos no-textuales, por lo que nos proponemos indagar: a) cuál es el sistema gráfico-visual utilizado en los libros de texto de química general, tema Equilibrio Químico, b) cuáles son de uso más frecuente; c) las funciones y niveles en que se expresa el sistema de representaciones no-textuales utilizadas para la presentación del tema; el análisis lo haremos a partir de una muestra de libros(3) de texto de amplio uso para la enseñanza de la química general. Intentamos observar los significados que pueden ser atribuidos a partir de los recursos que proporciona el lenguaje químico en forma de representaciones gráfico-visuales. Los resultados que presentamos forman parte de un estudio más amplio en el que nos proponemos además explorar cómo este tipo de representaciones son utilizadas por los estudiantes y profesores. Esperamos desarrollar un modelo pedagógico que facilite el proceso de modelación para atribuir significados a partir de diferentes tipos de representaciones no-textuales.

Como referencia teórica partimos de a) los principios funcionales: presentación, orientación y organización propuestos por Lemke (1998), y b) los niveles de representación que utiliza el discurso químico: macroscópico, microscópico y simbólico.

REPRESENTACIONES EXTERNAS

Las representaciones externas son notaciones, signos o conjunto de símbolos que nos vuelven a presentar un aspecto del mundo externo en su ausencia; se pueden clasificar en: Lingüísticas y pictóricas (Eysenk y Keane, 1990). Estas últimas se conocen también como depictivas, incrustaciones, representaciones gráficas, imágenes visuales y gráfico-visuales.

Las **representaciones lingüísticas** son representaciones atómicas de carácter simbólico que, se caracterizan porque la relación entre la señal lingüística y lo que la señal representa es arbitraria. Las **representaciones pictóricas** son representaciones molares cuya estructura se parece a la del mundo que representa, es decir, son analógicas. Encontramos un segundo tipo de representaciones pictóricas que son análogas al modelo conceptual que representa, por ejemplo la representación de átomos por esferas. Las representaciones pictóricas se caracterizan porque a) aportan información espacial, en consecuencia, nos “dicen” más sobre el mundo que las lingüísticas porque proporcionan información con un sentido de conjunto; b) se perciben básicamente a través de la visión (Eysenk y Keane, 1990) por lo que proveen información que puede ser percibida y utilizada directamente. Son ejemplos de representaciones lingüísticas proyectos, historias, y de representaciones pictóricas los mapas, los símbolos químicos, los modelos tridimensionales utilizados para representar la estructura de los compuestos, las reacciones químicas, las fotografías, los mapas de conceptos. Estas representaciones se constituyen en recursos semióticos que permiten desarrollar procesos internos que conducen a la atribución de significados en contextos disciplinares. La construcción del discurso de la ciencia requiere el uso sinérgico de ambos tipos de representaciones “*porque nunca atribuimos significados utilizando sólo el lenguaje*” (Lemke (1998, p.1).

FUNCIONES SEMIÓTICAS

Es posible identificar tres niveles en la construcción del discurso de las ciencias naturales Lemke (1998, s/f) y, reconocerlos, ayuda para atribuir significados; los tres se complementan y reflejan las representaciones que el emisor se hace de los modelos conceptuales.

Primer nivel: las *Funciones*: refiere a las decisiones que toma el productor del discurso (emisor), en cuanto a que presentará (sobre que tema hablará), cómo lo organiza (que va primero, que relaciones presenta) que cosas destacará, con cuáles coincide. Así podemos hablar de: a) **función presentacional**: los contenidos y sus relaciones; b) **función organizacional**: la estructura de los contenidos que presenta; y c) **función orientacional**: los recursos utilizados para destacar lo que, en opinión del autor, es relevante. La **función presentacional** permite hablar sobre a) **los procesos**: “La solubilidad se expresa como la cantidad máxima de soluto disuelta en 100g de agua a una temperatura dada, 25°C”; b) **las relaciones**: “la solubilidad depende de la naturaleza del soluto, la naturaleza del solvente y la temperatura”; “la solubilidad del cloruro de sodio aumenta al aumentar la temperatura” y c) **las circunstancias**: que implica responder qué, cuándo, por qué, cómo, en qué condiciones: “la solubilidad del cloruro de sodio es 34g NaCl 100g de agua a 25 °C”. A manera de ejemplo ver Fig. 1.

