

El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico

El concepto de representación externa como base teórica para generar estrategias que promuevan la lectura significativa del lenguaje científico

The concept of external representations as theoretic base to generate strategy that promotes the lecture of scientific language

Giovanna Lombardi (1); Concesa Caballero(2) y Marco Antonio Moreira(3)

(1)Universidad Central de Venezuela

(2)Universidad Burgos

(3)Universidad Federal Rio Grande do Sul

RESUMEN

El estudio de los sistemas de representaciones externas utilizadas para construir el lenguaje en un campo disciplinar proporciona la oportunidad de examinar, desde la perspectiva semiótica, el quehacer de las aulas de clase. Centramos nuestra atención en el análisis de las representaciones pictóricas, representaciones que constituyen un componente importante en la construcción del discurso científico y que es "opaco" cuando los estudiantes leen un texto con el propósito de aprender. Se caracterizaron tres tipos de representaciones pictóricas (RP) de amplio uso en el lenguaje científico: los gráficos cartesianos, las tablas y los diagramas de estructura.

Palabras clave: *Representaciones externas; representaciones pictóricas; gráficas; tablas; diagramas de estructura*

ABSTRACT

The study of external representations systems used to build language within the framework of a disciplinary field presents the opportunity to study school activities from a semiotic perspective. Thus, we centered our attention on the analysis of pictorial representations (PR) which constitute an important element for the construction of the scientific discourse, which

is “opaque” to students when they read a text with the purpose of learning something from it. Three types of pictorial representations extensively used in the scientific language were characterized: cartesian graphs, tables and structure diagrams.

Key words: *External representations; pictoric representation; cartesians graphics; tables and structure diagrams*

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, es frecuente encontrar opiniones que muestran inconformidad con los resultados del proceso de escolarización. En particular con los procesos asociados al aprendizaje de las ciencias naturales. En los últimos veinticinco años hemos sido testigos de diferentes tendencias teóricas que han dejado su impronta en las representaciones pedagógicas asumidas durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, representaciones que con más o menos influencia han determinado el quehacer en las aulas de clase.

Estos cambios reflejan la búsqueda incesante de estrategias que permitan disminuir la distancia entre lo que esperan los profesores y lo que logran los estudiantes. En general podemos afirmar que mientras los profesores aspiran se produzca un proceso de comprensión de tal naturaleza que permita la aplicación del conocimiento en un campo disciplinar a la resolución de nuevos problemas, los estudiantes solo logran resolver ejercicios, en otras palabras, los profesores esperan comprensión-aplicación y lo que se logra es memorización-repetición.

Entre estas tendencias teóricas tenemos (Campanario y Moya, 1999): a) el aprendizaje por descubrimiento; b) la enseñanza basada en el uso de problemas; c) cambio conceptual como punto de partida para las ideas constructivistas; d) el aprendizaje de las ciencias, como proceso de investigación dirigida; e) la enseñanza de las ciencias, desde el desarrollo de capacidades metacognitivas; y, f) la importancia de los diseños instruccionales. Recientemente se está prestando atención al lenguaje y se hace uso del marco referencial que aporta la semiótica.

En este trabajo se propone, desde una aproximación semiótica, abordar el estudio del lenguaje y el discurso, entendido este último como lenguaje en acción y las posibilidades de redimensionar el papel de la escuela, entendiéndola como el lugar por excelencia para promover un proceso de enculturación, es decir para conocer los modos de “hacer”, “hablar” y “construir” el conocimiento dentro de una comunidad discursiva. En este sentido, resultan pioneros los trabajos de Lemke (1993, 1998a, 1998b), así como los trabajos de Roth y McGinn (1997); Roth y Bowen, 2001; Roth (2002); Han y Roth (2006). En el ámbito iberoamericano destacan los trabajos de Perales (2006); Márquez y Pratt (2005). En Venezuela se han realizado algunos trabajos desde la perspectiva del lenguaje, entre ellos Lombardi (2005, 2003); Lombardi y Caballero (2007); Michinel y León (2002), Michinel y Froes (2007).

Centramos nuestra atención en el sistema de representaciones pictóricas utilizadas para la construcción del lenguaje científico para lo cual: a) realizaremos una investigación documental que nos permita caracterizar las representaciones pictóricas del tipo gráficos cartesianos, diagramas de estructura y tablas; b) estudiar las habilidades de los estudiantes para “leer” un tipo particular de representaciones pictóricas, para lo cual analizamos las respuestas de dos grupos diferentes de estudiantes a una pregunta en la que un componente importante de la información está dada en forma gráfica (anexo1) .

La semiótica como referencia.

La semiótica, “*la ciencia general de los signos lingüísticos*” que engloba la semántica y la sintaxis (Perales, 2006), el aporte de la semiótica consiste en “*ampliar el término **entorno de aprendizaje** para incluir estos signos, símbolos y reglas establecidas como poderosas características que influyen sobre el aprendizaje y la enseñanza*” (Perales, 2006).

Este abordaje se justifica porque el discurso científico se construye, a partir de diferentes sistemas semióticos: lenguaje natural, lenguaje

gráfico, lenguaje matemático, lenguaje gestual. Esta característica determina la necesidad de hacer explícitas las reglas que nos permiten conectar la “cosa” o “idea” con los “signos” con las que la sustituimos (el signo “mesa”/la cosa “mesa”).

La argumentación presentada se focaliza en tres puntos: (a) la complementariedad de los diferentes sistemas de representación; (b) las representaciones pictóricas están cargadas de contenidos; y, (c) la necesidad de un proceso de alfabetización como requisito previo para atribuir significados a las representaciones pictóricas dentro de una comunidad discursiva.

La complementariedad de los diferentes sistemas de representación.

Para Lemke (1993) recurrir a estos diferentes modos semióticos es una necesidad que impone la naturaleza de la “cosa” o la “idea” sobre lo que queremos hablar, de allí que cada representación facilita hablar de una manera determinada sobre un tópico particular, en consecuencia los diferentes modos semióticos actúan de manera sinérgica. El uso de distintos sistemas de representación no responde al propósito de “repetir”, “ilustrar”, “hacer más llamativo” la información que se presenta; por el contrario, se incluyen con el propósito de completar la información que se presenta de manera de facilitar la transmisión del mensaje. A manera de ejemplo, si queremos describir exactamente la distribución espacial de diferentes componentes de un equipo de resonancia magnética lo primero que nos viene a la mente es realizar un croquis en el que ubicamos a escala, entre otros datos, posición, tamaño, conexiones, de cada uno de estos componentes; para lo cual se utilizan sistemas de signos particulares.

En este sentido Márquez y Prat (2005, p.435) sintetizan los planteamientos de Lemke de la manera siguiente:

...la imagen y el texto no son complemento uno de otro, ni dan como significado final una suma, una adición del valor de

cada componente sino que el significado de la palabra puede ser modificado por la imagen y viceversa, dando un resultado nuevo, al que llama multiplicativo, fruto de la interacción de los dos lenguajes. Texto e imagen en un mismo contexto no son redundantes, en el sentido de que representen dos maneras de expresar las mismas ideas, sino que nos conducen a interpretaciones conjuntas de las cuales obtenemos un nuevo significado”

En la Figura 1a, tomada de Márquez y Prat, 2005 y Figura 1b, tomada Brown y col, 2003 (p.81), se observa claramente como puede construirse el discurso utilizando diferentes sistemas de representación: representaciones lingüísticas y diferentes tipos de representaciones pictóricas, en este caso fotografías y diagramas estructurales. Las fotografías nos permiten hacer referencia expresa al nivel macroscópico mientras los diagramas de estructura nos remiten al nivel microscópico.

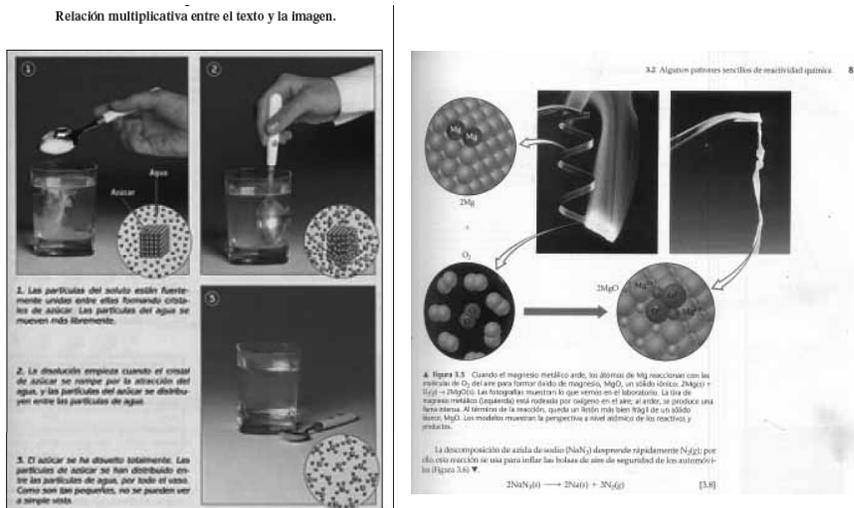


Figura 1: Construcción del Discurso a Partir de Diferentes Sistemas Semióticos

Las representaciones pictóricas están cargadas de contenidos

A continuación haremos referencia a la estructura conceptual implícita en las representaciones pictóricas utilizadas para construir el lenguaje científico. Las RP están cargadas de significados. Para ejemplificar esta premisa examinemos un ejemplo tomado de las caricaturas políticas. La caricatura seleccionada es de RAYMA¹ y se muestra a continuación.

