

LENGUAJE Y DISCURSO EN LOS MODELOS CONCEPTUALES SOBRE EQUILIBRIO QUÍMICO

(Language and discourse in conceptual models for chemical equilibrium)

Giovanna Lombardi [glombard@ciens.ucv.ve]

Universidad Central de Venezuela

Concesa Caballero [concesa@ubu.es]

Universidad Burgos

Resumen

Se utiliza la perspectiva semiótica con el propósito de establecer las características que imprimen al lenguaje y el discurso la presentación de un contenido particular, el equilibrio químico. Partiendo de las restricciones que imponen al discurso la naturaleza de los contenidos y la comunidad de discurso, el autor de un texto construye su discurso, a partir del cual el lector debe armar un rompecabezas que le permita aprehender el contexto paradigmático y situacional usando como recursos el contexto sintagmático e intertextual. Se describen los distintos componentes que deben ser considerados para atribuir significados y se aplica el modelo para estudiar, utilizando el análisis de contenido, las representaciones pictóricas que utilizan tres autores para presentar el concepto de equilibrio. Encontramos que el modelo propuesto permite reconstruir los significados del discurso que el autor presenta.

Palabras-clave: lenguaje y discurso, modelos conceptuales, equilibrio químico

Abstract

A semiotic perspective is used in order to establish the features impressed by language and discourse on particular subject matter content, the chemical equilibrium. Starting from the restrictions imposed to the discourse by the nature of the subject matter contents and by the discourse community, the textbook author constructs its own discourse which, in turn, must help the reader in grasping the paradigmatic and situational context, using as resource the syntagmatic and intertextual context. Different components that must be considered to assign meanings are described and a model is applied, using content analysis, to analyse pictorial representations used by three textbook authors to present the concept of chemical equilibrium. We found out that the proposed model allows the reconstruction of the discourse meanings used by the authors.

Keywords : language and discourse, conceptual models, chemical equilibrium.

Introducción

Desde la perspectiva del lenguaje, para algunos autores, la ciencia es, básicamente, “*un discurso sobre la materialidad del mundo*” (Lemke, 1998b) si se entiende que el discurso es lenguaje en uso (en acción) en el seno de una comunidad (van Dijk, 2003). En las ciencias naturales este discurso implica representar la materialidad de los procesos físicos que se dan en la naturaleza utilizando un sistema de signos a los que se atribuyen significados particulares, los cuales conforman un sistema de conceptos, principios y teorías que se integran conformando modelos conceptuales. Los modelos conceptuales son representaciones externas, precisas y completas, coherentes con un conocimiento científicamente aceptado (Greca y Moreira, 2000), que se utilizan para facilitar la comprensión o la enseñanza.

En el ámbito de la escuela este discurso se democratiza a través de la acción mediadora del currículo, los libros de texto y el profesor. Los libros de texto constituyen una de las principales vías de transmisión de la ciencia escolar y a la vez representan el discurso público aceptado por la comunidad de profesores. Sin embargo, el lenguaje utilizado en estos textos presenta características diferentes al lenguaje que utilizamos cotidianamente, por lo cual la lectura de los textos científicos dirigidos a estudiantes suele tener un grado de mayor dificultad de comprensión que la lectura de textos que se realizan en otros contextos (Márquez y Prat, 2005). Las diferencias entre ambos lenguajes son establecidas por Lemke (1993) y las recogemos en la tabla 1.

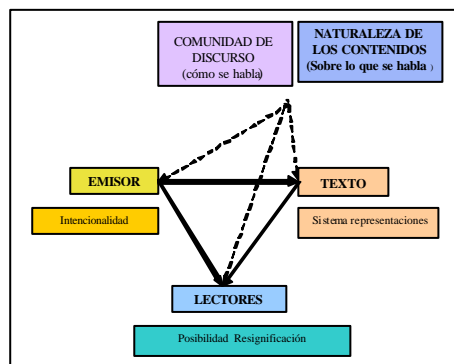
Tabla 1: CUADRO COMPARATIVO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LENGUAJE COMÚN Y EL LENGUAJE CIENTÍFICO.

Lenguaje común	Lenguaje científico
<ul style="list-style-type: none"> ≠ Los seres y cosas se designan por nombres y los procesos por verbos. ≠ Representa un mundo dinámico en el cual los eventos están sucediendo constantemente. Predominan narraciones que relatan secuencias lineales de eventos. ≠ Siempre está presente un narrador. ≠ No es necesario reflexionar a cada momento, es lineal presenta un orden secuencial que al ser establecido se mantiene. ≠ Es automático, se parece más al lenguaje oral. ≠ La gramática es más compleja e intrincada. 	<ul style="list-style-type: none"> ≠ Se nominalizan los procesos y los verbos expresan relaciones no acciones. ≠ Los procesos y eventos son congelados por el proceso de nominalización, es más importantes colocarlos en una estructura. ≠ Descontextualización. ≠ Requiere más reflexión para procesarlo por eso es estructural. ≠ Se parece más al lenguaje escrito. ≠ 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. ≠ Significación unívoca, dificultando la comunicación por la inexistencia de negociación (monosemia). ≠ Economía. ≠ Invariabilidad situacional. ≠ Usado con un nivel teórico, abstracto, requiere el uso de evidencias en la construcción de argumentos.
<ul style="list-style-type: none"> ≠ Polisemia, es decir, diversidad de significados; la comunicación permite negociar los significados. ≠ Redundancia. ≠ Variabilidad situacional. ≠ Usado en la cotidianidad no requiere evidencia. 	

Si se considera el texto como una vía fundamental para la transmisión de la ciencia escolar, no es difícil aceptar que la lectura de los libros de texto, en el contexto escolar, es un proceso fundamental para el aprendizaje de las ciencias. De allí que centramos nuestro interés en el proceso de lectura de libros de texto en un área específica de conocimiento: química y dentro de la química, el equilibrio químico.

El texto no puede ser considerado como un ente aislado en el proceso de lectura, sino como parte de una triada que interacciona en el proceso de construcción de significados. Esta triada la conforman: el autor, el texto y el lector (Figura 1). De manera que la lectura puede ser entendida como un proceso de construcción de sentidos, en el que intervienen la intencionalidad del autor, la materialidad del texto y las potencialidades de re-significación del lector (Orlandi, 1996).

Figura 1: RELACIONES AUTOR/TEXTO/LECTOR



La materialidad del texto debe representar los fenómenos que ocurren, y esto no es posible hacerlo de manera integral a menos que se recurra al uso de diferentes sistemas semióticos. La materialidad del texto requiere, para concretarse, de sistemas de representaciones múltiples: lingüísticas y pictóricas, estableciéndose una relación dialéctica entre la materialidad del mundo y la materialidad del texto.

El autor presenta un **discurso** en el que explicita una intencionalidad, que se concreta a través de las funciones descritas por Lemke (1998a, 1998b): presentación, organización y orientación, para lo cual hace uso del **lenguaje**. El lenguaje se materializa mediante el uso de sistemas de representaciones textuales y no textuales. Representaciones en las que las reglas que permiten relacionar el mundo representado con el representante se constituyen en convenciones que conforman el discurso en un campo disciplinar, el cual se expresa mediante una narrativa que comparte las convenciones del “monólogo científico formal” como lo llama Smolin (1997). Las características de este lenguaje están determinadas por la naturaleza de los contenidos y por las comunidades de discurso, por ejemplo, la comunidad de químicos.

Es importante destacar que a través de esas funciones (presentación, organización y orientación) mediadas por el texto, es posible establecer una relación de diálogo entre autor-lector, del tipo Sujeto (virtual, autor)/Sujeto (lector). En este diálogo el lector puede aceptar o refutar los planteamientos del autor. Sin embargo es común, en particular en los primeros cursos universitarios, que la relación que se establece entre el autor y el lector sea de naturaleza tal que el lector normalmente acepta los planteamientos del autor, toda vez que las posibilidades de resignificación del lector son limitadas al no disponer de amplios repertorios conceptuales. Por esta razón, el lector genera un proceso de producción del mismo sentido en diferentes formas, es decir, un proceso PARAFRÁSTICO, en contraposición a los procesos POLISÉMICOS en los que pueden producirse diferentes sentidos (Orlandi, 1996).

Las posibilidades de re-significación dependen, entre otros factores, del dominio del sistema de recursos semióticos, es decir, del lenguaje, de manera que el conocimiento del lenguaje es requisito para poder apropiarse del discurso. Apropiarse del discurso permite la aplicación de los modelos conceptuales para resolver problemas nuevos. No es de extrañar que entre las comunidades de profesores exista la idea consensuada que comprender se expresa como la aplicación del conocimiento asimilado, sin embargo, se reconoce como un verdadero problema pedagógico el que los estudiantes logren aplicar el conocimiento a la resolución de problemas..

Los autores que estudian el proceso de atribución de significados desde la semiótica social (Roth, 2002; Roth y Bowen, 2001), sostienen que el dominio de los sistemas de representaciones se facilita dentro de una comunidad de discurso, en la cual el aprendiz debe tener una experiencia de enculturación cuyo resultado debe ser la alfabetización científica.

El proceso de alfabetización científica tiene dos significados diferentes: a) familiaridad con los conceptos y hechos científicos; y b) habilidad para utilizar un complejo aparato representacional para razonar o calcular dentro de una comunidad de discurso lo cual determina una práctica específica (Lemke, 1994).

En el caso particular de la química, dominar su lenguaje implica que el aprendiz pueda establecer relaciones conceptuales entre representaciones en los diferentes niveles, así como transformar una representación entre un nivel y otro, lo que conduce a plantear como objetivo

de aprendizaje el desarrollo de competencias representacionales. Para Wu (2003) el desarrollo de competencias representacionales implica poder realizar acciones que permitan al sujeto que aprende: a) generar representaciones para un propósito particular; b) utilizar las representaciones para dar explicaciones; c) utilizar las representaciones en un contexto social, por ejemplo, en la escuela, para comunicar comprensión; y d) establecer relaciones entre diferentes representaciones.

Consideramos que el desarrollo de competencias representacionales está relacionado a la lectura y comprensión de los sistemas de representaciones lingüísticas y pictóricas, las cuales conforman sistemas de representaciones externas que en cada campo de estudio asumen características particulares. Ejemplo, en el caso de la química el sistema de representaciones permite hablar de las transformaciones de la materia en tres niveles diferentes: macroscópico, microscópico y simbólico (Johnstone, 1993; Gabel, 1998), éste último diseñado para permitir la atribución de significados cualitativos y cuantitativos.

En la presente investigación, parte de un proyecto más amplio, cuya finalidad es caracterizar el lenguaje en un campo específico de conocimiento y cómo este lenguaje se utiliza en los libros de texto; específicamente estudiaremos textos universitarios en el área de química general. Prestaremos especial atención a la intencionalidad del autor la cual se concreta mediante las funciones: presentación, organización y orientación.

Las funciones presentación y organización se encuentran principalmente determinadas por: a) la *naturaleza de los contenidos*, lo que obliga a utilizar sistemas de representaciones específicas para expresar significados tipológicos y topológicos, así como, en el caso particular de la química, poder expresarse en diferentes niveles de representación: macro, micro y simbólico, y b) la *comunidad de discurso* que define los contextos paradigmático, situacional, sintagmático e intertextual así como las características del lenguaje en un campo de conocimiento, por ejemplo, el equilibrio químico. Mientras la función orientación depende del conocimiento privado del *emisor*.

Nos planteamos como preguntas de investigación: a) en cuanto a la comunidad de discurso: ¿es posible identificar los contextos paradigmáticos, situacionales, sintagmáticos a partir de una representación pictórica?; b) en cuanto a la dependencia de la naturaleza de los contenidos: ¿es posible identificar los significados tipológicos y topológicos en los sistemas de representaciones pictóricos utilizados para “hablar” sobre el equilibrio químico?; y finalmente c) en cuanto a la intencionalidad del autor ¿qué funciones se expresan en los sistemas de representaciones pictóricas empleadas por el autor del texto?.

Las respuestas a estas preguntas constituirán la base para construir una representación pedagógica que permita, de manera sistemática, introducir a los estudiantes al proceso de lectura de representaciones pictóricas en el área de química.

Representaciones externas

Eysenk y Keane (1990), reconocen dos tipos diferentes de representaciones: las lingüísticas y las pictóricas, cada una con propiedades diferentes. 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 (1998b, p.1).

Las **representaciones lingüísticas (RL)** son representaciones atómicas de carácter simbólico que se caracterizan porque la relación entre la señal lingüística y lo que ésta representa es arbitraria mientras las **representaciones pictóricas (RP)** son representaciones molares cuya estructura se parece a la del mundo que representa, es decir, son analógicas.

Sin embargo, no todas las RP guardan una relación de analogía con lo que representan; es posible identificar un primer grupo de representaciones pictóricas que son análogas al modelo conceptual; por ejemplo, la representación de átomos por esferas; en este caso la relación está mediada por una representación pictórica. De igual manera se encuentra un segundo tipo de representaciones pictóricas en las cuales la relación representado-representante es arbitraria, por ejemplo, aquella en la cual la relación está mediada por el lenguaje matemático, como en los casos de: a) los gráficos cartesianos, b) las representaciones lingüísticas-matemáticas utilizadas en Química para representar sustancias y reacciones químicas. En ambos casos se recurre a expresiones simbólicas que combinan letras y números para representar las fórmulas química; para representar los cambios químicos utilizamos ecuaciones que simbolizan las reacciones químicas. Estos sistemas de representación deben cumplir reglas. Una de estas reglas es, por ejemplo, que se deben escribir los reactivos del lado izquierdo.