Segundo nivel, el *contexto*: dependiente de la comunidad en que se produce el discurso, en nuestro caso, esta comunidad es capaz de “hablar química” de una manera particular. Esto define un contexto teórico o **paradigmático** (teoría, leyes, principios, visión de mundo), que se aplican en situaciones específicas: contexto **situacional**, una realidad concreta, en la que el paradigma puede ser o no ser aplicado. Para atribuir significados utilizando este nivel la comunidad de discurso utiliza como recursos a) sistemas de signos y símbolos particulares (seleccionados a través de convenciones) que permite definir un contexto **sintagmá-**

Función	
Presentacional	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Concepto de solubilidad (g soluto/100 g solvente, H₂O) ✓ Dependencia de la solubilidad de la naturaleza del soluto (a una temperatura dada, para cada soluto tenemos un valor de solubilidad) ✓ Dependencia de solubilidad de la temperatura: a) a diferentes temperaturas, para un mismo soluto, se tiene diferentes valores de solubilidad; b) Hay solutos que aumentan su solubilidad al aumentar la temperatura y solutos en que ocurre lo contrario (puede hacerse dos grupos) ✓ Dependencia solubilidad del solvente y la cantidad de solvente (solubilidad en 100 g agua)
Orientacional	Incluir solutos cuyas solubilidades aumentan con aumento de T y solutos cuyas solubilidades disminuyan con un aumento de T orienta al lector a la no generalizar aumento T aumento solubilidad
Organizacional	La organización de las variables en un gráfico los ejes xy, que expresa funciones, permite: a) identificar relaciones causa efecto cambio en T cambio en solubilidad para un compuesto dado, b) comparar en cuales compuestos el efecto de cambiar T es de mayor o menor proporción, c) clasificar en dos grandes grupos las sales

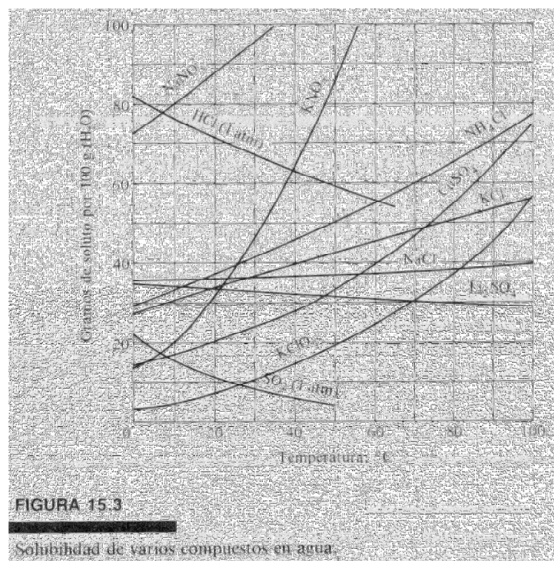


FIGURA 15.3
Solubilidad de varios compuestos en agua.

FIGURA 1
Significados desde las funciones semióticas¹

tico que contribuye a delimitar el carácter monosémico de los conceptos; b) sistemas de representaciones múltiples que se presentan en forma simultánea lo que se conoce como **intertextualidad** (formato textual/formato no-textual, formato no-textual/formato no-textual) para “hablar” del objeto de la manera más “completa” posible.

Un tercer nivel depende de la naturaleza de lo que se quiere comunicar, **significados tipológicos** (más descriptivos y que permiten categorizar) y **significados topológicos** (más utilizados para cuantificar y expresar co-variaciones). En general, las representaciones verbales (lingüísticas) facilitan la atribución de significados tipológicos (refiere a categorías), mientras las imágenes contribuyen a la atribución de significados topológicos (refiere a variaciones) (Lemke, 1998). Consideramos que este tercer nivel puede complementarse con las especificidades del lenguaje particular de cada disciplina. En el caso del lenguaje químico el mismo se concreta en tres niveles de representación (Johnstone, 1993).