En esta representación subyacen dos conceptos abstractos: dictadura y democracia, conceptos que de no ser compartidos entre el lector y el autor dificulta el proceso de interpretación de la caricatura. De igual forma el lector debe tener conocimiento sobre los diferentes tipos de pelotas que se utilizan en distintos deportes.



Necesidad de Alfabetización.

Considerar que el lenguaje científico es un híbrido semiótico plantea nuevas demandas al proceso de lectura con el propósito de aprender. Leer para aprender requiere que el estudiante desarrolle competencias que le permitan interpretar estos diferentes sistemas de representaciones. Asumir el carácter híbrido del lenguaje científico tiene implicaciones en lo pedagógico ya que los diseños instruccionales deben utilizar estrategias que permitan desarrollar estas competencias.

Autores como Lemke (1998a), Bowen y colaboradores (1999), Márquez y Prat (2005), asumen la visión pedagógica y plantean la necesidad de “alfabetizar” a los alumnos para que puedan usar estos múltiples sistemas de representación con el propósito de atribuir significados en un contexto disciplinar particular.

¹ Humorista venezolana. Caricatura publicada en un diario de circulación nacional, diario El Universal el día 18 de junio del 2006 durante el campeonato mundial de football.

En el contexto disciplinar se entiende alfabetización con una doble dimensión (Lemke, 1994):

- a) Estar familiarizado con los conceptos y hechos científicos; y
- b) *Tener habilidad para utilizar un complejo aparato representacional para razonar o calcular dentro de una comunidad de discurso lo cual determina una práctica específica.*

Destacamos este segundo componente por tener, en nuestra opinión, una estrecha relación con el tema que abordamos pues las representaciones pictóricas forman parte de “ese complejo aparato representacional”

Otro elemento que apunta a la necesidad de pasar por un proceso previo de alfabetización lo constituye los diferentes sistemas de reglas utilizadas por el lenguaje científico y el lenguaje natural. Este enfoque parte de la consideración que aunque los textos disciplinares están escritos en un lenguaje conocido, por ejemplo el español, las reglas que se utilizan para relacionar “cosa”/signo son diferentes. Por esta razón Lemke equipara el esfuerzo necesario para aprender el lenguaje de una disciplina particular con el esfuerzo para adquirir una lengua extranjera.

El lenguaje científico es el medio para exponer, discutir, explicar los fenómenos científicos y para lograrlo se construye un discurso que es preciso, riguroso, formal, impersonal que utiliza diferentes modos semióticos. Este lenguaje permite la construcción de un discurso que puede ser entendido como un “*discurso sobre la materialidad del mundo*” (Lemke, 1998b); discurso que conocemos como ciencia. Es un discurso que se caracteriza porque permite que los científicos: a) *vean* algunos aspectos del mundo de una forma nueva; b) *hablar* acerca de él de una forma diferente; c) *hacer* cosas de nuevas maneras (Sutton, 2003).

La Tabla 1 presenta, a partir de una síntesis de los planteamientos de Lemke (1993), algunas características del lenguaje científico, en su expresión lingüística, en contraposición al lenguaje natural; la caracterización descrita le confiere al lenguaje científico un alto grado de abstracción lo cual dificulta su aprehensión.

Tabla 1. Cuadro comparativo de las características del Lenguaje Común y el Lenguaje Científico.

Lenguaje común	Lenguaje científico
✓ Los seres y cosas se designan por nombres y los procesos por verbos.	✓ Se nominalizan los procesos y los verbos expresan relaciones no acciones.
✓ La gramática es más compleja e intrincada.	✓ La gramática es más sencilla pero tiene una mayor densidad léxica porque casi todos los términos que se usan conllevan significados interrelacionados a una estructura conceptual.
✓ Polisemia, es decir, diversidad de significados la comunicación permite negociar los significados.	✓ Significación unívoca, dificultando la comunicación por la inexistencia de negociación (monosemia).
✓ Usado en la cotidianidad no requiere evidencia.	✓ Usado con un nivel teórico, abstracto, requiere el uso de evidencias para la construcción de argumentos.

Esta caracterización nos lleva a interrogarnos sobre las implicaciones pedagógicas, por ejemplo, ¿qué consecuencias tiene nominalizar, descontextualizar y aumentar la densidad léxica para el proceso de comprensión de los jóvenes estudiantes?

A las dificultades atribuidas a la manera de “hablar”, utilizando representaciones lingüísticas, se suma la dificultad que representa la lectura de las representaciones pictóricas que, como se ha señalado, utilizan un sistema particular de reglas para relacionar la “cosa” con el signo que la sustituye.

Profundizar en la caracterización del lenguaje científico, con el propósito de reconceptualizar el término alfabetización en el contexto escolar, nos lleva a considerar el concepto de *representación*, y en particular el concepto de *representación externa* y *representación*

pictórica, categorías en la que se inscriben los diferentes sistemas de representaciones utilizados al construir el discurso escolar, especialmente el discurso que se expresa en los libros de texto.

El lenguaje científico como sistema de representaciones externas

Reconocemos dos grandes tipos de representaciones: las externas y las internas (Eysenk y Keanne, 1990), sin embargo, sólo recientemente se ha hecho explícita la necesidad de diferenciar entre ambos tipos de representaciones. Tradicionalmente en las ciencias cognitivas sólo se consideraban las representaciones internas. Establezcamos las diferencias.

Las *representaciones internas*, o representaciones mentales, son los sistemas internos de información que utilizamos en los procesos de percepción, lenguaje, razonamiento, resolución de problemas y otras actividades cognitivas. No es posible observar, en forma directa, las representaciones internas, por lo tanto su naturaleza sólo puede ser **inferida** a partir de datos indirectos.

Las *representaciones externas* son notaciones, signos o conjunto de símbolos que nos vuelven a presentar un aspecto del mundo externo en su ausencia; se concretan en expresiones como mapas, menús, proyectos, historias, símbolos químicos, modelos tridimensionales para representar la estructura de los compuestos, las ecuaciones químicas o matemáticas.

Las representaciones externas se dividen en lingüísticas y pictóricas y las representaciones internas en simbólicas y distribuidas. En este trabajo desarrollaremos el concepto de representación externa y/o signo y en particular las representaciones externas tipo pictóricas.

El concepto de representación externa utilizado en las ciencias cognitivas puede equipararse al concepto de signo utilizado en la semiótica, comparemos ambos conceptos.

El concepto de representación externa.

Entendemos por representación externa, de acuerdo con Eysenk y Keane (1990) “... *Cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que re-presentan (vuelve a presentar) algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación, en ausencia de ella*”.

Los signos son trazos materiales que remiten al lector a “algo” diferente al signo; este “algo” es el referente -o contenido- del signo (Roth, 2002). Los signos se nos presentan con diferentes formas, por ejemplo, palabras, imágenes visuales, sonidos, olores, objetos, acciones,

Componentes de la representación. La definición de Eysenk y Keane (1990) tiene cuatro componentes² (Markman, 1999; cita en Greca, 2000) que consideramos son comunes a la definición propuesta por Roth (2002), a saber:

b.1) *Un mundo representado (referente):* asociado al contenido, que refiere al dominio sobre el que actúan las representaciones.

b.2) *Un mundo representante (signos):* es el dominio que contiene la representación, se expresa por signos que “sustituyen” al mundo representado. El mundo representante puede tener características simbólicas o analógicas, y constituye un sistema que permite preservar alguna información del mundo representado. El mundo representante no es equivalente al mundo representado porque en el último se pierde información.

En química, desde los griegos hasta nuestros días, se asume la hipótesis atómica: “todas las cosas están formadas por átomos”³ y en correspondencia con esta hipótesis se desarrolla un sistema simbólico capaz de representar la materia y las transformaciones que experimenta.