En general, las representaciones pictóricas se caracterizan porque: a) aportan información espacial, en consecuencia, nos “dicen” más sobre el mundo que las representaciones lingüísticas ya que 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.

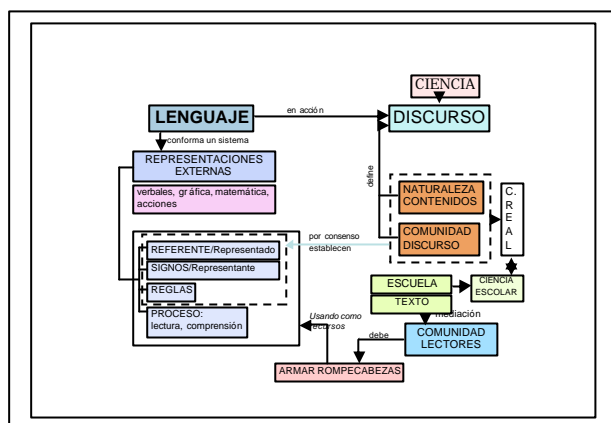
Son ejemplos de representaciones lingüísticas proyectos e historias, y de representaciones pictóricas los mapas, los símbolos químicos, los modelos tridimensionales utilizados para representar la estructura de los compuestos, las fotografías, los mapas de conceptos. Tanto las representaciones lingüísticas como las pictóricas se constituyen en recursos semióticos que permiten desarrollar procesos internos que conducen a la atribución de significados en contextos de contenidos específicos.

Lenguaje-discurso

En todo proceso comunicacional intervienen un emisor y un receptor, además de otros elementos importantes. En el caso de las clases de ciencias, el emisor (el autor del texto o el profesor) construye un discurso que aunque asume las características del discurso disciplinar y escolar porque utiliza el lenguaje de la disciplina, y el lenguaje curricular; de igual manera refleja la estructura de conocimientos y las creencias del autor. De manera que el texto o el profesor se constituyen en mediadores entre los jóvenes estudiantes y la comunidad discursiva, por ejemplo, la comunidad de químicos. Esta mediación no consiste en una copia que reproduce el discurso de la comunidad. En cierta forma el discurso del profesor (o el texto) tiene una impronta personal que depende de la organización del conocimiento en su estructura cognitiva, así como de los modelos mentales que construye para interpretar situaciones particulares. Sin embargo, este discurso debe reflejar la naturaleza de los contenidos así como las especificidades del “hablar” dentro de contexto disciplinar.

Esta relación dialéctica entre discurso y lenguaje se muestra en la figura 2.

Figura 2: RELACIÓN DIALÉCTICA DISCURSO-LENGUAJE



Por su parte el lector debe realizar un trabajo de lectura (Han y Roth, 2006) para elaborar una síntesis del discurso construido por el autor para producir un sentido y un significado que esté en correspondencia con el discurso de la comunidad discursiva, para lo cual se debe producir un diálogo SUJETO/SUJETO; de manera que es posible afirmar que el lector, mediado por el discurso que el emisor concreta en forma de representaciones externas (lingüísticas y pictóricas), utiliza el sistema de recursos semióticos que ofrece el texto para, mediante un proceso constructivo y de inferencias de diálogo con el autor del texto, producir sentidos y atribuir los significados consensuados por una comunidad discursiva. El producto de este trabajo de lectura es la “comprensión”.

De manera que podemos afirmar que la naturaleza de los contenidos sobre los que debemos hablar, determina el lenguaje y el discurso asumido por la comunidad de discurso; el autor del texto, o el profesor, debe reflejar este discurso consensuado, que se concreta en un texto. Por su parte, el lector debe “armar” un rompecabezas que le permita inferir la intencionalidad del autor lo cual implica responder preguntas como ¿qué quiere decir el autor?, ¿qué dice el texto sobre una determinada situación?, ¿en qué condiciones se cumple lo que plantea el texto? Para responder estas interrogantes el lector debe hacer uso de los recursos que aporta el texto a través del sistema de representaciones externas mediante el cual se concretiza.

El lector, en este caso los estudiantes, en su proceso de aprendizaje procesa el discurso del emisor con el propósito de apropiarse del campo disciplinar, estado que se refleja porque se domina su lenguaje, sus modelos conceptuales y sus métodos. Esta es una tarea compleja que demanda del aprendiz una amplia gama de competencias que le permitan **establecer una relación entre el mundo representado con el mundo representante al establecer un link entre los diferentes recursos semióticos (la representación), el fenómeno (situación) y el razonamiento (proceso que usa la representación)** (Lemke, 1998a, 1998b).

A. La naturaleza de los contenidos: categorías y gradientes

El discurso de las ciencias naturales se caracteriza por ser un discurso multimodal, es decir, recurre de manera simultánea al uso de diferentes formatos representacionales. Construir el discurso de las ciencias naturales implica la generación y desarrollo de modelos conceptuales lo cual exige el uso simultáneo de representaciones lingüísticas (textuales) y de representaciones pictóricas (no-textuales).

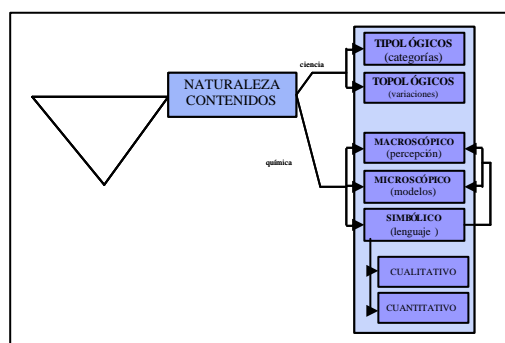
La química como ciencia experimental construye su discurso a partir de la caracterización de una realidad física concreta, las sustancias y sus transformaciones, lo que exige hablar de diferencias e interacciones.

El lenguaje natural opera por contraste entre categorías mutuamente excluyentes (soluto o solvente; enlace iónico *vs* enlace covalente) constituyéndose en un recurso limitado para expresar significados cuantitativos, significados que involucran gradientes de cambio (Lemke, 1998a). Los sistemas de recursos semióticos utilizados en el lenguaje de las ciencias fácticas permiten expresar: **significados tipológicos** (más descriptivos con los que es posible categorizar) y **significados topológicos** (más utilizados para cuantificar y expresar co-variaciones) (Lemke, 1998a, 1998b, s/f a).

A través de los recursos tipológicos podemos hablar, por ejemplo, de propiedades (variables) y relaciones entre estas variables; definimos una propiedad, como la solubilidad, y expresamos su dependencia con respecto a una cantidad fija de solvente y la temperatura. Para hablar de cómo varía la solubilidad de una sal particular, en una cantidad dada de solvente, a medida que vamos cambiando (aumento o disminución) la temperatura es preciso recurrir a los recursos topológicos. Es decir, para expresar las variaciones en grados, el discurso científico debe recurrir a otros sistemas de representaciones. Es el conjunto de representaciones expresadas en los distintos sistemas semióticos lo que permite establecer conexiones entre la lógica categorial del lenguaje natural con el poder descriptivo de los signos visuales y numéricos (Lemke, 1998a).

Considerar un proceso de atribución de significados que dependa de características tipológicas y topológicas de la representación, sea esta textual o no textual, debe complementarse con las particularidades del discurso en un campo específico de conocimiento (Figura 3).

Figura 3: SIGNIFICADOS IMPUESTOS POR LA NATURALEZA DE LOS CONTENIDOS



De igual manera es preciso considerar características propias del objeto de estudio, por ejemplo considerar que la materia está formada por átomos, lo que conduce a desarrollar lenguajes con características particulares, o *microlenguas* (Borsese, 1994), como se ejemplifica en la figura 4; así en el caso de la química el discurso se expresa en tres niveles diferentes (Johnstone, 1993), como se muestra en la figura 4.

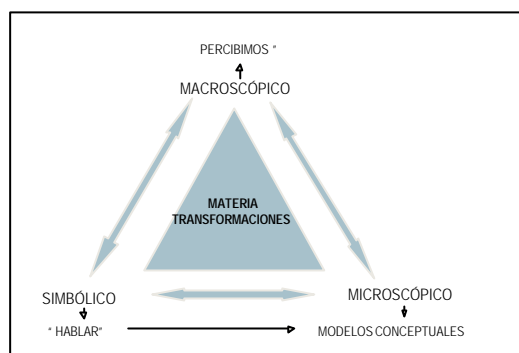


Figura 4: NIVELES DE REPRESENTACIÓN (Tomado de Johnstone, 1993; con modificaciones nuestras).

Estos niveles son ampliamente empleados en los sistemas de representaciones que utiliza la química, sean estos sistemas lingüísticos, gráficos o simbólicos. Un ejemplo de cómo se combinan estos niveles lo encontramos en la figura 5.

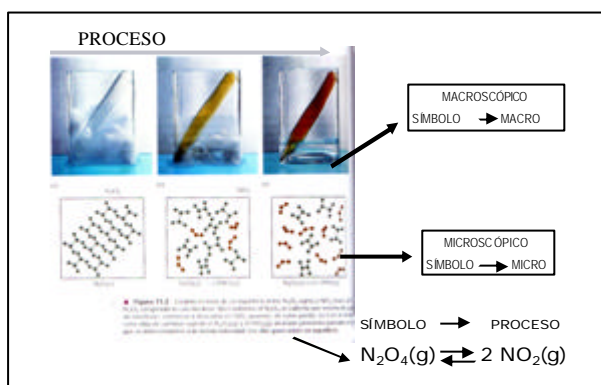


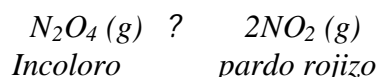
Figura 5: EJEMPLO DEL USO DE DIFERENTES NIVELES DE REPRESENTACIÓN (tomado de Brown y col, 2004, pp. 576)

Descripción de la Figura 5

Es una combinación de representaciones, una macroscópica (fotografía) en tres momentos diferentes, que identifican tres instantes: (a) inicial, (b) avance y (c) equilibrio. Lo cual debe inferirse de los sistemas de símbolos usados para representar las reacciones. Se conecta la representación macroscópica con la microscópica y la simbólica en la composición haciendo uso del espacio bidimensional.

La representación macroscópica enfatiza las propiedades físicas, lo cual es posible inferir utilizando como recurso la intertextualidad construida integrando la representación pictórica más la lingüística (tanto la referida a la propia representación: título, subtítulos, como al texto en el que se hace referencia a la figura):

“Por ejemplo, considérese el N_2O_4 y el NO_2 (Fig.15.1) que se interconvierten con facilidad... Cuando el N_2O_4 puro y congelado se calienta por encima de su punto de ebullición ($21.2\ ^\circ C$), el gas que está en el tubo cerrado se oscurece gradualmente conforme el N_2O_4 se disocia en NO_2 gaseoso de color pardo rojizo (fig 15.2; en este trabajo Fig.5):



Con el tiempo el color deja de cambiar, no obstante que todavía hay N_2O_4 en el tubo. Se tiene una mezcla de N_2O_4 y NO_2 en la que las concentraciones de los gases ya no cambian.”

situación inicial	avance de la reacción	se alcanza el equilibrio
<p>Se tiene solo N_2O_4 incoloro en estado sólido.</p> <p>El recipiente que contiene el N_2O_4 se encuentra en un baño con hielo seco que se encuentra a una temperatura de $-78^\circ C$, por eso se encuentra en estado sólido</p> <p><i>“El N_2O_4 congelado es casi incoloro”</i></p> <p>Es preciso recordar que “todos los óxidos de nitrógeno son gases a $25^\circ C$ excepto el N_2O_5, ... Es imposible obtener puro el NO_2 (g) que es de color marrón o su dímero incoloro el N_2O_4(g) a temperaturas comprendidas entre $-10^\circ C$ y $140^\circ C$ porque existe un equilibrio entre ambos gases. A temperaturas más bajas puede obtenerse el N_2O_4 puro en forma de sólido y por encima de $140^\circ C$ el equilibrio en fase gaseosa está desplazado hacia el NO_2 (g)” (Petrucci y col., 2003, p.929).</p>	<p>Se disocia a NO_2, se encuentra en estado gaseoso y tiene color pardo”</p> <p>En el título se lee <i>“ cuando el N_2O_4 se calienta arriba de su punto de ebullición, comienza a disociarse en NO_2 gaseoso de color pardo”</i></p>	<p>Se asocia equilibrio con “no cambio de color y concentraciones de reactivos y productos en un sistema cerrado” (nivel macro)</p> <p><i>“con el tiempo, el color deja de cambiar cuando el N_2O_4 (g) y el NO_2 (g) alcanzan presiones parciales en las que se interconvierten a la misma velocidad. Los dos gases están en equilibrio”</i></p>

Las representaciones microscópica y simbólica enfatizan las características estructurales de las moléculas que conforman el sistema. La referencia microscópica se da al considerar la naturaleza estructural de los compuestos que intervienen en la descomposición del N_2O_4 (g) para formar NO_2 (g). El sistema de símbolos utilizados permite identificar la diferencia entre los compuestos en tres momentos diferentes: a) al inicio de la reacción, b) mientras la reacción alcanza el equilibrio y c) una vez que se alcanza el equilibrio.