- La *macroquímica*: lo que percibimos (lo concreto de los fenómenos, es decir, lo que podemos ver, tocar, oler);
- La *submicroquímica* se refiere a los modelos conceptuales: las teorías, principios, conceptos (la conceptualización de lo molecular, lo atómico y lo cinético) y por último
- El *componente simbólico* de la química ha sido **desarrollado** por los químicos, para expresarse en los niveles macro, micro y de proceso. Este componente simbólico permite hacer traslaciones entre los diferentes niveles. Un auxiliar importante del componente simbólico utilizado en química lo constituye la matemática.

Un ejemplo del uso de los diferentes contextos que permiten reconstruir la relación fenómeno-representación en la Fig. 2 que presentamos a continuación

1. Hein, M. (1992) *Química* (2a. ed.) Grupo Editorial Iberoamericano. (Cap.15-Fig15.3, p. 383)

Contexto paradigmático	Materia formada por átomos. Teoría atómica y sus postulados
Contexto situacional	Electroquímica: reacciones que transcurren por transferencia de electrones
Contexto intertextual	Título, texto, (en la figura): Modelo para enseñar (representación pedagógica) Desde otros textos: por ejemplo, "en el estudio de la electroquímica se denomina electrodo a una pieza de metal, M" Desde el propio texto: electrodo de la izquierda, electrón móvil
Contexto sintagmático	En química las unidades sintagmáticas corresponden a los signos y símbolos que representan las unidades atómicas. En este diagrama, por ejemplo, se dibuja la especie más los electrones, el camino recorrido por los electrones a través de la conexión externa (alambre)

Figure 1. Concrete model for teaching electrochemistry.

FIGURA 2
Significado depende de la contextualización²

ANÁLISIS DE REPRESENTACIONES GRÁFICAS UTILIZADAS EN TEXTOS (ESCOLARES) DE QUÍMICA

Utilizando el análisis de contenido analizamos las representaciones no-textuales (gráfico, tabla, fotografía, diagrama) de tres textos de Química General, tema equilibrio químico, con el propósito de determinar la utilidad de la semiótica como instrumento que permita sistematizar el proceso de atribución de significados. A continuación los resultados.

• **Tipos de representación utilizados en la construcción del discurso.** Seleccionamos las representaciones no-textuales utilizadas en cada texto que, se clasifican según su tipo (diagrama, tabla...), y el nivel (macroscópica, micro, simbólica) de la representación. Los resultados se reportan como %.

TABLA 1
Tipos de representaciones gráficas de uso frecuente.

Diagramas				Gráficos Cartesianos		Tablas	Fotografías	Combinación		Texto
S-An-Mi	S-An-Ma	S-An	S-L-Pro-M	S-Ab-Ma	S-Co-Ma		Na-An-Ma	F-D(Mi)-S(Pro)	D(Ma/Mi)-S	
10.5%	5.3%	10.5%	0%	21.1%	15.8%	10.5%	5.3%	15.8%	5.3%	Brown
26.3%				36.9%		10.5%	5.3%	21.1%		
5.3%	10.5%	0%	26.3%	0%	10.5%	15.8%	21.1%	0%	10.5%	Petrucci
42.1%				10.5%		15.8%	21.1%	10.5%		
6.66%	0%	6.6%	6.66%	20%	6.66%	6.66%	40%	0%	6.66%	Chang
20%				26.66%		6.66%	40%	6.66%		

S: simbólico; L: lingüístico; An: analógico; Mi: microscópico; Ma: macroscópico; Ab: abstracto; M: matemático; Co: concreto; F: fotografía; Na: naturalística; D: diagrama; Pro: proceso

• **Funciones, contexto, niveles.**

Aunque los autores estudiados destacan que el equilibrio se alcanza al igualarse las velocidades de las reacciones directa e inversa (**presentación**) por lo que utilizan una aproximación cinética (**contexto paradigmático**), se observa el uso de representaciones múltiples (textuales más no-textuales) para construir el discurso.

2. Huddle, P.A & Drawn, M. (2000). Using a teaching model to correct known misconceptions in electrochemistry. *Journal Chemical Education* 77, 1,104-110.

A continuación destacamos los siguientes resultados producto de analizar representaciones no-textuales que se refieren al mismo contenido. A manera de ejemplo compararemos las figuras 15.6³ (p.579) con la Fig 16.3⁴ (p.630).

Clasificación:

- Son representaciones **Simbólica-abstracta-macroscópica**: la relación entre la representación y la situación es abstracta.