² En paréntesis la nomenclatura utilizada para denotar cada componente en el marco de la semiótica

³ Atomismo griego (400 aC), teoría atómica de Dalton, (1789), mecánica cuántica son evidencia del cambio de modelo sin alterar la hipótesis básica: la materia está formada por átomos.

b.3) Reglas de representación: son las reglas que nos permiten relacionar el mundo representado con el mundo representante, es decir, son las reglas que nos permiten, a través de un proceso cognitivo, atribuir significado a las representaciones. En química, están conformadas por las leyes, principios o teorías. Por ejemplo, aceptar que los átomos no se crean ni se destruyen implica que las partículas deben conservarse en un cambio químico, representar un cambio químico mediante una reacción exige balancear la ecuación química de manera de asegurar que los átomos se conserven.

b.4) Un proceso que usa la representación: las representaciones externas se utilizan para realizar diferentes tareas cognitivas, como la resolución de problemas, razonamiento y la toma de decisiones; de igual manera desempeñan un papel importante en el proceso de comprensión (Schnotz y Bannert, 2003). Ejemplos de los procesos que usan la representación lo encontramos en el proceso de comprensión al leer un texto de química o el proceso de resolución de un problema de equilibrio químico.

Los signos son representaciones en la medida que existe un proceso que permite interpretar la representación. Este componente es el determinante, los otros tres sólo generan la potencialidad de ser una representación. Este componente es de gran importancia porque son los procesos los que determinan los significados.

Clasificación de las representaciones externas.

Las representaciones externas pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: Lingüísticas y Pictóricas (Eysenk y Keane, 1990). Las representaciones lingüísticas, también denominadas, textuales y las pictóricas, no textuales, tienen propiedades diferentes.

Mientras las **representaciones lingüísticas** son representaciones atómicas de carácter simbólico que se caracterizan porque la relación entre el signo lingüístico y lo que este signo representa es arbitraria;

las **representaciones pictóricas** son representaciones molares cuya estructura se parece a la del mundo que representa, es decir, son analógicas. Sin embargo, tenemos un grupo de representaciones pictóricas que son análogas al modelo conceptual que representa, por ejemplo la representación de átomos por esferas.

Tenemos un segundo tipo de representaciones pictóricas en que la relación representado-representante es arbitraria, por ejemplo aquellas en que las relaciones están mediadas por el lenguaje matemático, como los gráficos cartesianos. En general, las representaciones pictóricas se caracterizan porque: (a) aportan información espacial, proporcionando 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.

La representación de objetos como un termómetro o un recipiente son representaciones pictóricas analógicas. Estas representaciones se constituyen en recursos semióticos que permiten desarrollar procesos internos que conducen a la atribución de significados en contextos disciplinares.

Las propiedades de las representaciones externas les permiten ser utilizadas para realizar tareas cognitivas, entre ellas según Zhang y Norman (1994):

- Proveen una *información que puede ser percibida y utilizada directamente sin necesidad de operar sobre ella*, es decir, interpretarla y formularla explícitamente.
- Permiten *anclar un comportamiento* cognitivo porque la *estructura física en la representación externa indica acciones cognitivas permitidas y prohibidas*.
- Cambian la naturaleza de la tarea, *tareas con y sin representaciones externas son completamente diferentes* aunque la naturaleza abstracta de la tarea sea la misma.

Representaciones Pictóricas (RP)

También se conocen como: depictivas (Schnotz y Bannert, 2003); incrustaciones (Roth, Bowen y McGinn, 1999); representaciones gráficas (Lieben y Downs, 1992); imágenes visuales (Otero, 2004); gráfico-visuales (Lemke, 1998b), no-textuales.

Para Lieben y Downs (1992) una **representación gráfica** es algo compuesto de marcas (puntos, líneas, sombras, colores,...) sobre una superficie bidimensional de tal manera **que la combinación del mundo representante con las reglas de representación es capaz de promover la realización de una tarea cognitiva que permita inferir un significado**, utilizando como recurso semiótico las propiedades de su disposición espacial en la superficie, por ejemplo, tamaño, forma, densidad, distribución.

Relación representado-representante en representaciones pictóricas.

Podemos hablar de tres tipos de relaciones diferentes entre el mundo representado y el representante

- *Relación de analogía*, aquellas en que su estructura se parece a la del mundo que representa, es el caso de las fotografías o los dibujos.
- *Analogía con un modelo conceptual*; es el caso de las representaciones de los átomos utilizando esferas. Estas representaciones son más abstractas y complejas, la demanda cognitiva requerida para realizar el proceso de atribución de significados es mayor. La representación de una estructura molecular nos informa sobre el tipo de átomos que conforman la estructura, el arreglo espacial de esos átomos, los radios atómicos, las longitudes de enlace
- *Arbitrariedad*. Un tercer grupo de representaciones pictóricas más abstractas la tenemos en aquellas representaciones que la *relación situación/representación es arbitraria*, por ejemplo el caso de los

gráficos cartesianos, en este tipo de representación desempeñan un papel importante las reglas para dirigir el proceso de atribución de significados.

Clasificación Representaciones Pictóricas.

Es frecuente encontrar diferentes tipologías para agrupar las representaciones pictóricas. Destacaremos dos clasificaciones: a) en función de la relación signo-referente, y b) atendiendo al criterio de la representación como ayuda al proceso de comprensión.

Clasificación en función de la relación signo-referente: Analógica-Simbólica.

Poseer y Roth (2003) aportan una primera clasificación, utilizada originalmente por Roth y col. (1999), muy general que se fundamenta en las características que la representación guarda con lo que representa, relación que podemos colocar, como ya hemos señalado, en dos extremos: analógica o abstracta.

Dentro de esta categorización, muy amplia, los autores incluyen: (a) las ecuaciones matemáticas y químicas; (b) los gráficos cartesianos; (c) las tablas; (d) los mapas; (e) los diagramas; (f) dibujos naturalistas; y (g) las fotografías. El grado de abstracción disminuye en el continuo ecuaciones → fotografías. A mayor nivel de abstracción aumenta la necesidad de conocer las reglas para conectar signo/referente.

Clasificación en función del papel que cumplen en la comprensión.

Una segunda clasificación diferencia a las representaciones pictóricas en diagramas, gráficos, mapas, ilustraciones, etc.; esta clasificación se fundamenta en los significados que pueden ser inferidos a

partir de la representación, por ejemplo, de acuerdo con Postigo y Pozo, (1999):

Diagramas: es una representación gráfica de contenidos conceptuales. En ella se hace explícito las interrelaciones entre los conceptos y se caracteriza por presentar la información de manera esquemática. Los contenidos son presentados en forma simbólica (verbal) con la ayuda de elementos como flechas, llaves, cuadros. Clasifican como diagramas los cuadros sinópticos, organigramas, mapas conceptuales, diagramas de flujo, entre otras.

Gráficos: son representaciones que expresan una relación numérica o cuantitativa entre dos o más variables a través de distintos elementos (líneas, barras, sectores), como ejemplos se tienen las tablas de datos, gráficas de ejes de coordenadas, histogramas.

Mapas, planos o croquis son representaciones que expresan una relación espacial selectiva, donde la localización de diferentes partes del objeto o fenómeno representado es una parte importante del mismo. Existen relaciones de correspondencia con el objeto representado ya sea en un plano estructural (paralelismo físico) o conceptual (paralelismo abstracto). Pero la correspondencia es selectiva. Ejemplos de este tipo de representaciones son los mapas, planos, dibujos esquemáticos, entre otros.

Ilustraciones son representaciones que muestran una relación espacial reproductiva de un objeto o fenómeno; conservan, no solo, una correspondencia espacial con lo representado sino que es una copia fiel del mismo. Por su objetivo es importante la conservación y reproducción de todos los elementos, por ejemplo las fotografías.

A continuación profundizaremos en el estudio de las representaciones pictóricas tipo Gráficos, que incluye tanto los gráficos cartesianos como las tablas. Representaciones que, según la clasificación anterior, permite expresar cualitativa y cuantitativamente la relación entre dos variables a partir de signos como puntos, líneas, áreas, etc.

Reglas que permiten relacionar representado representante en los diferentes tipos de representaciones pictóricas.

Es posible afirmar, que la lectura de una representación pictórica exige el uso de dos sistemas de reglas de representación: (a) reglas generales que derivan de sistemas de representación específicos como por ejemplo las reglas asociadas al sistema de signos utilizados en un campo particular y (b) reglas específicas que derivan del contexto en que se utiliza la representación, es decir referidas al contexto paradigmático en que se usan las reglas. De igual manera es posible afirmar que las reglas que permiten conectar el signo al referente (representado-representante) depende de dos variables: (a) el tipo de representación y (b) el área de contenido en que se utiliza la misma. Razón por la cual desarrollaremos nuestros argumentos en función del tipo de representación y el área de contenido será dentro de la química.