A continuación una lectura de la representación en tres momentos.

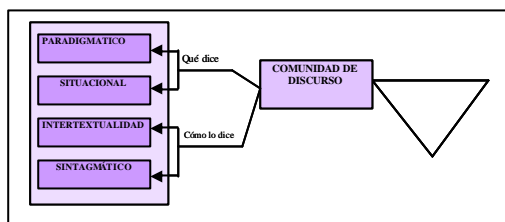
Situación inicial	Avance de la reacción	Equilibrio
<p>El diagrama un solo compuesto formado por 6 átomos diferentes: dos son de N y cuatro de O El sistema de símbolos reafirma la estructura del reaccionante: N_2O_4 (s)</p>	<p>“comienza a disociarse en NO_2 gaseoso, de color pardo” avanza la reacción hacia la formación de producto. El <i>diagrama</i> presenta dos compuestos uno representado por el conjunto de esferas verdes (6) y otros por el conjunto de esferas marrones (el NO_2 (g)) (3) Se utiliza la representación <i>simbólica</i> para destacar que la reacción en este primer momento avanza en una dirección, lo cual se indica por la flecha en una sola dirección, la reacción N_2O_4 (g) ? $2 NO_2$ (g) Indicando claramente la presencia de los dos compuestos y una situación de no equilibrio</p>	<p>Se forma más NO_2 lo que se representa porque hay más esferas marrones, pero se alcanza el equilibrio lo que se representa solo por la doble flecha en la ecuación N_2O_4 (g) ? $2 NO_2$ (g) En la representación lingüística se asocia equilibrio con velocidades directa e inversa iguales (nivel micro)</p>

En síntesis, dar cuenta de la materia y sus transformaciones impone restricciones al lenguaje químico, las cuales deben permitir representar la materia y sus cambios en tres niveles: macroscópico, microscópico y simbólico; este último constituido por dos sistemas de representaciones diferentes a) un sistema de símbolos lingüístico-matemático expresado como fórmulas y ecuaciones, y b) un sistema diagramático en el que se equiparan los átomos a figuras geométricas como círculos de diferentes tamaños y colores, que permite describir las sustancias y reacciones, ambos sistemas permiten describir la materia y sus transformaciones en términos cualitativos y cuantitativos.

B. Comunidad de discurso. La microlengua usada por los químicos. Los contextos paradigmáticos, sintagmáticos, situacionales e intertextuales.

La intencionalidad del autor de un texto es la de ser mediador entre la comunidad en que se produce el discurso y el lector; comunidad que es capaz de “hablar ciencias” de una manera particular, esta manera de hablar está definida por los contextos paradigmático, situacional, sintagmático e intertextual (Lemke, 1998a, 1998b) como mostramos en la figura 6.

Figura 6: **CONTEXTOS A CONSIDERAR EN EL PROCESO DE ATRIBUCIÓN DE SIGNIFICADOS**



Los químicos asumen que la materia está formada por átomos, lo que nos permite definir un contexto **paradigmático** (teoría, leyes, principios, visión de mundo), que puede ser aplicado a situaciones específicas: contexto **situacional** (una realidad concreta, un caso particular, casos en que el paradigma puede o no ser aplicado). A manera de ejemplo en el contexto paradigmático asumimos que la materia está formada por átomos y que los átomos se conservan (Teoría Atómica de Dalton); en el contexto situacional aplicamos estos principios para representar una reacción concreta: la descomposición del tetróxido de nitrógeno que podemos representarlo mediante una reacción química que debe estar balanceada $N_2O_4 (g) \rightarrow 2 NO_2 (g)$,

Por otro lado, la naturaleza del objeto de estudio exige establecer la manera cómo se va a comunicar este discurso. Es frecuente utilizar sistemas de signos y símbolos particulares establecidos por la comunidad de discurso, por ejemplo, los símbolos químicos. Este sistema de signos y símbolos contribuye a establecer un contexto **sintagmático** que permite definir el carácter monosémico de los conceptos.

Es frecuente que las representaciones pictóricas se acompañen con representaciones lingüísticas, algunas como el título y las etiquetas son parte integral de la representación pictórica; otras forman parte del texto en el que se inscribe esta representación. Ambos tipos de representaciones actúan de manera sinérgica en el proceso de construcción de significados. Sin embargo, la comprensión exige establecer una interacción entre el nuevo texto y textos ya conocidos. Esta interacción se conoce como **intertextualidad** (Lemke, 1993). La construcción de la intertextualidad es mediada por el conocimiento del lenguaje (Moreira, 2005).

En el marco de este trabajo consideramos la interacción *texto nuevo/texto nuevo*, es decir, cuando en la construcción del significado del texto es preciso considerar la interacción de los sistemas de representaciones lingüísticas y pictóricas que se dan en el propio texto; interacción a la que contribuyen recursos como los títulos, las etiquetas, los colores, las texturas, entre otros.

Como ya se ha señalado, en ciencias, no es posible construir el lenguaje utilizando un único sistema de representación dada la naturaleza de los contenidos, en especial en las ciencias experimentales, de allí que, la relación *texto nuevo/texto conocido* desempeña un papel determinante en el proceso de comprensión y en el proceso de interrelación entre *texto nuevo/texto nuevo*.

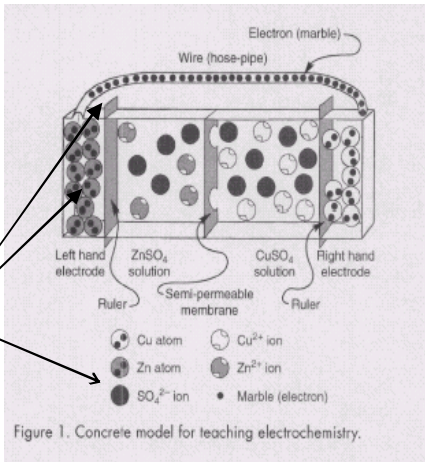
De manera que, como hemos destacado, la relación *texto nuevo/texto conocido*, y *texto nuevo/texto nuevo*, constituyen un recurso para la construcción de significados en el marco de una comunidad discursiva específica, de allí el interés en su estudio.

Revisemos el siguiente ejemplo: al encontrarnos frente a una representación pictórica debemos realizar diferentes procesos cognitivos para “comprenderla”, en este proceso de comprensión los signos y símbolos deben ser considerados en su contexto sintagmático¹, paradigmático, situacional e intertextual (Lemke, 2000).

Analicemos la figura 7² desde la perspectiva de la atribución de significados a partir de los diferentes contextos en los cuales se produce la representación.

Esta figura la desarrolla el autor en el campo de la electroquímica, campo que se caracteriza por estudiar las reacciones que se producen a consecuencia de la transferencia de electrones entre las sustancias que intervienen en la reacción. Sin embargo, durante el proceso los átomos deben conservarse y esta condición debe ser reflejada en la representación, razón por la cual se selecciona el diagrama como forma de representación. En la representación se utiliza círculos de diferentes tamaños y diferentes tonos de grises para diferenciar los átomos.

Figura 7: SIGNIFICADO DEPENDE DE LA CONTEXTUALIZACIÓN.

Contexto paradigmático	Materia formada por átomos. Los átomos formados por partículas subatómicas, específicamente los electrones. Teoría atómica y sus postulados	 <p data-bbox="932 1220 1284 1243">Figure 1. Concrete model for teaching electrochemistry.</p>
Contexto situacional	Electroquímica: reacciones que transcurren por transferencia de electrones. Los electrodos como componentes de las pilas electroquímicas.	
Contexto intertextual	Título, texto, (en la figura): Modelo para enseñar (representación pedagógica) <i>Desde otros textos:</i> por ejemplo, “en el estudio de la electroquímica se denomina electrodo a una pieza de metal, M ⁿ⁺ ” <i>Desde el propio texto:</i> electrodo de la izquierda, electrón movable	
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)	

C. La construcción del discurso: las funciones de presentación, de orientación y de organización.

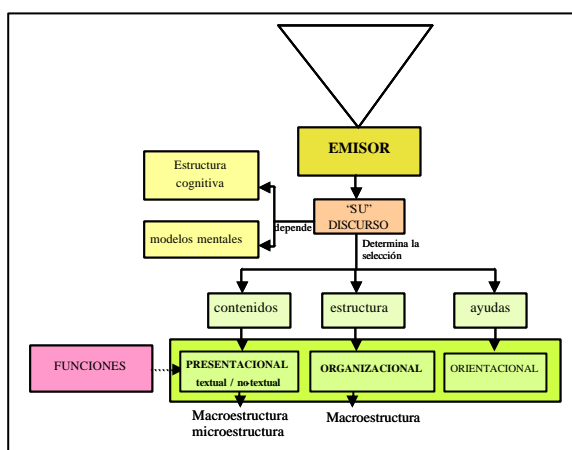
Nos referimos a las decisiones que toma el productor del discurso: los contenidos que presenta, **función presentación**; la estructura de los contenidos que presenta, **función organización** y los recursos utilizados para destacar lo relevante, es decir las ayudas que ofrece al lector, que lo lleva a cumplir la **función orientación**, (figura 8).

¹ Sintagma: en una frase u oración, unidad sintáctica elemental (grupo nominal o verbal)

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

³ Petrucci,R.; Harwood, W. & Herring,F.G.((2003). *Química general*. (8va. Ed.). Pearson Education,S.A. Madrid.

Figura 8: FUNCIONES QUE CUMPLE EL EMISOR AL CONSTRUIR EL DISCURSO



Como ya hemos señalado, y de acuerdo con Lemke (1998b) en la comunicación humana, y en la comunicación científica en particular, se utilizan los diferentes sistemas semióticos combinándolos; esta combinación exige seguir tres funciones semióticas: presentación, orientación y organización.

La atribución de significados utilizando las funciones presentacional, orientacional y organizacional se complementa con otros aspectos estructurales (el contexto y la naturaleza de lo que se quiere expresar: categorías o covariaciones). Se establece una relación dialéctica en la cual las funciones, el contexto y la naturaleza, actúan de manera tal que se complementan en el proceso de atribuir significados al discurso sobre la materialidad del mundo. En esta línea de pensamiento la función presentacional utiliza el contexto sintagmático e intertextual (se convierten en mediadores) que permite inferir el contexto paradigmático y situacional por lo que se constituyen en ayudas para el proceso de atribución de significados tipológicos y topológicos.

? Función Presentación

Esta función tiene por objetivo *presentar* el estado de las cosas o sus relaciones (**presentación**), es decir los contenidos; es una función representacional y permite construir el tema o tópico al presentar aseveraciones y argumentos. La forma de presentar estas aseveraciones es mediante el uso de estructuras retóricas, las cuales han sido identificadas como estructuras de *generalización*, *enumeración*, *causa/efecto* y *clasificación*, constituyéndose estas estructuras en recursos lingüísticos (Cook y Mayer, 1988).

- El uso de estos recursos lingüísticos (semánticos y sintácticos) permite **“hablar” sobre:**
- ☞ **Los procesos:** “la solubilidad se expresa como la cantidad máxima de soluto disuelta en 100g de agua a una temperatura dada, 25°C” (*generalización*);
 - ☞ **Las relaciones:** “la solubilidad depende de la naturaleza del soluto, la naturaleza del solvente y la temperatura” (*enumeración*); “la solubilidad del cloruro de sodio aumenta al aumentar la temperatura” (*causa/efecto*)
 - ☞ **Las circunstancias:** que implica responder qué, cuándo, por qué, cómo, en qué condiciones.
“la solubilidad del cloruro de sodio es 34g NaCl 100 g de agua a 25 °C” (*generalización*)

Esta función presentación también es posible alcanzarla utilizando recursos gráficos, por ejemplo gráficos cartesianos, tablas, fotografías; en este tipo de representación se nos presenta una escena cuyos elementos pueden ser reconocidos y expresan relaciones entre esos elementos (Lemke, 1998b). A partir de los elementos y sus relaciones se debe reconstruir el fenómeno. Así por ejemplo, las tablas y los gráficos cartesianos generalmente muestran relaciones de causa/efecto, mientras los diagramas y fotografías permiten generalizar.

En el caso de los textos para la enseñanza la función presentación es clave porque a través de ella se expresan los cuerpos de conocimientos en áreas específicas de conocimiento.

? **Función Organización**

Una segunda función permite construir un sistema de relaciones que *organiza* (**organización**) para hacer explícita las relaciones todo/partes del todo, es decir, la organización de la exposición, a la cual nos referimos como estructura, de conocimientos que presenta el autor.

En el texto podemos encontrar diferentes maneras de organizar el discurso, estas diferentes formas de organización se llaman **estructuras**. Se reconocen tres tipos básicos de estructuras: la *superestructura*, la *macroestructura* y la *microestructura* (Van Dijk y Kintch, 1983).