Función Presentación:

- Ambas Figuras constituyen una representación del avance de un sistema químico real. La 15.6 representa la síntesis del amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno, $N_2(g)+3 H_2(g) \leftrightarrow 2 NH_3(g)$. La Fig.16.3 representa la síntesis del metanol: $CO(g)+2 H_2(g) \leftrightarrow CH_3OH(g)$.
- Las Fig.15.6 y 16.3 muestran transcurso de reacción a partir en situaciones iniciales diferentes. En la Fig. 16.3 (1) mezcla equimolar (1mol)de reactivos, (2) desde (1mol) el producto, (3) mezcla equimolar (1mol) de reactivos y producto
- A partir de las gráficas, es posible inferir las variaciones, como vemos en la Fig. 15.6, dentro de la situación a) inicio sólo con reactivos, la presión de nitrógeno e hidrógeno disminuyen hasta hacerse constantes en la formación de producto (presión aumenta hasta hacerse constante; se alcanza el equilibrio cuando ya las presiones no cambian. Constante no implica igualdad.

Función Organización y Orientación:

- La 16.3. presenta tres gráficos cartesianos identificados con subtítulo “experimento” lo que orienta al lector acerca de la relación representación-situación. El autor complementa la información del gráfico haciendo uso de diferentes recursos texto-gráfico-tabla para atribuir significados (**intertextualidad**). El uso de diferentes colores para las líneas orienta al lector a visualizar diferentes condiciones iniciales.

Significados tipológicos y topológicos.

- A partir de las tablas, gráficos cartesianos y diagramas es posible atribuir significados tipológicos y topológicos lo cual es explicable por la naturaleza del objeto sobre el que se produce el discurso.

Niveles macro, micro y simbólico.

- Observamos una tendencia a incluir representaciones no-textuales que vinculen el nivel macro- micro y simbólico, el tipo de representaciones que resulta más útil para visualizar esta relación son los diagramas, y la combinación de fotografías y diagramas; ejemplo de estas representaciones son: Fig 15.2, (p. 576, Brown y col, 2004); Fig. 16.4 (p.637, Petrucci y col, 2003).

En **conclusión** podemos afirmar: a) que se observa una tendencia al uso de los diferentes tipos de representaciones aunque en proporción diferente; b) en los diferentes tipos de representaciones el autor presenta un contenido (**presentación**), el cual es organizado de una manera particular para lo que usa diferentes recursos tanto textuales como no textuales: colores, sombras (**orientación**); c) la construcción de significados, particularmente para los novatos, depende del uso simultáneo de los diferentes tipos de representación.

Pretendemos finalmente explorar la representación pedagógica que permita hacer explícitas las reglas utilizadas para expresar el lenguaje de una disciplina, porque los modelos conceptuales, conformados por conceptos y teorías, se articulan a través de representaciones verbales, matemáticas y gráfico-visuales que en conjunto conforma el lenguaje de una ciencia particular. Visualizar esta representación pedagógica tiene importantes implicaciones para la enseñanza.

3. BROWN, Y COL. (2004). *Química la Ciencia Central*. 9 Ed. (español). Pearson Educación, México.

4. PETRUCCI Y COL (2003). *Química general*. (8va. Ed.). Pearson Education,S.A. Madrid.

BIBLIOGRAFÍA

- BOWEN, G.M., ROTH, W-M & MCGINN, M. (1999). Interpretations of Graphs by a university Biology Students and Practicing: toward a social practice view of scientific representation practice. *Journal of Research in Science teaching*, 36, 9, 1020-1043.
- GRECA, I. & MOREIRA, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
- LEMKE, J. L. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in J.R. Martin & R. Veel (Eds.) *Reading science: critical and functional perspectives of discourses of science* (pp. 87-111). New York: Rout ledge.
- LEMKE, J. L. (s/f). *Multimedia literacy demands of the scientific curriculum*. Para: Literacy Demands of the Post-compulsory Curriculum. From <http://www-personal.umich.edu/~jlemke/papers/barcelon.htm>
- ROTH, W-M & MCGINN, M. (1998). Inscriptions: toward a theory of representing as social practice. *Review of Educational Research*, 68, 1, 35-59.