Entre las diferentes representaciones pictóricas analizaremos los gráficos cartesianos, las tablas y los diagramas de estructura haciendo referencia al uso de las mismas en el campo de la Química.

Gráficos Cartesianos

Como ya hemos señalado, las representaciones pictóricas no son autosuficientes en el proceso de construcción del significado, en conjunción con los otros formatos actúan en acción sinérgica, de manera que, las ilustraciones más los títulos, el texto principal, las tablas, en conjunto contribuyen a la construcción de un significado canónico (Lemke,1998b; Roth, Bowen y McGinn,1999); de allí la importancia de considerar todas las representaciones al construir el significado de un texto. Retomemos el ejemplo de la caricatura de Rayma que presentamos anteriormente, sería difícil interpretar lo que la autora quería transmitir si eliminamos de la representación los títulos En Democracia-En Dictadura. Sin embargo, nuestra experiencia nos indica que cuando los estudiantes leen un texto científico no utilizan como recurso para atribuir significado las representaciones pictóricas.

Asumir que la lectura y comprensión de los gráficos, y las representaciones pictóricas en general es un proceso trivial, no considera que los significados son atribuidos como resultado de una práctica social, por lo que la lectura no es transparente ni sencilla, de allí la necesidad de encontrar la representación pedagógica que permita realizar el proceso de enculturación.

En la comunidad de científicos e ingenieros las representaciones pictóricas, y en particular los gráficos cumplen diferentes propósitos (Roth y McGinn, 1997), entre ellas:

Los gráficos informan sobre las variables y los valores de las variables seleccionadas y constituyen una manera de representar la experiencia de coleccionar, transformar y teorizar sobre la data. De manera que permiten: (a) describir y (b) predecir resultados futuros (Roth, para publicación)

Cumplen una función retórica en la comunicación científica ya que son un recurso comunicativo que permite destacar ciertas características de la construcción de un fenómeno que el investigador considera relevante.

Son objetos semióticos que permiten re-presentar la realidad, una vez construidos forman parte de esa realidad. *La comprensión del gráfico implica poder establecer relaciones entre el gráfico y el fenómeno.*

Para cumplir estas funciones se utilizan diferentes recursos semióticos, se recurre al uso del espacio, colores, etiquetas, escalas, organización de la data en filas y columnas.

Lectura de un gráfico de solubilidad

A manera de aplicación, analicemos el gráfico de solubilidad Figura 2. Para el proceso de lectura es preciso prestar atención a tres aspectos a los que el autor hace referencia: (a) Los marcos teóricos

involucrados; (b) las pistas que ofrece el autor para que el lector pueda compartir significados y (c) la forma en que se organiza la información.

La presentación de los contenidos: Recursos Presentacionales.

Los contenidos se presentan haciendo uso de un conjunto de recursos que deben permitir: (a) Dar sentido a la curva que identifica la relación entre los dos conjuntos de medidas correspondientes a las variables, lo que facilitará el establecimiento de patrones (Roth, Bowen, y McGinn, 1999); (b) Reducir la flexibilidad interpretativa; y (c) Que el lector pueda reconstruir a partir del gráfico la situación real (el fenómeno). Los datos brutos solo se grafican después de decidir en que contexto paradigmático nos moveremos en asociación con los instrumentos que se utilizarán (Roth, Bowen, y McGinn, 1999).

Entre estos recursos tenemos: a) etiquetas para las abscisas; b) naturaleza de las escalas que se utilizan; c) unidades; d) leyendas y barras de errores; e) títulos; f) figuras estadísticas; g) títulos y textos, entre otros.

<i>Función</i>	
Los marcos teóricos	Concepto de solubilidad Dependencia de solubilidad naturaleza del soluto (a una temperatura dada, para cada soluto tenemos un valor de solubilidad) Dependencia de solubilidad de la temperatura (a diferentes temperaturas, para un mismo soluto, se tiene diferentes valores de solubilidad) Dependencia solubilidad del solvente y la cantidad de solvente (solubilidad en 100 g agua) Hay solutos que aumentan su solubilidad al aumentar la temperatura y solutos en que ocurre lo contrario (puede hacerse dos grupos)
Las pistas del autor	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
La organización de la información	Las variables (propiedades) en un gráfico se organizan en los ejes <i>xy</i> , esta organización permite: a) identificar relaciones causa efecto cambio en T cambio en solubilidad para un compuesto dado, b) comparar, en este caso, en cuales compuesto el efecto de cambiar T es de mayor o menor proporción, c) clasificar en grupos las sales (aumentan solubi)

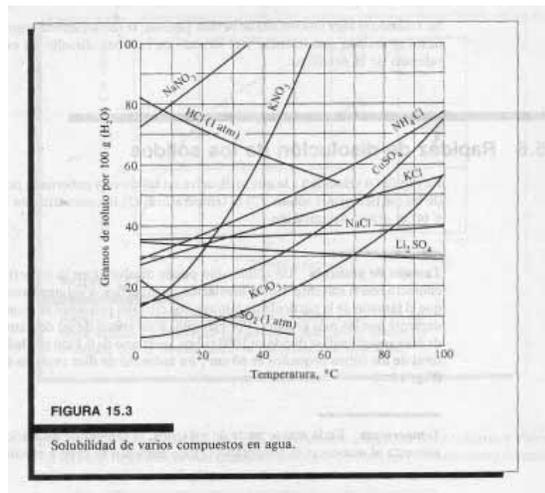


Figura 2: GRÁFICO DE SOLUBILIDAD COMPUESTOS EN AGUA (Tomado de Lombardi, 2005)

Profundizaremos en el análisis de algunos de estos recursos.

- *Etiquetas.* Conjuntamente con los títulos las etiquetas nos permiten establecer el área de contenido en la que se inscribe la representación, lo que ayuda a definir las leyes y principios dentro de los cuales puede ser interpretado el fenómeno. Establecer los límites conceptuales en los que se inscribe el fenómeno permite identificar las variables a seleccionar para presentar la covariación, al tiempo que debe facilitar interpretar el gráfico. Por otra parte, las etiquetas permiten al lector definir la naturaleza del espacio y sus dimensiones.
- *Escalas.* Nos refiere a la situación concreta, el experimento. Permite el mapeo de las medidas realizadas con los instrumentos en el espacio del gráfico (Roth, Bowen y McGinn, 1999). Facilita crear una ilusión de continuidad entre el fenómeno (mundo representado) y el gráfico (mundo representante), continuidad que no es transparente dada la relación de arbitrariedad que existe entre el mundo representado y los signos utilizados para su representación (mundo representante). Por otro lado, en los gráficos se representan las medidas lo que

permite definir un nuevo espacio métrico que relaciona el gráfico con los instrumentos. Para la construcción de este tipo de gráficos es frecuente utilizar escalas de diferentes tipos (a) linear/linear, (b) linear/log; c) log/linear y (d) log/log.

- *Unidades.* Igual que las escalas nos remiten a un contexto situacional específico. El sistema de medidas permitiendo representar los ordenes de magnitud.
- *Puntos.* Los puntos en el gráfico se convierten en unidades de análisis, que representan un individuo o una cosa, y es este individuo o cosa que el lector debe recuperar a partir de la lectura del gráfico.
- *Líneas.* La síntesis en el gráfico cartesiano la constituye la línea (curva uniforme), la cual se construye a partir de los puntos que representan las medidas. Aunque cada punto se fundamente en datos reales cada punto constituye una nueva entidad en un nuevo espacio que se ha generado a partir de las abscisas y las etiquetas (Roth, Bowen, y McGinn, 1999). El lector debe reconstruir el mundo representado (realidad) a partir del mundo representante (gráfico) utilizando los puntos y las líneas. De allí que la línea y los puntos facilitan el proceso de atribuir significados topológicos (covariación). Esta línea marca una relación funcional entre dos conjuntos de medida que muestran relaciones conceptuales que responden a una función matemática.

La selección del tipo de gráfico a utilizar está determinada por lo que queremos representar: variaciones continuas o variaciones discretas, solo mostrar tendencias (generalmente utilizadas para describir relaciones conceptuales, por ejemplo la ley de Boyle, en cuyo caso solemos utilizar gráficos que responden a un modelo matemático; cuando lo usamos para describir una situación experimental solemos recurrir a un trazado disperso con la “mejor línea” o un trazado disperso que responde a un modelo matemático.