La *superestructura* (Van Dijk y Kintch, 1983) es un esquema que establece el orden global del texto (puede expresarse a través de la tabla de contenidos), mientras la *macroestructura* nos habla del significado global que impregna y da sentido al texto, se manifiesta en el resumen, y permite jerarquizar las ideas al tiempo que da coherencia global al texto. La *microestructura* se refiere al nivel local del discurso, denota las proposiciones o ideas y sus relaciones. Estas relaciones se establecen a través de las estructuras retóricas o esquemáticas. La *microestructura* ayuda a dar coherencia a la secuencia de las proposiciones y son del tipo generalización, comparación y contraste, causa-efecto, enumeración, problema-solución, las podemos encontrar en oraciones, párrafos, pero rara vez una sola estructura caracteriza el texto entero.

La función organización está dirigida a ordenar la superestructura y la macroestructura, lo cual permite definir un género, así por ejemplo los artículos en las revistas científicas arbitradas presentan una estructura característica que se repite (introducción, marco teórico, marco metodológico, resultados, análisis de resultados, conclusiones) lo que permite a la comunidad científica conformar una comunidad de discurso.

En el caso de las imágenes se recurre a recursos de composición para organizar el texto visual en elementos y regiones y se utilizan características como colores y texturas. Esta función facilita asignar significados tipológicos (las variables graficadas) y topológicos (los valores de las variables en puntos, relaciones entre estas variables, tendencias en el cambio de los valores a partir de la forma de la recta que se obtiene)

? **Función Orientación**

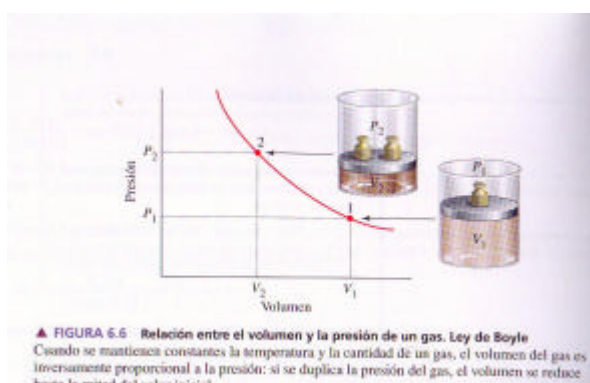
Una tercera función corresponde a la ayuda que presta el emisor (autor de los textos escritos) al receptor (lector de los textos escritos) con el propósito de *orientar* (**orientación**)

acerca de la posición del autor con respecto al estado de cosas que se han presentado, orientando de alguna manera la atribución de significado asumida por el autor.

Esta función de orientación también se cumple en las imágenes, por ejemplo, una caricatura coloca al observador con relación a la escena (distante, cerca, superior, subordinado) permitiendo que se establezca una relación productor/intérprete con relación a la escena que representa (trágico, cómico, normal, de sorpresa) y permite establecer relaciones con otros puntos de vista y con otras imágenes de escenas similares (Lemke, s/fb).

Un ejemplo del cumplimiento de esta función lo encontramos en el siguiente gráfico/diagrama figura 9 (figura 6.6, p 182 Petrucci, 2003); en esta ilustración el autor, para cumplir con este propósito, utiliza como recurso para relacionar el signo con el fenómeno la combinación de dos tipos de representación: el gráfico cartesiano más una representación macroscópica. La representación gráfica, abstracta, (gráfico PV) y la situación macroscópica que el gráfico representa (gas encerrado en un cilindro con un émbolo móvil, por lo que puede cambiar tanto el volumen como la presión del gas) recurso empleado para mostrar la relación entre la Presión del gas y la Presión externa.

Figura 9: Ejemplo de combinación representación-situación. Tomado de Petrucci (2003), p. 182



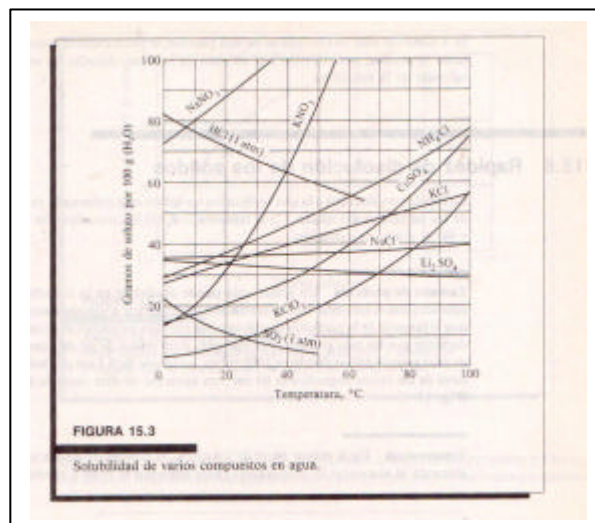
Un segundo tipo de recurso que **orienta** al lector se encuentra en los recursos tipográficos, entre estos tenemos, por ejemplo, orientación de la página en el espacio, tamaño de las letras, estilo de las letras como negritas, itálicas, que permiten resaltar importancia. Otros recursos lo constituyen el resumen, los títulos y subtítulos, las notas a pie de página; estos recursos son utilizados por el productor para orientar al lector sobre bs aspectos que el escritor considera más importantes

A continuación, a partir de la figura 10⁴, analizaremos, sin pretender ser exhaustivos en la lista que presentamos, las funciones presentación, orientación y organización.

⁴ Tomado de Hein, M. (1992) *Química* (2da. Ed.)Grupo Editorial Iberoamericano. (Cap.15-Fig15.3, p. 383)

Figura 10: LAS FUNCIONES EN UN GRÁFICO DE SOLUBILIDAD COMPUESTOS EN AGUA

Función	
Presentación	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
Orientación	Incluir solutos cuyas solubilidades aumentan con aumento de T y solutos cuyas solubilidades disminuyan con un aumento de T orienta al lector a no generalizar "aumento T aumento solubilidad" error que con mucha frecuencia cometen los estudiantes
Organización	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



Profundizamos en el análisis del gráfico de solubilidad presentado en la figura 10, con el propósito de mostrar la posibilidad de utilizar el modelo semiótico para organizar el proceso de atribución de significados, este análisis se muestra en la tabla 2.

Tabla 2: EJEMPLO DE “LECTURA” DE UN GRÁFICO CONSIDERANDO LOS RECURSOS SEMIÓTICOS.

Recursos título	Figura 3. Gráfico de solubilidad de diversos compuestos en agua. (Contribuye a definir un contexto paradigmático y situacional).
Contexto paradigmático	Nos ubica en un área específica de conocimiento desde donde se atribuyen significados, es el marco de referencia del emisor. En este caso se trata del modelo conceptual desarrollado para representar el proceso de disolución y propiedades que se utilizan para describir este proceso: solubilidad
Contexto situacional	Nos plantea la aplicación de los paradigmas a situaciones concretas, lo que lleva a especificar la solubilidad de diferentes sales a diferentes temperaturas
Intertextualidad	La intertextualidad es de gran importancia para la comprensión, porque depende de lo que el lector es capaz de compartir desde otros textos para la lectura. La intratextualidad se construye a partir del título o subtítulos y los textos introductorios que acompañan la figura; funcionan como organizadores. La intertextualidad contribuye a definir el paradigma y la situación

Presentacionales	Organizacionales	<p><i>Estructuras</i></p> <p>Macroestructura: (debemos construirla, el título y el gráfico son importantes en esta tarea) Se presenta la variación de la solubilidad en función de la temperatura para diferentes sales y gases, observando compuestos que aumentan su solubilidad al aumentar T y compuestos que al aumentar T disminuyen su solubilidad. De igual manera la magnitud del cambio también varía con el compuesto (estructura de generalización).</p> <p>Microestructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ≠ Clasificación: podemos ubicar los compuestos en dos grupos los que tienen ? solubilidad > 0 al aumentar T y los que tienen ? solubilidad < 0 al aumentar T ≠ Causa-efecto: al cambiar el valor de la variable independiente (T) se produce un cambio en el valor de la variable dependiente (solubilidad) 	
	Orientacionales	<i>Etiqueta</i>	<ul style="list-style-type: none"> ≠ Solubilidad de la sal/100 g agua ≠ Temperatura
		<i>Escalas</i>	Tipo linear/linear; con variaciones de 20 unidades en ambas variables solubilidad y temperatura.
		<i>Unidades</i>	<p>Relacionadas con balanzas y termómetros (contexto situacional).</p> <ul style="list-style-type: none"> ≠ La solubilidad: g sal/100 g agua, ≠ Temperatura: ° Celsius <p>Contribuye a establecer el nivel en el que se expresan las propiedades que se relacionan en la representación, en este caso se trata de un nivel macroscópico.</p>
	Sintagmas	<i>Puntos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ≠ A 80°C se disuelven aproximadamente 51 g de cloruro de potasio, KCl, en 100 g de agua, H₂O. ≠ Si se quiere preparar una solución saturada de KCl en agua debe disolverse una cantidad igual, o superior, a 51 g de KCl en 100 g de agua. Si se usa 50 g de agua debe disolverse una cantidad igual o mayor de 25,5 g de KCl.
		<i>Línea</i>	<ul style="list-style-type: none"> ≠ Líneas con pendientes positivas que indican aumento de la solubilidad de la sal al aumentar la temperatura. ≠ Líneas con pendiente negativa que indican disminución de la solubilidad de la sal al aumentar la temperatura ≠ Líneas que desde la matemática son representadas como la ecuación de una línea recta (la recta para el NaNO₃, de pendiente positiva, o la del Li₂SO₄, de pendiente negativa). ≠ Líneas que desde la matemática se representan como la ecuación matemática determinando relación de proporcionalidad o de otro tipo, en este caso tenemos: a) se tiene una variación exponencial como la del KNO₃ o b) una variación lineal representa la solubilidad del KCl.

A manera de síntesis integramos en un solo diagrama, al que hemos denominado **MODELO DE INTEGRACIÓN DE RECURSOS**, y que se presenta en la figura 11, los diferentes componentes que debe considerar el lector en el proceso de construcción del significado a partir de la lectura de un texto, destacamos las relaciones que debe establecer el lector en el proceso de lectura: **TEXTO-AUTOR; TEXTO-REFERENTE; TEXTO-LECTOR; TEXTO-COMUNIDAD DISCURSIVA.**

Aplicación

Utilizamos este marco para realizar el análisis de las representaciones pictóricas de tres textos de química general en un área particular de conocimiento: el equilibrio químico. En particular lo aplicaremos para realizar una descripción analítica del sistema de representaciones utilizadas para desarrollar los contenidos relativos al concepto de equilibrio químico. Tratamos de determinar como el autor presenta y organiza unos contenidos que tienen como fin orientar al lector en el diálogo que debe establecer con el texto con el propósito de que se pueda apropiarse de la manera de “hablar” que impone la naturaleza del objeto de estudio: el concepto de equilibrio estableciendo propiedades (tipológicos) y variaciones entre esas propiedades (topológicos), en situaciones y condiciones particulares (situacional), utilizando sintagmas específicos (sintagmático). A continuación los resultados que hemos obtenido a partir de la lectura y relectura, en momentos diferentes, de los textos seleccionados.