Sin embargo, desde los diferentes recursos se construye una presentación, en la que se establecen aseveraciones y desde la que se pueden construir argumentos, de allí la complejidad para la comprensión o la atribución de significados. Las etiquetas, las escalas, las unidades, los puntos, las líneas nos permiten “textualizar” la información del gráfico.

Así a partir del gráfico de solubilidad, construido a partir de datos empíricos, es posible leer:

Valores de las variables en un punto, igual que en las tablas. Por ejemplo a partir de la Figura 5 es posible afirmar que la solubilidad del cloruro de amonio, NH_4Cl , a $20\text{ }^\circ\text{C}$ es $37\text{ g}/100\text{ g}$ de agua, afirmación que también puede expresarse señalando que a $20\text{ }^\circ\text{C}$ se disuelven 37 g de cloruro de amonio en 100 g de agua.

Tendencias en la variación de la solubilidad respecto a la temperatura. Para algunas sustancias, por ejemplo, K_2SO_4 y KNO_3 , la solubilidad de la sal aumenta a medida que aumenta la temperatura, sin embargo el efecto es más marcado para el nitrato de potasio que para el sulfato de potasio. En el caso del Li_2SO_4 y el SO_2 , encontramos el efecto contrario, al aumentar la temperatura aumenta la solubilidad del compuesto.

Generalizaciones. La variación de solubilidad con la temperatura depende de la sal particular que se considere. De manera que, no es posible aseverar, de manera general, que aumentos en la temperatura implican siempre aumento en la solubilidad, es decir en el caso de las propiedades temperatura-solubilidad **no** es posible, establecer un patrón general “si se aumenta la Temperatura entonces se produce un aumento de la solubilidad de la sal”. Si solo se presentara la tabla o un gráfico que no incluyera los solutos SO_2 y Li_2SO_4 (función orientacional) el lector podría asumir la generalización anterior de forma incorrecta.

Las pistas que ofrece el autor: Recursos orientacionales

Son recursos que orientan al lector sobre los aspectos que el productor considera relevantes, entre estos tenemos: (a) títulos y textos, (b) color, (c) formas y tamaños de los puntos que representan la data, (d) color de las líneas, (e) naturaleza de las líneas, (f) etiquetas para las curvas, (g) identificadores para las curvas, (h) espacio.

Espacio. Refiere a ambas dimensiones de la superficie del papel, a veces se simula una tercera dimensión. Este espacio no representa una continuación de la situación real (como sería el caso de un dibujo o una fotografía) dada la relación arbitraria y convencional entre los signos de la representación y el mundo representado. El gráfico cartesiano crea un nuevo espacio que no guarda relación con el espacio de la experiencia del lector (Roth, Bowen, y McGinn 1999), porque la relación entre lo representado y la representación es arbitraria, de allí que no resulte fácil la reconstrucción del fenómeno a partir del gráfico.

Títulos y Texto Principal. Se constituyen en una ayuda que busca centrar al lector para facilitar el proceso de lectura del gráfico.

Atribuir significado a los gráficos es un proceso de gran dificultad si el gráfico se presenta aislado, por lo que los gráficos se acompañan normalmente de títulos y un texto principal. El título es un recurso que utilizan los gráficos para precisar el contexto paradigmático contribuyendo a disminuir la flexibilidad de la interpretación, generalmente orienta sobre la fuente de la data y llama la atención a espacios del gráfico de importancia para atribuir significados, en algunos casos el título puede proveer instrucciones para su lectura (Roth, Bowen y McGinn, 1999).

El texto principal delimita el contexto paradigmático y situacional proporcionando pistas sobre los aspectos relevantes del gráfico, así como contribuye a reconocer las restricciones a considerar. Además permite generar interpretaciones que integran el gráfico a un marco teórico constituyéndose en una ayuda que ofrece el autor al proceso de comprensión.

Color, formas y tamaños de los puntos; color, forma y espesor de las líneas. En las representaciones gráficas el autor orienta al lector sobre los aspectos de la información que considera relevantes utilizando diferentes recursos gráficos, por ejemplo la distribución de los espacios, diferenciación de colores, líneas de diferente grosor, color o aspectos diferentes como líneas continuas o punteadas.

Son todos recursos que buscan “ayudar” al lector en el proceso de reconstruir la situación o el fenómeno, son utilizados con el propósito de disminuir la flexibilidad de interpretación, flexibilidad que es prácticamente inevitable y que solo puede restringirse en la medida que al autor proporciona recursos que permitan reducir el rango de situaciones a partir de las que se construye el gráfico.

El color puede ser usado para representar información topológica (usar una barra roja para señalar género) o tipológicas utilizando gradaciones de color; sin embargo se debe ser cuidadoso al usar el color como fuente de representación cuantitativa porque no es exacto; sin embargo constituye un buen recurso, que contribuye a disminuir la carga sobre la memoria de trabajo, si se utiliza para agrupar (Shah y Hoeffner, 2002).

La organización de los datos.

La organización de la data se produce en una dimensión, dos dimensiones o tres dimensiones. Los gráficos en una dimensión, unidimensionales, son aquellos en los que se muestra la variación de una sola variable. En este tipo de gráficos sólo tienen significado las distancias en una sola dimensión, ya sea horizontal o vertical, son fáciles de interpretar a partir de las etiquetas. Un segundo tipo de gráfico es el bidimensional el cual se utiliza para mostrar la relación funcional entre dos variables: x e y . Un ejemplo lo constituye el gráfico de solubilidad mostrado en la Figura 2 de este trabajo.

También es posible realizar gráficas tridimensionales. Se trata de gráficas que muestran tres variables. El punto marca una posición en el espacio y por lo tanto, el valor de cada una de estas tres variables.

Cuando el gráfico representa una situación experimental las siguientes reglas contribuyen a la organización de la información:

Los gráficos cartesianos que generalmente se utilizan en física o química nos muestran una relación funcional entre dos variables involucradas en una situación experimental.

La variable independiente x se coloca en el eje horizontal mientras la variable dependiente y se coloca en el eje vertical. Si la relación entre x - y responde a una función lineal la síntesis del gráfico será una línea recta.

Gráficos cartesianos abstractos.

Los gráficos cartesianos abstractos se caracteriza por no contar con algunos de los recursos citados (escalas, unidades), estos se denominan **gráficos abstractos** (Lemke, 1998b). Este tipo de gráficos solo puede mostrar las relaciones conceptuales porque en el gráfico no se especifica la data a partir de la cual se construye; en este tipo de gráficos no es posible “textualizar” la información como en los gráficos anteriores, pero es posible plantear un nuevo tipo de “textualización” por medio de la matemática, las relaciones pueden responder a líneas rectas ($y=ax+b$), parábolas ($y=a/x$), hipérbolas ($y=ax^2$).

Así si suprimiéramos las escalas, unidades y puntos conservando la línea el lector puede realizar un nuevo tipo de textualización, la matemática, lo cual expande la semántica del lenguaje natural y su gramática (Lemke, 1998b).

Los gráficos abstractos, a través de la semiótica visual, permiten representar covariaciones entre medidas continuas, su “lectura” (a) nos muestra “tendencias” y “dependencias funcionales”, (b) permite inferir “patrones”, (Lemke, 1998b), sin embargo, de la lectura de este tipo de gráficos no es posible obtener información sobre los valores de las variables en un punto determinado.

¿Qué entenderemos por comprender un gráfico?

Desde la aproximación semiótica (Roth, remitido para publicación, p.5) *“comprender un gráfico” se utiliza para hacer referencia al producto (correcto) del proceso de interpretación lo cual implica hacer una translación entre el gráfico (datos y variables) y la situación o descripción verbal.* Para este autor comprender un gráfico significa establecer las relaciones que permitan encontrar la referencia o elaborar el sentido en el contexto de una comunidad de discurso.

Para que el lector “comprenda” el lector debe realizar tres procesos (Shah y Hoeffner; 2002), contribuye a la realización de estos procesos el uso adecuado de los recursos semióticos descritos:

- Codificar el patrón visual e identificar las características visuales importantes, esta codificación puede ser facilitada o entorpecida de acuerdo a las características del sistema perceptual del lector y la manera como se encuentra agrupada la información.
- Relacionar las características visuales de la representación al sistema conceptual que representan estas características, si no se establece la relación apropiada es difícil comprender la información y
- Establecer el referente y asociarlo a la función codificada.

Identificados estos procesos los autores citados reconocen tres factores que influyen en la interpretación de la data: a) *las características de la representación visual; b) conocimiento sobre los gráficos (reglas generales) y c) contenidos (reglas específicas en cada campo de conocimiento)*

Para que este proceso de comprensión se produzca el lector debe: (a) estar familiarizado con el gráfico que intenta leer; (b) conocer las convenciones que regulan los signos que componen la representación; (c) identificar los componentes de los signos y (d) estar familiarizado con el fenómeno natural o hipotético que el gráfico expresa (Roth, 2002).

Las Tablas

Constituyen recursos visuales textualizables, cuyo origen se encuentra en el texto escrito, su utilidad reside en el hecho que integra significados tipológicos (categorías, variables) y topológicos (variaciones) de manera resumida (Lemke, 1998b), la textualización debe ser realizada por el lector. Las tablas se caracterizan porque:

- Utilizan recursos visuales de tipo organizacional (en las tablas se ordena la data en columnas y filas) para alcanzar significados que se recuperan en ausencia de construcciones gramaticales. De cualquier tabla se pueden recuperar oraciones textuales o párrafos completos. Las tablas tienen sentido porque son textualizables a partir del dominio de las formaciones temáticas manejadas por una comunidad de discurso y que se concretan en las entradas de la tabla.
- Pueden tener entradas numéricas o verbales, aunque es frecuente encontrar tablas en las que se mezclan entradas textuales y entradas numéricas. Las entradas funcionan como encabezados. La gramática de las entradas numéricas funciona como un grupo nominal con un encabezado constante a través de una fila o columna.
- Se recurre a la intertextualidad como recurso presentacional, por lo que es frecuente acompañar las tablas con textos introductorios que funcionan como resumen o conclusiones.

Desde las entradas de las tablas se puede atribuir significados tipológicos, utilizando las categorías que caracterizan las filas o columnas, de igual manera permite atribuir significados topológicos, que caracteriza las variaciones entre categorías. En una columna, o en una fila, la información que se presenta es semánticamente homogénea, mientras entre una columna y una fila la información es semánticamente heterogénea.

La lectura de una tabla puede realizarse en un punto particular en cuyo caso tenemos el valor de las variables, o podemos comparar entre celdas, lo que permite establecer comparaciones en la búsqueda de patrones de regularidad. A partir de la tabla en conjunto es posible

construir conclusiones si vinculamos la data que presenta por una parte las teorías (entorno paradigmático) y por otra parte la situación concreta (entorno situacional). Veamos el siguiente ejemplo.

Lectura de una tabla solubilidad Así, a partir de la siguiente Tabla 2 (Tomado de Hein, M. (1992) *Química* .2da. Ed. Grupo Editorial Iberoamericano. Cap.15-T.15.3, p. 382), es posible afirmar:

Tabla 2: Ejemplo de la lectura de una tabla considerando los contextos paradigmático, situacional, sintagmático e intertextual

Sal	Solubilidad [g (sal)/100 g (H ₂ O)]	
	0°C	100°C
LiF	0.12	0.14 (at 35°C)
LiCl	67	127.5
LiBr	143	266
LiI	151	481
NaF	4	5
NaCl	35.7	39.8
NaBr	79.5	121
NaI	158.7	302
KF	92.3 (at 18°C)	Muy soluble
KCl	27.6	57.6
KBr	53.5	104
KI	127.5	208

Los marcos teóricos: Se estudia la formación de diferentes disoluciones a partir de la propiedad solubilidad, mostrándose la dependencia de esta variable de la naturaleza del soluto y de la temperatura.

La situación concreta: disolución de halogenuros de metales alcalinos. Permite varias comparaciones, entre los halogenuros de Li, a la misma T aumenta del F al I; b) entre diferentes fluoruros a igual temperatura, aumenta la solubilidad de F de Li respecto al Na y al K.

- A 0°C se disuelven 57 g de Cloruro de litio, LiCl, en 100 g de agua, H₂O.

- La solubilidad del bromuro de litio es mayor, más del doble, (143 g LiBr/100 g H₂O), que la del cloruro de litio (57 g LiCl/100 g H₂O)
- La solubilidad de los halogenuros de litio, sodio y potasio aumenta al aumentar la temperatura.

Los signos : los símbolos químicos representan elementos y compuestos (significados tipológicos), mientras los números y unidades contribuyen a atribuir significados topológicos a partir de la textualización, por ejemplo, a la temperatura de 0°C la solubilidad del yoduro de litio es aproximadamente 100 veces mayor que la del fluoruro de litio.

Los sistemas de representación: el título nos indica que se presentarán valores de solubilidad, en agua, para un tipo particular de compuestos: los halogenuros de metales alcalinotérreos. Las etiquetas permiten establecer que expresamos la cantidad de sal disuelta por cada 100 g de agua a la temperatura de 0°C y a 100°C.

Los Diagramas y los Diagramas de Estructura

Los diagramas son representaciones externas tipo pictóricas, que pueden guardar una relación de analogía o una relación más arbitraria, con el mundo que representan. Para su construcción se utilizan recursos sintagmáticos, como líneas, puntos, y recursos intertextuales como los títulos.

Los diagramas en que la relación con el mundo representante es más arbitraria se pueden llamar diagramas abstractos; estos diagramas abstractos tienen una semiótica visual muy parecida a los gráficos abstractos de manera que pueden ser combinados en una misma representación pictórica para ser leída como dos partes diferentes. En estas representaciones se utiliza como recurso sintagmático una fina línea de puntos (función organizacional) que integra visualmente ambas representaciones. Este tipo de integración requiere equivalencia en las

variables que representan tanto en el diagrama como en el gráfico (Lemke, 1998b).

La reconstrucción de los diagramas que mantienen una relación de analogía con la representación es un proceso más fácil de realizar por parte de los estudiantes que cuando la relación entre la representación y lo representado es arbitraria, aunque es preciso destacar que aun cuando las relaciones sean analógicas es preciso del conocimiento de las reglas que se siguen para construir el diagrama (Roth, 2002). Estos diagramas se utilizan para mostrar condiciones experimentales como en el caso de la figura del anexo1. Por ejemplo, las líneas separa el sistema de los alrededores, si las líneas son cerradas, indican que el sistema es cerrado (no transfiere masa), si el tamaño es igual los volúmenes son iguales.

Los diagramas de estructura. Se utilizan en Química para representar el mundo microscópico, sin embargo constituye un sistema de símbolos que no es transparente porque implica asumir un modelo teórico: la materia está formada por átomos. A partir de una representación en la que para su elaboración se han utilizado puntos de tinta de diferentes colores, el lector debe realizar un trabajo de lectura para reconstruir un espacio bidimensional; formas particulares de combinar estos puntos nos permite generar texturas y volúmenes a partir de las cuales el lector puede reconstruir espacios tridimensionales, así como reconocer instantes de tiempo particulares (Han y Roth, 2006).

Las exigencias que plantea los postulados de Dalton, lleva a establecer un modelo en que utiliza entre otros los siguientes recursos semióticos:

Representación de átomos. Se recurre a las figuras geométricas de diferentes tamaños y colores. Con frecuencia se utilizan círculos, los que por efecto de sombras, para dar profundidad, asemejan esferas. En el caso del lenguaje químico se establecen códigos en los que se usan colores particulares, para representar cada tipo de átomos, por ejemplo, el blanco se asocia al hidrógeno, el negro al carbono, el rojo al oxígeno,

el verde al cloro. Debemos resaltar que este tipo de reglas se utilizan en particular en los libros de texto, es decir responden a representaciones pedagógicas.

Representación de moléculas. Las moléculas pueden representarse como unidades individuales (un solo círculo) o como el caso de la Figura 3 se representa la molécula de tetróxido de nitrógeno como círculos diferentes unidos entre sí. En esta representación las esferas, de tamaño muy parecido, porque los átomos de nitrógeno y oxígeno tienen un tamaño aproximado, las esferas rojas representan el átomo de oxígeno, mientras las esferas azules representan átomos de nitrógeno. Esta es una representación en que se enfatiza la estructura de la molécula, haciéndose explícita la que relación en que se combinan los átomos para formar la molécula.

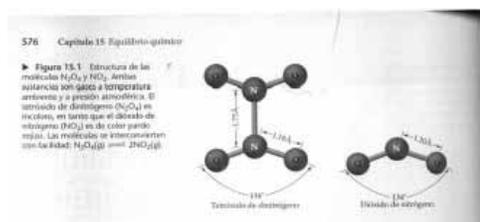


Figura 3: Representación dióxido de nitrógeno y tetróxido de nitrógeno, con énfasis en representar la estructura

Representación de estados de la materia. Representación de las distancia entre las moléculas como determinante del estado de la materia, en la Figura 4, tomada de un texto coreano y tomado de Han y Roth (2006)



Figura 4: Representación de moléculas de agua en estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso (Tomado de Han y Roth, 2006)

Relación distancia intermolecular y estado. La separación entre las esferas para indicar que en el gas las moléculas están más separadas que en el sólido. Esta representación tiene limitaciones porque la separación entre las moléculas no se encuentran a las distancias establecidas en los modelos conceptuales, así por ejemplo la distancia promedio entre las moléculas de gas a 1 atm de presión y temperatura ambiente es de 10 veces su diámetro (de Voss y Verdonk, 1996; cita en Han y Roth, 2006).