Figura 11: MODELO DE INTEGRACIÓN RECURSOS PARA ATRIBUIR SIGNIFICADOS

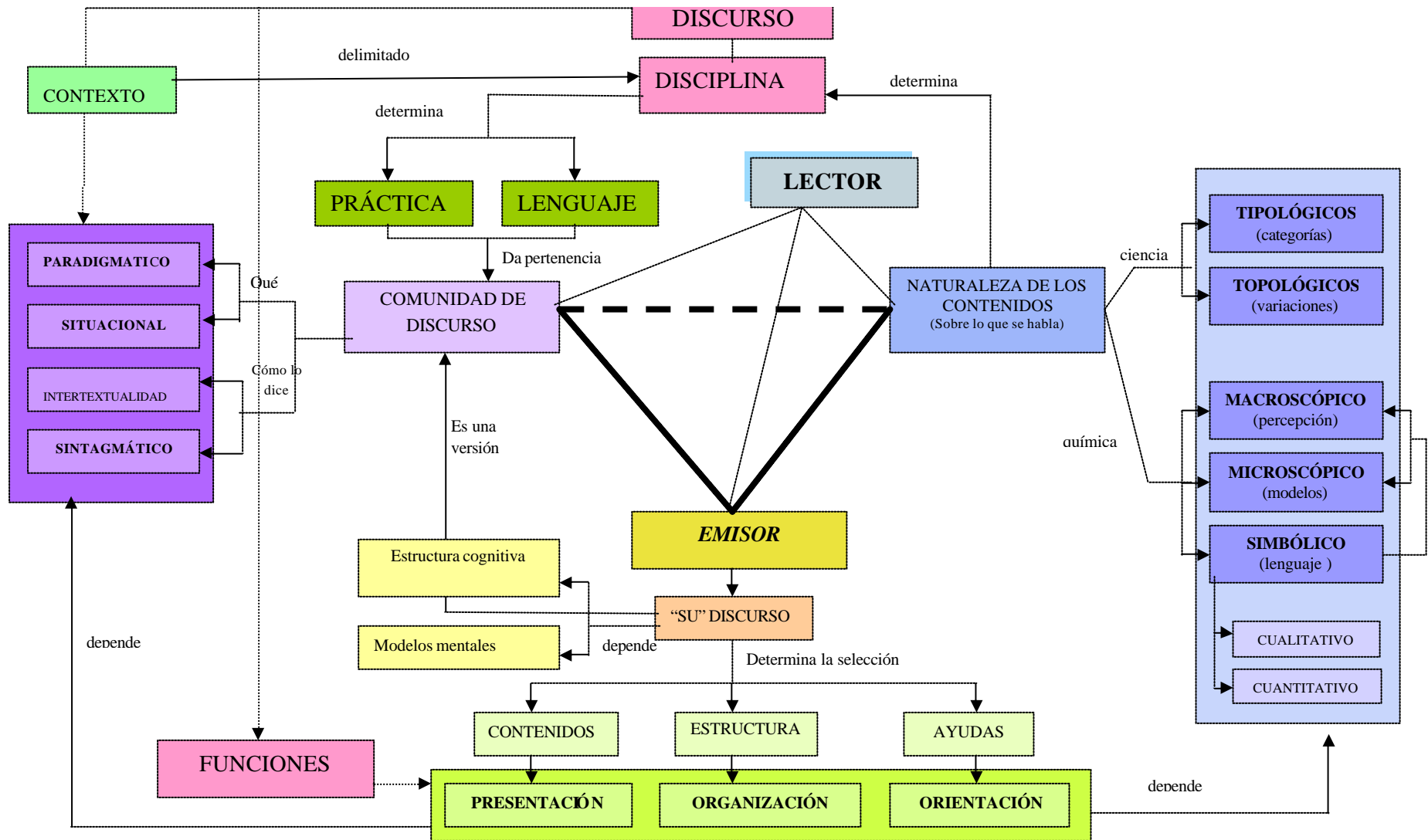
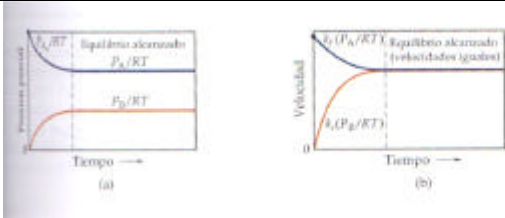
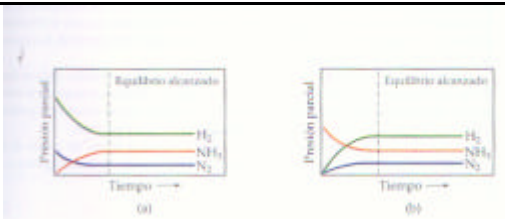
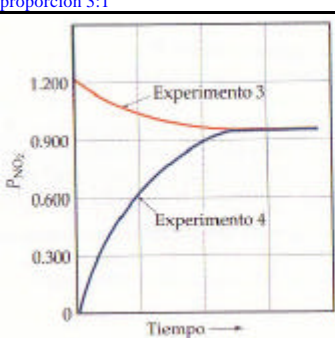
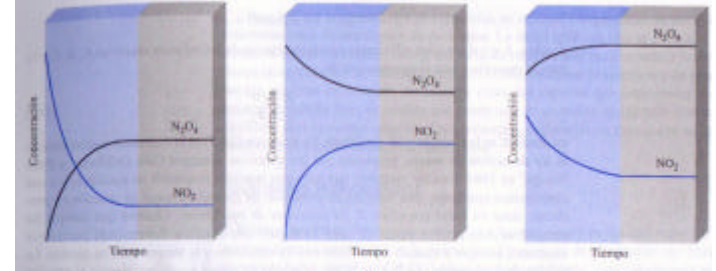


Figura 12: “LECTURA” DE LAS REPRESENTACIONES PICTÓRICAS RELACIONADAS AL CONTENIDO CONCEPTO DE EQUILIBRIO

Contenidos	Texto	Figuras
Concepto y constante de equilibrio	Brown	 <p>Figura 15.3 Establecimiento del equilibrio químico en la reacción $A \rightleftharpoons B$. (a) La reacción del compuesto puro A, con presión parcial inicial P_{A0}. Al cabo de un tiempo las presiones parciales de A y B ya no cambian. La razón es que (b) las velocidades de la reacción directa, $k_d(P_A/RT)$, y de la reacción inversa, $k_r(P_B/RT)$, se han igualado.</p>
		<p>15.3 p. 577</p> <ul style="list-style-type: none"> Se estudia como un sistema químico genérico, $A \rightleftharpoons B$, evoluciona hacia el estado de equilibrio. Establecimiento del equilibrio químico en la reacción $A \rightleftharpoons B$. el gráfico representa una representación de una situación hipotética, no es una situación experimental. Se utiliza como representación dos gráficos cartesianos del tipo abstracto; no incluye escalas ni unidades de las variables que se grafican. Especifica, en el gráfico (a), expresiones de concentración (en función de presiones parciales de los componentes). En el gráfico (b) especifica expresión de velocidad de reacción. Responde a un modelo matemático sin escalas ni unidades. Esta característica no hace posible la textualización de valores y la línea nos muestra una tendencia general que permite establecer variaciones cualitativas; por ejemplo aumenta, disminuye, no cambia los valores de las variables involucradas. De esta tendencia es posible inferir diferentes significados como: <ul style="list-style-type: none"> Gráfico (a): Situación inicial física sólo se tiene reactivo porque $P_{B0} = 0$ y P_{A0} tiene valor máximo; con transcurrir tiempo P_{A0} disminuye hasta P_A y P_{B0} aumenta hasta llegar a P_B. A partir de un tiempo t, indicado por línea de puntos P_A y P_B ya no cambian, aunque no tienen igual valor. Gráfico (b): la variable que se grafica es velocidad de reacción: al comienzo se tiene velocidad de reacción cero para producto B la cual va aumentando a medida que transcurre el tiempo; y máxima velocidad para la velocidad de descomposición del reactivo A, la cual va disminuyendo con el tiempo. Al cabo de un tiempo t, indicado por la línea de puntos las velocidades se igualan. El título contribuye a construir estos significados: Figura 15.3. Establecimiento del equilibrio químico en la reacción $A \rightleftharpoons B$. La reacción del compuesto puro A, con presión parcial inicial P_{A0}. Al cabo de un tiempo las presiones parciales de A y B ya no cambian. La razón es que (b) las velocidades de la reacción directa, $k_d(P_A/RT)$, y de la reacción inversa, $k_r(P_B/RT)$, se han igualado Las variables que se grafican refieren a nivel macro: presiones parciales de los componentes del sistema y tiempo; a) Presión parcial de A y B, P_A y P_B, en función tiempo, t. y b) Velocidad de desaparición de A y velocidad aparición B. Desde el título se introduce la representación simbólica para representar en una reacción el estado de equilibrio: la doble flecha; Establecimiento del equilibrio químico en la reacción $A \rightleftharpoons B$.
Concepto y constante de equilibrio	Brown	 <p>Figura 15.6 Variación de las presiones parciales al aproximarse al equilibrio de $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$. (a) Aproximación al equilibrio a partir de H_2 y N_2 en proporción de 3:1. (b) Aproximación al equilibrio a partir de NH_3.</p>
		<p>15.6 p. 579</p> <ul style="list-style-type: none"> Se estudia como un sistema químico real que evoluciona hacia el estado de equilibrio, lo cual se plantea desde la representación. lingüística: A fin de examinar el equilibrio de un sistema químico real, concentraremos nuestra atención en la síntesis del amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno: $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ Esta reacción es la base del proceso de Haber para sintetizar amoníaco. El gráfico representa una situación experimental que no es evidente aunque se especifica en el título: Fig. 15.6: Variación de las presiones parciales al aproximarse al equilibrio de $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$. (a) Aproximación al equilibrio a partir de H_2 y N_2 en proporción 3:1. (b) Aproximación al equilibrio a partir de NH_3 Se utiliza como representación dos gráficos cartesianos del tipo abstracto; no incluye escalas ni unidades de las variables que se grafican. Responde a la clasificación modelo matemático sin escalas ni unidades; en ambos gráficos se representan las presiones parciales de los componentes del sistema en función del tiempo. En el gráfico (a) Al inicio sólo tenemos reactivos los productos se forman en el transcurso de la reacción; en (b) inicia el proceso de reacción sólo con producto, amoníaco. Es posible inferir tendencias de cambio en las variables que se grafican: aumenta, disminuye, es constante. Gráfico (a): la presión parcial de los reactivos al inicio de la reacción, P_{N_2}, P_{H_2} disminuyen hasta hacerse constantes mientras, P_{NH_3} aumenta, desde cero, a medida que avanza la reacción hasta hacerse constante. En Gráfico (b) P_{N_2}, P_{H_2} aumentan hasta hacerse constantes mientras P_{NH_3} disminuye a medida que avanza la reacción hasta hacerse constante. Constante no quiere decir igual. De la lectura del gráfico se interpreta: La reacción avanza hacia el equilibrio de dos maneras diferentes: Fig. 15.6 (a) desde los reactivos: P inicial N_2 y P inicial $H_2 \neq 0$, y P inicial $NH_3 = 0$; en Fig. 15.6 (b) desde los productos: P inicial N_2 y P inicial $H_2 = 0$, y P inicial $NH_3 \neq 0$, el autor ofrece como ayuda el texto que presenta como Representación Lingüística: “Supóngase ahora que se parte del compuesto A puro en un recipiente cerrado. A medida que A reacciona para formar el compuesto B, la presión parcial de A disminuye al mismo tiempo que la presión parcial de B aumenta [Fig. 15.3(a)]. Conforme P_A disminuye, la velocidad de la reacción directa decae, como se muestra en la [Fig. 15.3(b)]. De forma análoga, conforme P_B aumenta, la velocidad de la reacción inversa crece. Con el tiempo la reacción alcanza un punto en el que las velocidades directa e inversa son iguales [Fig. 15.3(b)]; los compuestos A y B están en equilibrio.”

⁵ Usamos letras azules para indicar copia textual del autor

		<p>Las variables que se grafican refieren a nivel macro Desde el título se introduce importancia de la estequiometría: Fig. 15.6 (a) Aproximación al equilibrio de H_2 y N_2 en proporción 3:1</p>  <p>◀ Figura 15.7 Como se observa en la tabla 15.1, se produce la misma mezcla de equilibrio a partir ya sea de 1.22 atm de NO_2 (experimento 3) o de 0.612 atm de N_2O_4 (experimento 4).</p> <p>15.7 p. 581</p> <p>Se estudia como un sistema químico real, evoluciona hacia el estado de equilibrio desde dos condiciones iniciales diferentes. Desde la RL: La Fig.15.7 muestra como los experimentos 3 y 4 dan por resultado la misma mezcla de equilibrio no obstante que uno se inicia con 1.22 atm de NO_2 (exo3), y el otro, con 0.612 atm de N_2O_4 (p.581) El gráfico representa una situación experimental en la que se realizan cuatro experimentos diferentes: se infiere a partir de la tabla y el título (intertextualidad), se busca prestar ayuda al lector al especificar en el título: Como se observa en la tabla 15.1, se produce la misma mezcla de equilibrio a partir ya sea de 1.22 atm de NO_2 (experimento 3) o de 0.612 atm de N_2O_4 (experimento 4).</p> <p>Se utiliza como representación un gráfico cartesiano del tipo concreto; incluye escalas y unidades para la variable presión parcial; no se incluye unidades para la variable tiempo.</p> <p>Responde a un modelo matemático con escalas y unidades. Esta característica hace posible la textualización de valores de manera parcial, sólo valores de P a medida que pasa el tiempo; la línea nos muestran una tendencia general que permite establecer variaciones cualitativas; por ejemplo aumenta, disminuye, no cambia los valores de las variables involucradas. De esta tendencia es posible inferir diferentes significados como:</p> <p>Exp. 3: Inicio a partir de productos $P_{NO_2} = 1.2 \text{ atm}$; en Exp. 4: inicio a partir de reactivos porque $P_{NO_2} = 0 \text{ atm}$. A partir de un cierto tiempo en el que se alcanza el equilibrio, para los dos experimentos la P_{NO_2} es aproximadamente igual 1.0 atm. Destacando que el valor de la constante es independiente del estado inicial.</p>
Chang	14.2 p. 561	 <p>FIGURA 14.2 Cambios en las concentraciones de NO_2 y N_2O_4 con el tiempo, en tres situaciones. a) Al principio, sólo el NO_2 está presente. b) Al inicio, sólo el N_2O_4 está presente. c) Al principio está presente una mezcla de NO_2 y N_2O_4. Observe que aunque el equilibrio se logra en todos los casos, las concentraciones en el equilibrio de NO_2 y N_2O_4 no son iguales.</p> <p>Se estudia como un sistema químico real, evoluciona hacia el estado de equilibrio desde tres condiciones iniciales diferentes. Desde la representación lingüística: Suponga que se inyecta N_2O_4 en un matraz vacío. El color café que aparece de inmediato indica que se ha formado NO_2 ... También se puede alcanzar el estado de equilibrio partiendo de NO_2 puro. Cuando algunas moléculas de NO_2 se combinan para formar N_2O_4, el color se desvanece. Otra forma es comenzar con una mezcla de NO_2 y N_2O_4 y seguir el curso de reacción hasta que el color ya no cambia (p.560). El título también ayuda a identificar las tres diferentes situaciones iniciales.</p> <p>Cambios en las concentraciones de NO_2 y N_2O_4 con el tiempo en tres situaciones. a) al principio sólo el NO_2 está presente. b) al inicio, sólo el N_2O_4 está presente. c) al principio está presente una mezcla de NO_2 y N_2O_4. Observe que aunque el equilibrio se logra en todos los casos, las concentraciones en el equilibrio de NO_2 y N_2O_4 no son iguales. (función orientación). Se observa el uso de la intertextualidad como recurso semiótico.</p> <p>Se utiliza como representación un gráfico cartesiano del tipo abstracto; no incluye escalas y unidades para las variables que se grafican: concentración de reactivos/productos y tiempo.</p> <p>Responde a un modelo matemático sin escalas y unidades. Esta característica no permite la textualización de valores; la línea nos muestra una tendencia general que permite establecer variaciones cualitativas; por ejemplo, aumenta, disminuye, no cambia los valores de las variables involucradas. De esta tendencia es posible inferir diferentes significados como:</p> <p>Gráfico (a): inicio desde producto, NO_2 su concentración disminuye a medida que transcurre el tiempo hasta que ya no cambia (pendiente cero); el reactivo, N_2O_4, comienza con concentración cero y aumenta hasta hacerse constante (pendiente cero)</p> <p>En Gráfico (b) se invierte la situación, se comienza con reactivo, N_2O_4, en concentración máxima y producto en concentración cero, NO_2, que aumenta a medida que avanzamos al equilibrio; en el equilibrio (zona gris del gráfico) las concentraciones no cambian pero son diferentes a las alcanzadas en la experiencia graficada en (a) esto se infiere por la manera en que se organizan los gráficos.</p> <p>En Gráfico (c) se comienza con reactivo, N_2O_4, en concentración mínima porque luego aumenta, y producto en</p>