Representación movimiento molecular. Un recurso que se utiliza para indicar el movimiento de las moléculas lo representa la líneas alrededor de las moléculas, sin embargo, en la figura 4 estas líneas también se utilizan para indicar fuerzas de interacción entre las moléculas, en particular en el estado sólido. Para denotar movimiento es posible que se utilicen sombras o una especie de cola. Enfatizar estos símbolos se utiliza para indicar mayor velocidad (Han y Roth, 2006).

Representación sistema cerrado. Los límites representados por los círculos externos nos indican sistema cerrado, sin embargo nos preguntamos ¿por qué colores diferentes?

Relación representaciones nivel macro y micro. En los textos de química cada vez se hace más frecuente utilizar representaciones que combinan el nivel macroscópico con el nivel microscópico y el simbólico, lo cual en algunos casos se logra tomando un sector de la representación macroscópica y se deriva una “ampliación” que muestra el nivel microscópico. Un ejemplo de este tipo se tiene en la Figura 5.

Representación de procesos a través del tiempo: en la Figura 5 (Tomada de Brown y col., 2003; Fig. 15.15, p. 599) observamos un recurso muy utilizado para hacer referencia a procesos que desarrollan a través del tiempo es la ubicación de fotos separadas y presentadas en secuencia continua con el propósito de marcar variaciones a lo largo del tiempo, este tipo de representación requiere una lectura de izquierda a derecha. A la descripción del proceso contribuyen diferentes ayudas como marcar cada figura con letras *a, b, c*, lo cual indica secuencia y orden. Se complementa

el recurso con el uso de los títulos y subtítulos, las etiquetas o textos que cumplen una función explicativa.

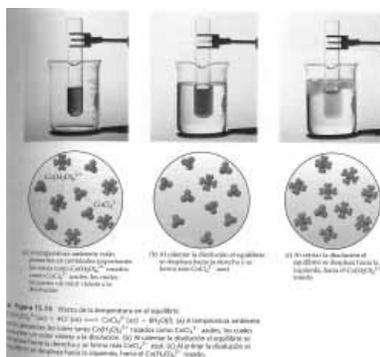


Figura 5: Ejemplo de uso recursos semióticos utilizados para relacionar nivel macro con nivel micro.

MÉTODO

Se estudiaron dos cohortes, inscritas en el área de Ciencia y Tecnología, (2005 y 2006) de estudiantes pre-universitarios que participan en el Programa Samuel Robison de la Secretaría General de la Universidad Central de Venezuela. El propósito del programa es ofrecer una *vía de ingreso a la UCV*, cumpliendo una etapa de formación; es requisito aprobar el total de asignaturas, las cuales están organizadas en tres fases de 10 semanas cada una.

Estos estudiantes tienen en común que en su mayoría provienen de liceos públicos de la gran Caracas y no han sido admitidos a la educación superior por ninguno de los mecanismos de ingreso al sistema: asignación por vía prueba nacional, vía pruebas internas de las diferentes universidades nacionales, otras como convenios. La cohorte 2005 estaba formada por un grupo de 21 estudiantes y la 2006 por 13 estudiantes.

Procedimiento

Se propone a los estudiantes responder el problema que se muestra en el anexo 1, la respuesta depende de la “lectura” de la representación pictórica que acompaña el problema.

Una lectura transparente del gráfico debería permitir establecer las siguientes relaciones a partir de la “lectura” del diagrama que acompaña el problema.

- Identificar que los volúmenes de los recipientes son iguales (*igual tamaño de los recipientes*)
- Reconocer las condiciones: tenemos un sistema cerrado (no hay transferencia masa con alrededores) (*líneas cerradas*).
- Identificar el estado físico de las sustancias que intervienen (tanto reactivos como productos) (*dado a través de títulos y etiquetas*)
- Reconocer que dentro del sistema, antes y después de la reacción hay aire
- Reconocer que la presión del aire en ambos recipientes, en condiciones iniciales, es igual, de allí que nivel del líquido en tubo U sea (*igual nivel de los líquidos en el tubo U*)
- Reconocer que se produce gas hidrógeno, en proporciones diferentes en cada reacción
- Reconocer que número de moles de Aluminio es igual al número de moles de magnesio
- Relacionar el desplazamiento del agua coloreada con variaciones en la presión producto formación de hidrógeno como producto de reacción

Las respuestas escritas que construyen los estudiantes se analizan utilizando la técnica de análisis del contenido en la que se considera como unidad de análisis la respuesta y cada uno de los ítems descritos se constituyen en las categorías de análisis. Se lee la respuesta con el propósito de determinar si en la respuesta está o no presente cada una de las categorías.

RESULTADOS

Con el propósito de evidenciar las dificultades de los estudiantes para atribuir los significados compartidos por la comunidad de químicos, presentamos a continuación las respuestas de los estudiantes de ambas cohortes.

La Tabla 3 permite evidenciar que la lectura no se produce de manera transparente dada la dificultad para relacionar el mundo representante y el mundo representado.

Tabla 3: Categorías que permiten relacionar representación/fenómeno

Categorías que relacionan diagrama a la situación física	Respuestas correctas (%) Cohorte 2005 N = 21	Respuestas correctas (%) Cohorte 2006 N = 13
Identificar que los volúmenes de los recipientes son iguales	0	0
Hacen referencia a las condiciones de ser un sistema cerrado	14	8
Identificación del estado físico de las sustancias que intervienen	5	15
Reconocen que dentro del sistema, antes y después de la reacción hay aire	0	0
Reconocen que la presión del aire en ambos recipientes, en condiciones iniciales es igual, de allí que nivel del líquido en tubo U sea igual	0	0
Reconocimiento que se produce gas hidrógeno después de la reacción	52	0
Reconocen que número de moles de Aluminio es igual al número de moles de magnesio	10	23
Relaciona el desplazamiento del agua coloreada con variaciones en la presión producto formación de hidrógeno como producto de reacción	5	0

Estos resultados confirman la necesidad de alfabetizar en cuanto a la lectura de las representaciones pictóricas, proceso que no debe ser considerado como trivial y la pregunta que nos planteamos es ¿cuál es el marco teórico más apropiado para orientar el proceso de alfabetización?. Consideramos que el concepto de representación externa puede constituir un referencial útil como marco de referencia para producir diseños cuyo propósito sea el dirigir el proceso de lectura de estas representaciones.

CONCLUSIONES

La complejidad y diversidad de los recursos semióticos que frecuentemente utilizamos para representar el conocimiento científico ha permitido que los investigadores en enseñanza de las ciencias dirijan sus esfuerzos para lograr caracterizar el lenguaje científico. Como producto de estas investigaciones es posible afirmar que:

Los científicos ven, hablan y hacen cosas de maneras diferentes, conformando así comunidades discursivas lo cual plantea nuevos retos para la didáctica.

La ciencia puede ser entendida como un discurso que tiene una sintaxis particular que hace que el lenguaje científico tenga características diferentes al lenguaje común.

Desde la perspectiva semiótica el aprendizaje tiene como requisito el conocimiento del lenguaje en que se expresa esa disciplina.

La sintaxis del lenguaje en un campo específico de conocimiento depende de dos grandes grupos de reglas: a) unas de carácter general, normalmente se aprenden a partir del dominio de diferentes lenguajes: el español y el matemático y b) un conjunto de reglas específicas que tienen su origen en las propias particularidades de los diferentes campos de conocimientos

La lectura que los estudiantes realizan de las representaciones pictóricas no les permiten asignar los significados compartidos por las comunidades de discurso.

Desde lo pedagógico nos preguntamos ¿dónde y cómo podemos aprender estas reglas?, en nuestra opinión la escuela constituye el espacio por excelencia para el desarrollo de estas competencias sigue pendiente la tarea de contestar la pregunta ¿cómo hacerlo? Algunas sugerencias que aporta la bibliografía

Sutton (2003)	<p>... Entonces podemos pensar en el profesor no sólo como un gestor, sino también como una <i>guía</i> hacia mundos mentales que son nuevos para los estudiantes y que alguna vez fueron totalmente nuevos para la humanidad, ... <i>usar el lenguaje de una manera interpretativa</i></p> <p>...para enseñar hoy en día la naturaleza de la actividad científica a los ciudadanos, deberíamos hacer énfasis en que equipos tales como microscopios, telescopios o espectrómetros no son tan importantes por sí solos. Hablar, “observar” y escribir es tan importantes como manipular los aparatos. De alguna manera, el lápiz del científico es más importante que otro equipamiento de laboratorio.</p> <p>¿qué están haciendo los estudiantes en clase? ¿Podemos ayudarlos a darse cuenta del papel interpretativo del habla y la escritura?...¿están aprendiendo a ver la imagen mental que los científicos han desarrollado? ¿Están aprendiendo a hablar sobre ella, entrando así en un nuevo mundo de discurso? ... ¿Cuándo les damos algo para leer, ¿están leyendo la forma de rastrear las ideas, el mundo mental y las pruebas del escritor? Dicho coloquialmente: ¿de qué hablaba el autor y cuáles eran las pruebas?</p>
Márquez y Pratt (2005)	<p>El profesorado de ciencias – pero también el de otras áreas no lingüísticas- tiene intuiciones sobre el uso del lenguaje en clase, puesto que en todas las clases se habla, se escribe, se lee. Pero las intuiciones no son suficientes. Se propone asumir la responsabilidad de compartir la formación lingüística del alumnado, entendiendo que se hace ciencia a partir del lenguaje.</p> <p>Cada profesor debe procurarse una formación lingüística adecuada que le permita orientar actividades lingüísticas de todo tipo.</p> <p>El reto del profesorado en la formación del lector debería ser conseguir que, una vez el alumnado haya finalizado la escolaridad obligatoria, siga leyendo, informándose e intentando interpretar la realidad por el puro placer de saber, por curiosidad, por el deseo de participar a su manera de los avances de la ciencia.</p>

Roth y McGinn (1997,1998)	Entender los gráficos como objetos semióticos, es decir, como instrumentos retóricos que cumplen la función de facilitar la inclusión en comunidades retóricas, conlleva a reconocer que la falta de competencias debe ser comprenderse como ausencia de experiencias con la práctica social. Esta experiencia está indisolublemente ligada a un área específica de conocimientos.
---------------------------	---

REFERENCIAS

- Bowen, G.M; Roth, W-M y McGinn, M.K.(1999). Interpretation of graphs by university biology students and practicing scientists: toward a social practice view of scientific representation practice. *Journal of Research in Science*
- BROWN,T.; LEMAY,H.E.; BURSTEN, B.E. & BURDGE, J.R. (2004). *Química la Ciencia Central*. 9na. Ed. Pearson. Prentice Hall.
- CAMPANARIO,J.M. & MOYA, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias?. Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17, 179-192.
- EYSENCK, M. & KEANE, M. (1990). *Cognitive Psychology a student's handbook*. Lawrence Erlbaum Associates Ltd. , Publishers. 2da reimpresión.
- GRECA, I. (2000). Representaciones Mentales. *I Escuela de verano sobre investigaciones en enseñanza de las ciencias. Programa Internacional de doctorado en Enseñanza de las Ciencias*. Moreira, M.A.; Caballero, C. y Meneses, J. (organizadores) UBU.
- HAN, J. & ROTH, W-M. (2006). Chemical Inscriptions in Korean Textbooks: Semiotics of Macro-and Microworld. *Science Education*,90, 173-201.
- LEMKE, J. (1993). *Talking science: language, learnind and values* Ablex Publishing Corporation, Norwood,NJ. Trad. cast. García, A et al. *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Ed. Paidós (1997)
- LEMKE, J. (1994). Semiotics and the deconstruction of conceptual learning. <http://www-personal.umich.edu/~jlemke/papers/barcelona.htm>. Publicado originalmente en *Journal Soc. For Accelerative learning*

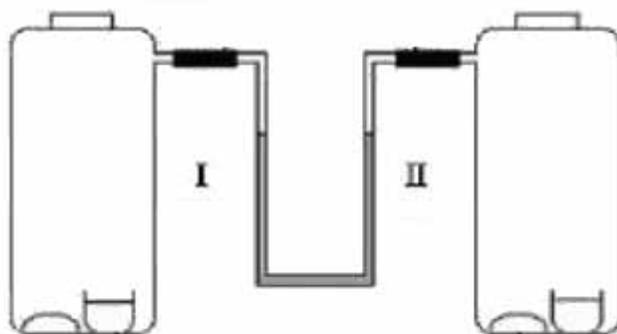
- and teaching. Consultado septiembre 1998
- LEMKE, J. (1998a). *Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions*. <http://www-personal.umich.edu/~jlemke/papers/barcelon.htm>. Consultado junio 2001.
- LEMKE, J. (1998b). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In J.R. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading science: critical and functional perspectives of discourses of science* (pp. 87-111). New York: Routledge.
- LIEBEN L.S. & DOWNS, R.M. (1992). Developing an understanding of graphic representations in children and adults: the case of GEO-graphics. *Cognitive Development*, 7,331-349.
- LOMBARDI, G. & CABALLERO, C. (2007). Lenguaje y discurso en los modelos conceptuales sobre equilibrio químico. *Investigações em ensino de ciências*, 12,3. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>
- LOMBARDI, G. (2003). La investigación en enseñanza de las ciencias desde la perspectiva del lenguaje: búsqueda transdisciplinaria. *Tharsis*, 14, (7), 99-114. Revista PCI. UCV.
- LOMBARDI, G. (2005). *La química como discurso multirrepresentacional. De las imágenes a la atribución de significados. Implicaciones para la enseñanza*. Suficiencia Investigativa. Universidad Burgos. Mimeografiado.
- MARKMAN, A. (1999). *Knowledge representation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- MARQUEZ, C. & PRAT, A. (2005). Leer en clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, 431-440
- MICHINEL, J.L & LEÓN, P. (2002). El Discurso: perspectiva y métodos en la investigación en educación en física (límites y posibilidades). *Investigación en enseñanza de la física : Memorias de la IV escuela Latinoamericana*. Andrés, M (Ed.). UPEL. Caracas
- MICHINEL, J.L.& FROES, T. (2007). A socialização do conhecimento científico: um estudo numa perspectiva discursiva. *Investigações em ensino de ciências*, 12, 3. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>.
- OTERO, M.R. (2004). Investigación en imágenes en la educación en ciencias. Imágenes, palabras y conversaciones. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. España. <http://www.reec.uvigo.es>
- PERALES, F.J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las

- ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 13-30
- POSTIGO, Y. & POZO, J.I. (1999). Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de información gráfica. *El Aprendizaje estratégico*. Pozo, J.I. & Monereo, C. (coordinadores).
- POZZER-ARDENGI, L. L. & ROTH, W-M. (2003). Prevalence, functions and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 10, 1089-1114.
- ROTH, W-M & MCGINN, M.K. . (1997). Graphing: cognitive ability or practice. *Science Education*, 81, 91-106.
- ROTH, W-M. & BOWEN, G.M. (2001). Professional read graphs: a semiotic analysis. *Journal of Research in Mathematics Education*, 32, 159-194.
- ROTH, W-M. & MCGINN, M.K. (1998). Inscriptions: toward a theory of representing as social practice. *Review of Educational Research*, 68, 1, 35-59.
- ROTH, W-M. (2002). Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy. *Journal of Curriculum Studies*, 34, 1-24.
- ROTH, W-M. , BOWEN, G.M. & MCGINN, M.K. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 9, 977-1019.
- ROTH, W-M. (for submission) What is the meaning of "meaning"? A case study from Graphing. *The Journal of Mathematical Behavior*.
- SCHNOTZ, W. & BANNERT, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141-156.
- SHAH, P. & HOEFFNER, J. (2002). Review of graph comprehension research: implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14, 47-69
- SUTTON, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 21-25.
- ZHANG, J. & NORMAN, D.A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive science*, 18, 87-122.

ANEXO1

Jessica y Lenin se preparan para presentar el examen de química y comentan: este ejercicio es muy bueno para ejercitarnos en estequiometría nos presenta la reacción del aluminio y el magnesio con el ácido clorhídrico.

Se sabe que el aluminio y el magnesio son sólidos y que las cantidades, expresadas en número de moles, de ambos sólidos son iguales. Jessica le comenta a Lenin en el recipiente marcado con A tenemos aluminio y en el marcado con B tenemos magnesio.



Si se agitan los recipientes para garantizar que el ácido clorhídrico se bote y pueda reaccionar

1. Describa la situación inicial y la situación final del sistema que se describe en el experimento anterior.
2. Escriba las ecuaciones que representan los cambios químicos que se producen en cada uno de los recipientes.
3. Una vez que se produzcan las reacciones en el recipiente A y en el recipiente B explica si los niveles del líquido coloreado, en ambos lados del tubo en U, permanecerá igual o cambiará. Si cambia indique su posición final. Justifique las razones de su respuesta.