		<p>concentración máxima, NO₂, que luego disminuye para avanzar al equilibrio. a medida que avanzamos al equilibrio en este caso particular se forma reactivo y reacciona producto; en el equilibrio (zona gris del gráfico) las concentraciones no cambian pero son diferentes a las alcanzadas en la experiencia graficada en (a) y en (b) esto se infiere por la manera en que se organizan los gráficos.</p>
		<p>▲ FIGURA 16.3 Tres aproximaciones al equilibrio en la reacción $\text{CO(g)} + 2 \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH(g)}$ Las cantidades iniciales y de equilibrio de estos tres casos se dan en la Tabla 16.1. t_e = tiempo necesario para alcanzar el equilibrio.</p>
Petrucci	16.3 p. 630	<p>Se estudia como un sistema químico real, evoluciona hacia el estado de equilibrio desde tres condiciones iniciales diferentes. El sistema estudiado es: $\text{CO (g)} + 2 \text{H}_2 \text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH (g)}$. desde el título se conecta el gráfico cartesiano con valores en la tabla. Tres aproximaciones al equilibrio en la reacción: $\text{CO (g)} + 2 \text{H}_2\text{(g)} \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH (g)}$ las cantidades iniciales y de equilibrio de estos tres casos se dan en la Tabla 16.1. t_e = tiempo necesario para alcanzar el equilibrio. La RL contribuye a establecer la relación situación experimental gráfico/tabla. Los datos de la Tabla 16.1 se representan en la Fig. 16.3 y a partir de los gráficos puede verse que</p> <ul style="list-style-type: none"> En ninguno de los casos se consume por completo ninguna de las especies reaccionantes. Las cantidades de equilibrio de los reactivos y productos en estos tres casos parecen no tener nada en común <p>Aunque no es obvio a partir de una inspección superficial de los datos, una determinada razón de las concentraciones en equilibrio de los productos y reactivos tiene un valor constante, independiente de cómo se haya alcanzado el equilibrio.</p> <p>Se utiliza como representación un gráfico cartesiano del tipo concreto; incluye escalas y unidades para las variables moles de reactivos y productos; no se incluye unidades para la variable tiempo.</p> <p>Incluye escalas y unidades para la variable presión parcial; no se incluye unidades para la variable tiempo.</p> <p>Responde a un modelo matemático con escalas y unidades. Variables utilizadas moles-concentración/tiempo; nivel macro. Esta característica hace posible la textualización de valores de manera parcial, sólo valores de los moles a medida que pasa el tiempo; en particular es posible leer el número de moles en el tiempo en que se alcanza el equilibrio. La línea nos muestra una tendencia general que permite establecer variaciones cualitativas; por ejemplo, aumenta, disminuye, no cambia los valores de las variables involucradas. De esta tendencia es posible inferir diferentes significados a los que contribuyen la organización del gráfico.</p> <p>El gráfico se organiza de manera tal que se permite la comparación entre el experimento 1, 2 y 3. Las unidades que se utilizan (moles) se debe relacionar con M usando propiedades de los gases (“los tres experimentos se llevan a cabo en un matraz de 10,0L y a 483 K”).</p> <p>Experimento 1: se parte de una mezcla equimolar de CO y H₂ (1 mol) y 0 moles de CH₃OH. A medida que se avanza al equilibrio disminuyen el número de moles de CO y H₂, pero se observa la influencia de la estequiometría porque la disminución de los moles de H₂ es mayor; los moles de metanol aumentan.</p> <p>Experimento 2: se parte de 0 moles de CO y H₂ y 1 mol de CH₃OH. A medida que se avanza al equilibrio aumenta el número de moles de CO y H₂, pero se observa la influencia de la estequiometría porque el aumento de los moles de H₂ es mayor (doble); los moles de metanol disminuyen. En el equilibrio los moles de reactivos y productos no cambian pero no son iguales.</p> <p>Experimento 3: se parte de una mezcla equimolar de CO y H₂ y (1 mol). A medida que se avanza al equilibrio aumenta el número de moles de CO y H₂ mientras disminuye el número de moles de CH₃OH, pero se observa la influencia de la estequiometría porque el aumento de los moles de H₂ es mayor al aumento del número de moles de metanol disminuyen. Este gráfico se complementa con la tabla 16.1 y la tabla 16.2 y muestra cálculos en situaciones diferentes, incluyendo la situación de equilibrio, solo en el equilibrio una relación calculada de la misma manera que se calcularía el valor de Keq se obtiene el mismo valor; valor que se resalta mostrándolo en color azul: 14.5 (función orientación)</p> <p>Desde el título se introduce importancia de la estequiometría: (a) aproximación al equilibrio de H₂ y N₂ en proporción 3:1</p>

Emisor: Presentación, organización, orientación.

		TEXTO	Fig.	SIGNIFICADOS
EMISOR	Presentación		15.3	Todos los autores presentan el desarrollo del tema equilibrio químico: propiedades macroscópicas (situación de no cambio) que contrastan con lo que sucede microscópicamente: la reacción continúa: el equilibrio es dinámico
		Brown	15.6	
			15.7	Presentan ejemplos de sistemas en equilibrio y su utilización en la vida cotidiana, por ejemplo, el proceso de Haber para producir nitrógeno.
		Chang	14.2	Se relaciona la situación de equilibrio con un valor numérico que es constante si se cumplen las

	Petrucci	16.3	condiciones de mantener T constante; ser un sistema cerrado, y si se escribe siguiendo reglas particulares.
Organización	Brown	15.3	Dos gráficos contiguos identificados como (a) y (b) Los gráficos permiten inferir situación inicial, el avance y la situación de equilibrio La presentación de un gráfico al lado del otro permite conectar situación macro (presiones parciales) (15.3 ^a) con micro velocidades (15.3b)
		15.6	Dos gráficos contiguos identificados como (a) y (b) permiten establecer comparaciones entre las dos situaciones que se representan Los gráficos permiten inferir situación inicial en cada situación, (a) desde los reactivos, (b) desde el producto, el avance y la situación de equilibrio
		15.7	Un gráfico en el cual se grafican dos experimentos identificados como exp.3 y exp.4 para destacar que en el equilibrio las presiones del producto son iguales independientemente del estado inicial. El gráfico permite inferir situación inicial en cada situación, (a) desde los reactivos, (b) desde el producto
	Chang	14.2	Tres gráficos contiguos identificados como “a,b y c” Los gráficos permiten inferir situación inicial en cada situación, el avance y la situación de equilibrio
	Petrucci	16.3	Tres gráficos contiguos identificados como “Experimento 1, experimento 2 y experimento 3” Los gráficos permiten inferir situación inicial en cada situación (1) mezcla equimolar (1mol) de reactivos, (2) desde (1mol) el producto, (3) mezcla equimolar (1mol) de reactivos y producto
Orientación	Brown	15.3	Desarrolla los conceptos de manera progresiva a) para una reacción hipotética; b) para la reacción de formación de amoníaco y c) para la descomposición del tetróxido de nitrógeno. Lo que presenta el avance para sistemas diferentes y situaciones iniciales diferentes Destaca el hecho de que la situación de equilibrio representa iguales velocidades pero no iguales valores de presiones para los componentes de un sistema, por eso presenta variables diferentes en cada gráfico: a) presión y/o velocidad vs tiempo en (fig. 15.3); b) presión de reactivos y productos, simultáneamente, vs tiempo (Fig.15.6); c) presión de un solo componente (producto) en la Fig.15.7 Ofreciendo así una amplia gama de situaciones y de representaciones. Prepara la lector para las diferentes expresiones para la constante resaltando la relación de proporcionalidad entre concentración y presión parcial para los gases ideales (Fig.15.3) Resalta la importancia de la estequiometría para la escribir la constante: Fig. 15.6: Variación de las presiones parciales al aproximarse al equilibrio de $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$. (a) Aproximación al equilibrio a partir de H_2 y N_2 en proporción 3:1. (b) Aproximación al equilibrio a partir de NH_3
		15.6	
		15.7	
Chang	14.2	Orienta al lector en caso de que los sistemas alcancen el equilibrio, con lo cual los sistemas avanzan a él independientemente de las condiciones del sistema. Presenta tres gráficos en condiciones iniciales diferentes, lo que complementa con el texto ...los términos reactivos y productos puede resultar confuso porque una sustancia determinada que es un reactivo en la reacción directa, también es un producto en la reacción inversa, ... Se orienta al lector al presentar una relación de interdependencia entre la tabla 14.1 y el gráfico Diferencia los equilibrios físicos de los químicos (aunque presenta una analogía con un sistema físico ... análogo al movimiento de los esquiadores en un centro de esquí repleto de personas,...(p.560)	
Petrucci	16.3	Se presenta en forma simultánea el gráfico más una tabla “los datos de la tabla 16.1 se representan en la Fig.16.3 ... (p.629)” Al nombrar los gráficos experimento 1, 2 y 3 facilita relación gráfico-situación, entendiendo situación como la situación física, de igual manera se orienta al lector al hacer referencia a las condiciones experimentales ...matraz de 10 L a 438 K... (p.629) También orienta al lector al seleccionar como valor del número de moles de cada componente en la situación inicial el valor 1 (un mol) lo que facilita la comparación entre los tres experimentos Llama la atención del lector a no confundir “no cambio” de la composición con iguales valores en cualquier experimento. Una consecuencia de la situación de equilibrio es que las cantidades de reactivos y productos permanecen constantes en el tiempo. Sin embargo, estas cantidades de equilibrio dependen de las cantidades de reactivos y productos presentes inicialmente (p.629)	

En la siguiente Tabla (Tabla 3) mostramos un resumen de los aspectos que consideramos más relevantes que hemos encontrado a partir de la “lectura” de las diferentes representaciones pictóricas.

Conclusiones

El aprendizaje del equilibrio químico es un tópico que presenta muchas dificultades, el estudio de estas dificultades ha sido reportada en diferentes trabajos de investigación, por ejemplo, Camacho y Good (1989). Estos autores atribuyen las dificultades a la complejidad de los modelos conceptuales, ya que es un campo que resulta de la integración de principios y conceptos en diferentes áreas; además demanda de maestría de un gran número de conceptos subordinados (Moncaleano y col., 2003). Otros autores centran su atención en estudiar: a) La naturaleza de los contenidos sobre equilibrio químico; caso como el cambio de modelo de reacción completa por reacción en equilibrio (Van Driel y col, 1998); b) el papel del conocimiento previo, en cuyo caso, por ejemplo, se estudian las falsas concepciones que los aprendices tienen sobre el tema, a partir de esta línea se ha encontrado que muchos estudiantes consideran que los reactivos y productos se encuentran en recipientes separados (Gorodetsky y Gussarsky, 1986; BenZvi y col., 1987, Níaz, 1995, Hackling y Garnett, 1985; Johnstone et al 1977; Maskill & Cachapuz, 1989; Chiu y col. 2002).

En este trabajo hemos abordado el estudio del equilibrio químico a partir del estudio del sistema de representaciones externas, en particular las representaciones pictóricas, utilizadas para construir el discurso sobre equilibrio químico. Para ello hemos hecho uso de la semiótica como marco de referencia porque consideramos que desde esta perspectiva teórica se aborda el problema de la incorporación a una comunidad discursiva que “habla”, “escribe” y “hace” de maneras particulares (Sutton, 2003). Consideramos que esta aproximación redimensiona el papel de la escuela como el espacio por excelencia para que se realice un proceso de enculturación. Es desde este abordaje que nos proponemos trabajar la utilización que se hace, desde el aprendizaje y desde la enseñanza, del complejo aparato representacional para razonar dentro de la comunidad discursiva de los químicos.

Las representaciones pictóricas, aunque son representaciones no textuales, pueden ser textualizadas lo cual demanda que el lector realice un proceso particular de lectura que le permita relacionar los signos con los referentes y los signos con las reglas de representación. En el caso de las representaciones pictóricas, es preciso recordar que **las representaciones convencionales de símbolos y formas, permiten atribuir significados tipológicos**; mientras que **los efectos composicionales de tamaño relativo, lugar, grados significativos de variación o saturación de colores permiten atribuir significados topológicos**. Ambos tipos de significados son importantes en el discurso de las ciencias naturales porque los textos científicos son híbridos semióticos.

La lectura es un proceso de atribución de sentidos (Orlandi, 1996), que debe conducir a reconstruir la dinámica interna de las representaciones y devolver al texto la habilidad de proyectarse a sí mismo (Roth y Bowen, 2001). El aprendiz debe realizar un trabajo de lectura que le permita reconocer: a) los paradigmas y la situación particular que se trabaja; b) construir los significados tipológicos y topológicos así como, en el caso de la química, reconocer los niveles macroscópico, microscópico y simbólico que le debe facilitar la atribución de significados cualitativos y cuantitativos. Poder realizar esta tarea demanda competencias generales y específicas. Las primeras están asociadas a la capacidad para comunicarse de manera oral y escrita en lengua nativa, así como el uso de herramientas básicas de matemática; las segundas asociadas al lenguaje disciplinar, que implica, por una parte, familiaridad con hechos y conceptos científicos y por otra parte, la habilidad para utilizar un complejo aparato representacional (Lemke, 1994) que se expresa en niveles diferentes: macroscópico, microscópico y simbólico (Johnstone, 1993)

Tabla 3: SÍNTESIS DE RESULTADOS

REPRESENTACIÓN	Cartesiano abstracto ⁶	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano concreto ⁷	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano concreto	Cartesiano concreto	Cartesiano concreto
TIPOLÓGICOS											
Sistema químico	A ? B		$N_2(g) + 3H_2(g) ? 2 NH_3(g)$		$N_2O_4(g) ? 2NO_2(g)$	$N_2O_4(g) ? 2NO_2(g)$			$CO(g) + 2 H_2(g) ? CH_3OH(g)$		
? n _{reacción}	No especificado, reacción abstracta		? 0		? 0	? 0			? 0		
Variable y	Presión parcial A y B	Velocidad reacción A y B	Presión Parcial N ₂ , H ₂ y NH ₃		P parcial NO ₂	Concentración de N ₂ O ₄ , NO ₂			Moles de CO, H ₂ , CH ₃ OH		
Variable x	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo	tiempo
Condiciones	Volumen 10 L, y T										
Nivel en que se expresan las variables	Macro	Macro	Macro	Macro	Macro	Macro	Macro	Macro	Macro	Macro	Macro
Condiciones iniciales en la reacción	Desde el reactivo $P_{A_0} ? 0$ $P_{B_0} = 0$	Desde el reactivo $v_{A_0} ? 0$ $v_{B_0} = 0$	Desde los reactivos N ₂ , H ₂ . $P_{N_2_0} ? 0$; $P_{H_2_0} ? 0$; $P_{NH_3_0} = 0$ $P_{N_2_0} ? P_{N_2_0}$	Desde los productos NH ₃ $P_{NH_3} = P_{N_2} = 0$; $P_{NH_3} ? 0$	Exp.3. desde producto $P_{NO_2_0} ? 0$ Exp.4. Desde reactivo $P_{NO_2_0} = 0$	Desde el producto, NO ₂ $[NO_2]_0 ? 0$ $[N_2O_4]_0 = 0$	Desde el reactivo, N ₂ O ₄ $[NO_2]_0 = 0$ $[N_2O_4]_0 ? 0$	Desde reactivo, N ₂ O ₄ y productos, NO ₂ $[NO_2]_0 ? 0$ $[N_2O_4]_0 ? 0$	Desde los reactivos, CO, H ₂ $n_{CO_0} = n_{H_2_0} ? 0$ $n_{CH_3OH_0} = 0$	Desde el producto, CH ₃ OH $n_{CO_0} = n_{H_2_0} = 0$ $n_{CH_3OH_0} ? 0$	Desde reactivos, CO, H ₂ y productos, CH ₃ OH $n_{CO_0} = n_{H_2_0} = 0$ $n_{CH_3OH_0} ? 0$
Avance para alcanzar el equilibrio desde situaciones iniciales diferentes	Reactivo a producto ?	Reactivo a producto ?	Reactivo a producto ?	Producto a Reactivo ?	Producto a Reactivo ? Reactivo a producto ?	Producto a Reactivo ?	Reactivo a producto ?	Producto a Reactivo ?	Reactivo a producto ?	Producto a Reactivo ?	Producto a Reactivo ?
	Brown y col., 2004					Chang, 1999			Petrucci y col., 2003		
	Fig. 15.3 p. 577		Fig.15.6, p.579		Fig.15.7, p. 581	Fig. 14.2, p. 561			Fig.16.3, p.630		
	a	b	a	b		a	b	c	a	b	c

⁶ Representa un modelo matemático se especifican las variables pero no se muestran escalas ni unidades

⁷ Representa un modelo matemático se especifican las variables; se muestran escalas y unidades

TOPOLÓGICOS											
REPRESENTACIÓN (evolución del sistema para alcanzar equilibrio)	Muestra tendencias cambio P_A y P_B función tiempo	Muestra tendencias cambio v_A y v_B función tiempo	Muestra tendencias cambio P_{N_2} , P_{H_2} y P_{NH_3} en fusión tiempo desde dos situaciones iniciales diferentes		Muestra valores de P_{NO_2} desde dos situac. Iniciales diferentes	Muestra tendencias cambio de $[N_2O_4]$ y $[NO_2]$ en función del tiempo en tres experimentos cuyas condiciones iniciales son diferentes			Muestra tendencias cambio de moles de n_{CO} , n_{H_2} , n_{CH_3OH} en función del tiempo en tres experimentos cuyas condiciones iniciales son diferentes		
Cambio en la variable	? $P_A < 0$; (pendiente negat.) ? $[A] < 0$? $P_B > 0$; (pendie. posit.) ? $[B] > 0$ hasta t_{eq} a partir t_{eq} ? ? $P_A = ? P_B = 0$ P_A y P_B constantes, no son iguales ($P_A ? P_B$)	? $v_A < 0$; (pendiente negat.) ? $v_B > 0$; (pendie. posit.) hasta t_{eq} a partir t_{eq} ? ? $v_A = ? v_B = 0$ v_A y v_B constantes e iguales ($v_A = v_B$)	? $P_{N_2} < 0$? $P_{H_2} < 0$? $P_{NH_3} > 0$? $P_{N_2} ? ? P_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $P_{NH_3} = ? P_{N_2} = ? P_{H_2} = 0$ $P_{NH_3} ? P_{N_2} ? P_{H_2} ? 0$? $P_{N_2} > 0$? $P_{H_2} > 0$? $P_{NH_3} < 0$? $P_{N_2} ? ? P_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $P_{NH_3} = ? P_{N_2} = ? P_{H_2} = 0$ $P_{NH_3} ? P_{N_2} ? P_{H_2} ? 0$	Exp.3 ? $P_{NO_2} > 0$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $P_{NO_2} = 0$ Exp.4 ? $P_{NO_2} < 0$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $P_{NO_2} = 0$ ————— <i>En Equilibrio</i> P_{NO_2} Exp.3 = P_{NO_2} Exp.4	? $[N_2O_4] > 0$? $[NO_2] < 0$? $[N_2O_4] ?$ $n_{CO} ? ? [NO_2]$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $[N_2O_4] = ? [NO_2] = 0$ $[N_2O_4] ? [NO_2] ? 0$? $[N_2O_4] < 0$? $[NO_2] > 0$? $[N_2O_4] ?$? $[NO_2]$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $[N_2O_4] = ? [NO_2] = 0$ $[N_2O_4] ? [NO_2] ? 0$? $[N_2O_4] > 0$? $[NO_2] < 0$? $[N_2O_4] ?$? $[NO_2]$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $[N_2O_4] = ? [NO_2] = 0$ $[N_2O_4] ? [NO_2] ? 0$? $n_{CO} < 0$? $n_{H_2} < 0$? $n_{CH_3OH} > 0$? $n_{CO} ? ? n_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $n_{CO} = ? n_{H_2} = ? n_{CH_3OH} = 0$ $n_{CO} ? n_{H_2} ?$ $n_{CH_3OH} ? 0$? $n_{CO} > 0$? $n_{H_2} > 0$? $n_{CH_3OH} < 0$? $n_{CO} ? ? n_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $n_{CO} = ? n_{H_2} = ? n_{CH_3OH} = 0$ $n_{CO} ? n_{H_2} ?$ $n_{CH_3OH} ? 0$? $n_{CO} > 0$? $n_{H_2} > 0$? $n_{CH_3OH} < 0$? $n_{CO} ? ? n_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> ? $n_{CO} = ? n_{H_2} = ? n_{CH_3OH} = 0$ $n_{CO} ? n_{H_2} ?$ $n_{CH_3OH} ? 0$
Momentos	Se reconocen tres momentos en la gráfica: 1. inicio 2. avance al equilibrio 3. equilibrio (se asocia a no cambio en la composición del sistema)										
	Brown y col., 2004					Chang, 1999			Petrucci y col., 2003		
	Fig. 15.3 p. 577		Fig. 15.6, p.579		Fig. 15.7, p. 581	Fig. 14.2, p. 561			Fig. 16.3, p.630		
	a	b	a	b		a	b	c	a	b	c

MACROSCÓPICOS											
Relación Gráfico/Situación	No puede establecerse porque la Reacción es hipotética Se especifica el estado físico de A y B que son gases		Relación con síntesis de amoníaco (Proceso Haber), las tres sustancias que intervienen son gases		Descomposición tetróxido que se relaciona con cambio de colores de los reactivos y productos que son gases. La presión en dimensiones macro(0,3-1,2atm	Descomposición tetróxido que se relaciona con estado de las sustancias: gases y el color de estos gases, la cual se reconoce como una propiedad para identificar el estado de equilibrio			Se relaciona con el estado de las sustancias: todas gaseosas Se relaciona el metanol “se considera seriamente como combustible alternativo a la gasolina” Las unidades con que se trabaja son macroscópicas: 1 mol y el recipiente tiene un volumen de 10 L		
Variable	Macroscópica	Macroscópica (v a P)	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica	Macroscópica
Composición mezcla en equilibrio	A y B		N ₂ , H ₂ y NH ₃		N ₂ O ₄ y NO ₂	N ₂ O ₄ y NO ₂			CO, H ₂ y CH ₃ OH		
Condiciones para que se establezca	El alcance de la situación de equilibrio se asocia a condiciones como: Recipiente cerrado y temperatura constante										

MICROSCÓPICOS											
REPRESENTACIÓN	Reacción hipotética		A través de la estructura que se expresan como fórmulas y reacciones y utilizando modelos ball-stick (Fig. 15.4, p.579) Las reacciones están balanceadas		A través de la estructura expresada como fórmulas y reacciones, ayudados modelos ball-stick (Fig. 15.1 y 15.2 p.576)	A través de la estructura que se expresan como fórmulas y reacciones y utilizando modelos ball-stick (Fig. 14.1 p.560) Las reacciones están balanceadas			A través de la estructura que se expresan como fórmulas y reacciones Las reacciones están balanceadas		
Condiciones vinculan a Keq					Estequiometría (p.580)						

SIMBÓLICO											
REPRESENTACIÓN	Utilizan ambos sistemas de representación el lingüístico-matemático y el analógico, aunque se da más importancia al lingüístico-matemático, destacando la importancia de la estequiometría y se introduce la doble flecha como símbolo para indicar equilibrio										
	Brown y col., 2004				Chang, 1999			Petrucci y col., 2003			
	Fig. 15.3 p. 577		Fig. 15.6, p.579		Fig. 15.7, p. 581	Fig. 14.2, p. 561		Fig. 16.3, p.630			
	a	b	a	b		a	B	c	a	b	c

PARADIGMÁTICO			
APROXIMACIÓN TEÓRICA	Explícitamente Cinética al colocar uno al lado del otro dos gráficos (P vs t) y (v vs t) para que se compare	Cinética al especificar velocidades iguales	
NIVEL	Macroscópico descriptivo		
CONDICIONES	<ul style="list-style-type: none"> ∄ Presencia simultánea de reactivos y productos, ∄ Relación inversa en cambio de presiones o concentraciones o moles, entre reactivos y productos para avanzar al estado de equilibrio, si reactivo aumenta- producto disminuye, hasta llegar al equilibrio ∄ La reacción debe producirse en un sistema cerrado ∄ Importancia de la relación estequiométrica ∄ Uso de propiedades macroscópicas destacando construcción desde el dato empírico ∄ Referencia a la temperatura ∄ Asociación de situación de equilibrio a propiedades macro que no cambian, aunque se producen cambios a nivel micro (naturaleza dinámica del equilibrio químico) 		
	Para resaltar importancia de la estequiometría presenta tres reacciones diferentes, El avance se produce desde situaciones iniciales diferentes, destacando 15.7 (desde producto con presiones distintas)	Un solo sistema, tres momentos	Un solo sistema, tres momentos

SITUACIONAL						
SISTEMA	A ? B	$N_2(g) + 3H_2(g) ? 2 NH_3(g)$	$N_2O_4(g) ? 2NO_2(g)$	$N_2O_4(g) ? 2NO_2(g)$	$CO(g) + 2 H_2(g) ? CH_3OH(g)$	
TIPO SISTEMA	Homogéneo, todos los componentes gases ideales					
CONDICIONES	Señala explícitamente que el sistema es cerrado			Al trabajar con composición del sistema en moles destaca la importancia de introducir en la constante dependencia del volumen		

SINTAGMÁTICO	
Textuales	<ul style="list-style-type: none"> ∄ Son de diferentes tipos, títulos, subtítulos, etiquetas, contribuyen a identificar el contexto paradigmático y situacional. ∄ Constituyen recursos para la presentación de contenidos ∄ Se textualiza a partir de la matemática, la línea cumple un papel importante para determinar las tendencias, pendientes positivas: aumento; negativas disminución; cero: constancia “no cambio”
No-Textuales	Tal vez la más importante sea el uso de colores diferentes para indicar cambio de composición para cada componente, y las zonas sombreadas en el gráfico para delimitar claramente cuando se alcanza la situación de equilibrio

Aunque complejo, el proceso de lectura es un proceso determinante para el proceso de aprendizaje de las ciencias, por lo cual se hace necesario su estudio con el propósito de caracterizarlo. De allí que las preguntas que nos hemos planteado han tenido como norte determinar si el modelo desarrollado podemos aplicarlo a las representaciones pictóricas con el objeto de determinar los contextos en los que se inscriben la representación, los diferentes significados y las funciones que cumple el autor cuando construye el texto. Desde la perspectiva pedagógica interesa estudiar como se atribuye significado al discurso sobre la materialidad del mundo, desde las reglas de representación, **es posible atribuir significados si se considera el texto, en cuanto a la función que cumple el discurso, el contexto en el que se produce y la naturaleza del habla.**

El proceso de caracterización nos ha llevado a reconocer:

1. El lenguaje de la ciencia tiene características específicas que lo diferencian del lenguaje común, razón por la cual deben explicitarse las reglas que permiten relacionar el signo al referente.
2. Si entendemos el proceso de lectura como equivalente a armar un rompecabezas, hemos identificado tres grupos de piezas: naturaleza de los contenidos, comunidad de discurso y el emisor; componentes que interactúan sin orden preestablecido y de manera dialéctica en la construcción del discurso, por lo que deben ser consideradas en el proceso de lectura.
3. El emisor cumple las funciones de presentar un contenido (función presentación), que refleja el conocimiento consensuado por la comunidad de discurso, el cual a su vez asume características que le son impuestas por la naturaleza de los contenidos sobre los que habla. El emisor organiza (función organización) de manera particular y destaca (función orientación) aquellos elementos que considera importante para contribuir a establecer el significado compartido por la comunidad de discurso.

Estos tres componentes los integramos en lo que hemos llamado “modelo integración de recursos para atribuir significados”, el cual pretendemos utilizar como un modelo para sistematizar el proceso de atribución de significados con el propósito de orientar el diálogo sujeto-lector/ sujeto-autor.

Una vez establecido el modelo lo hemos aplicado para analizar la representación pictórica que tres autores diferentes utilizan para presentar el concepto de equilibrio: el gráfico cartesiano. A continuación mostramos una síntesis de esta aplicación.

1. Para la presentación del contenido **concepto y constante de equilibrio** los tres autores eligen como forma de representación el gráfico cartesiano, confirmándonos que el género de representación utilizado responde a necesidades impuestos por la naturaleza de los contenidos sobre lo que queremos hablar más que a propósitos motivacionales o de decoración.
En este caso particular es preciso destacar la variación de la composición del sistema a lo largo del tiempo, y las representaciones que mejor responden a esta necesidad son las tablas o los gráficos cartesianos.

Los gráficos cartesianos permiten representar un conjunto mayor de valores lo que facilita la exposición didáctica.

2. En cuanto a las ayudas que ofrece el autor del discurso al lector (función orientación) esta se manifiesta de maneras diferentes, por ejemplo, los autores utilizan:
 - a) Diferentes tipos de gráficos: abstractos y/o concretos.
 - b) Diferentes variables para representar la composición del sistema, uno de los autores estudiados selecciona graficar presiones parciales, un segundo autor selecciona graficar concentraciones mientras el tercero elige graficar moles, especificando el volumen del recipiente en que se realiza la reacción.
 - c) Diferentes condiciones iniciales: solo reactivos, solo productos, reactivos más productos, lo que determina diferentes avances para alcanzar el equilibrio
 - d) Diferentes ayudas tipográficas, colores, sombras, para identificar tres momentos claves: inicio, avance, equilibrio.
 - e) Ecuaciones balanceadas para representar el cambio químico, sin embargo todas las reacciones tienen un Δn diferente de cero.
3. La naturaleza de los contenidos determina que las variables que se grafican son de tipo macroscópico.
4. La referencia al nivel microscópico se realiza a través de las ecuaciones (que se presentan balanceadas, toda vez que la constante de equilibrio depende de la estequiometría) y las fórmulas químicas que representan la estructura de los elementos y compuestos que intervienen en la reacción.
5. El sistema simbólico utilizado es tipo lingüístico-matemático, por ejemplo, la doble flecha, las fórmulas y las reacciones químicas.
6. La atribución de significados requiere de la intertextualidad.
7. Se construye el concepto desde una aproximación cinética e inductiva.

En síntesis podemos afirmar que la lectura debe estar dirigida a la reconstrucción de los componentes que el autor ha utilizado para construir el discurso, el uso del modelo propuesto puede “dirigir” el proceso de reconstrucción.

A partir del análisis, desde la perspectiva de la semiótica, de las representaciones pictóricas que utilizan tres autores diferentes para presentar los contenidos relativos al concepto de equilibrio químico, encontramos:

- ✍ El criterio de selección de la representación pictórica responde a la naturaleza de los contenidos sobre los que queremos hablar, lo cual coincide con los planteamientos de Lemke.
- ✍ Desde las representaciones pictóricas analizadas, en particular las gráficas cartesianas, podemos afirmar que la lectura debe estar dirigida a reconstruir la dinámica interna de las representaciones para devolver al texto la habilidad de proyectarse a si mismo (Roth y Bowen, 2001). Esta reconstrucción puede ser dirigida desde los componentes que hemos identificado: naturaleza de los contenidos, comunidad de discurso que determina las características del discurso que nos presenta el autor quien nos presenta un contenido organizado de manera particular, y además ofrece ayudas al lector que orientan la reconstrucción.
- ✍ Considerar la naturaleza de los contenidos permite reconstruir la situación al reconocer las propiedades que permiten describir el sistema: significados tipológicos, así como las variaciones en esas propiedades: significados topológicos (bien como tendencias o como

valores puntuales). En el caso particular de la química es importante examinar los diferentes niveles en los que se expresan las representaciones, en particular en las representaciones analizadas. Las representaciones simbólicas permiten establecer significados cualitativos y cuantitativos, estos significados se conectan con el contexto paradigmático y situacional.

- ☞ El análisis del componente: comunidad discursiva dirige la atención a los modelos conceptuales (paradigmas, condiciones de aplicación en situaciones particulares, la necesidad de relacionar textos nuevos/textos conocidos y texto nuevo/texto nuevo).

Podemos afirmar que el modelo propuesto permite “descomponer” el complejo proceso de atribución de significados al identificar los componentes. Este modelo puede servir de referencia para el diseño de recursos que permitan que el estudiante desarrolle las habilidades que le faciliten realizar el proceso de lectura de las representaciones pictóricas que frecuentemente se utilizan en el contexto de la química.

BIBLIOGRAFÍA

- BEN-ZVI, R., EYLON, B. & SILVERSTEIN, Y. (1987). Students visualization of a chemical reactions. *Education in chemistry*, 24, 117-120.
- BORSESE, A. (1994). Il problema della comunicazione linguistica a scuola: il linguaggio científico e chimico in particolare. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 333-337.
- BROWN, T.; LEMAY, H.E.; BURSTEN, B.E. & BURDGE, J.R. (2004). *Química la Ciencia Central*. 9na. Ed. Pearson. Prentice Hall.
- CAMACHO, M. & GOOD, R. (1989) Problem Solving and Chemical Equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 251-272.
- CHANG, R. (1999). *Química*. 6ta Ed. McGraw-Hill Interamericana Editores.S.A. de C.V.
- CHIU, M-H; CHOU, CH-CH & LIU, CH-J. (2002). Dynamic processes of conceptual change: analysis of constructing mental model of chemical equilibrium. *Journal of research in science teaching*, 39, 8, 688-712.
- COOK, L.K. & MAYER, R.E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 80, 448-456.
- EYSENCK, M. Y KEANE, M. (1990). *Cognitive Psychology a student's handbook*. Lawrence Erlbaum Associates Ltd. , Publishers. 2da reimpresión.
- GABEL, D. (1998). The complexity of chemistry and implications for teaching. In B.J. Fraser & K.G. Tobin (eds). *International handbook of science education* (pp. 233-248). Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- GORODETSKY, M. E. & GUSSARKY, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as reflected via different evaluation methods. *European journal of science education*, 8, 427-421.
- 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. org. UBU.
- GRECA, I. & MOREIRA, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
- HACKLING, M.W. & GARNETT, P.J. (1985) Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.
- HAN, J. & ROTH, W-M. (2006). Chemical Inscriptions in Korean Textbooks: Semiotics of Macro- and Microworld. *Science Education*, 90, 173-201.
- JOHNSTONE, A.H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of*

- Chemical Education*, 70, 701-705.
- JOHNSTONE, A.H.; MACDONALD, J. J.& WEBB, G. (1977) Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Educational in Chemistry*, 14, 169-171.
- LEMKE, J. (1994). Semiotics and the deconstruction of conceptual learning. <http://www-personal.umich.edu/~jlemke/papers/barcelon.htm>. Publicado originalmente en *Journal Soc. For Accelerative learning and teaching*.
- LEMKE, J. (1998a). *Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions*. From <http://www-personal.umich.edu/~jlemke/papers/barcelon.htm>
- LEMKE, J. L. (1998b). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In J.R. Martin & R. Veal (Eds.), *Reading science: critical and functional perspectives of discourses of science* (pp. 87-111). New York: Routledge.
- LEMKE, J. L. (2000). Multimedia Genres for Science Education and Scientific Literacy. *Acquisition of Advanced Literacy Conference*. University of California, Davis
- LEMKE, J. L. (s/f a). **Typological and topological meaning in diagnostic discourse**. For special issue o. *Discourse Processes*, T. Koschmann (Issue Editor).
- LEMKE, J. L. (s/f b). *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>
- LEMKE, J.L (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)
- MARQUEZ, C. & PRAT, A. (2005). Leer en clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, 431-440
- MASKILL, R. & CACHAPUZ, A.F.C. (1989) Learning about the chemistry topic of equilibrium: the use of word association texts to detect developing conceptualization. *International Journal of Science Education*, 11,422
- MONCALEANO,H.; FURIÓ, C.; HERNÁNDEZ, J. & CALATAYUD, M.L. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades para su aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, num. Extra,111-118.
- MOREIRA, M.A. (2005). *Aprendizaje significativo crítico*. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS.
- NIAZ, M. (1995) Relationship between student performance on conceptual and computational problems of chemical equilibrium. *Science Education*, 17, 343-355.
- ORLANDI, E. (1996). *Discurso e leitura*. . 3ª.Ed. Editora da Universidade estadual de Campinas.
- PETRUCCI, R.; HARWOOD, W. & HERRING, F.G.((2003). *Química general*. (8va. Ed.). Pearson Education,S.A. Madrid.
- 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. (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. (para publicar) What is the meaning of “meaning”? A case study from Graphing. *The Journal of Mathematical Behavior*.
- SMOLIN, L. (1997). *The life of the cosmos*. London:Weindenfeld & Nicolson.
- SUTTON, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21,21-25.
- VAN DIJK, T.A & KINTSCH, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*.

Academic Press. N.York.

- VAN DIJK, T.A. (2003). El estudio del discurso. *El discurso como estructura y proceso. Estudios sobre el discurso I. Una introducción multidisciplinaria*. Van Dijk compilador. Gedisa. Editorial
- VAN DRIEL, J.H., De VOS, W., VERLOOP, N. & DEKKERS,H. (1998). Developing secondary student's conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 20, 379
- WU, H-K. (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences: intertextuality in a high-school science classroom. *Science Education*, 87, 868-891.