

UNIVERSIDAD DE BURGOS
PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Departamento de Didácticas Específicas



**LAS REPRESENTACIONES
PICTÓRICAS COMO PROBLEMA DE
APRENDIZAJE.
EL CASO DE EQUILIBRIO QUÍMICO.**

TESIS DOCTORAL

GIOVANNA LOMBARDI LICCIARDI

Burgos, julio de 2009

UNIVERSIDAD DE BURGOS

**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS



UNIVERSIDAD DE BURGOS



UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

**LAS REPRESENTACIONES PICTÓRICAS COMO
PROBLEMA DE APRENDIZAJE.
EL CASO DE EQUILIBRIO QUÍMICO**

GIOVANNA LOMBARDI LICCIARDI

Tesis Doctoral realizada por **D. Giovanna Lombardi Licciardi**, para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la dirección de la **Dra. M^a Concesa Caballero** y la codirección del **Dr. Marco Antonio Moreira**.

Burgos, julio de 2009

*A mis padres de quienes aprendí a no rendirme,
A mis hermanos que me mostraron siempre la importancia de
la presencia oportuna,
A mi querido Juan Carlos,
Motivo de mis desvelos, preocupaciones e infinitas
satisfacciones.*

AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento y gratitud a todas las personas e instituciones que hicieron posible culminar este trabajo.

A mi directora, la Dra. Concesa Caballero y mi codirector, el Dr. Marco Antonio Moreira, quienes con su apoyo, orientaciones y sugerencias contribuyeron a perfeccionar este trabajo.

Al programa Samuel Robinson de la Universidad Central de Venezuela, especialmente a sus estudiantes, que me dio la oportunidad de utilizar el conocimiento como verdadero instrumento de cambio.

A mis compañeros de Burgos y Porto Alegre con quienes compartí la agradable experiencia de volver a ser estudiante, hago votos por futuros reencuentros.

A las amigas que compartieron caminos de búsqueda e intercambios: Carmen, Eugenia, Robin... y los compañeros del coloquio espacio para la reflexión, el intercambio, los encuentros y desencuentros “teóricos”.

A todos...

Mil Gracias.

*“Los límites de mi mundo son
Los límites de mi lenguaje”*

Ludwig Wittgenstein

RESUMEN

Una línea de investigación en auge consiste en caracterizar los sistemas de representaciones externas con que se construye el lenguaje de las disciplinas y cómo estos sistemas de representaciones son utilizados en el contexto escolar; tema de gran relevancia, reconocidas las dificultades para su procesamiento. Se reconocen básicamente dos tipos de representaciones externas las lingüísticas y las pictóricas. En este trabajo nos centramos en el estudio de las representaciones externas tipo pictóricas (REP). Utilizando la semiótica como marco referencial y en particular el concepto de signo, que hemos encontrado equivalente al concepto de representación, se ha caracterizado los sistemas de REP utilizados para construir el discurso sobre Equilibrio Químico. Esta caracterización permite identificar una clara relación Contenido/Representación en dos aspectos: a) los contenidos generales que se pueden presentar por medio de una REP y b) los contenidos disciplinares específicos.

El desarrollo de este trabajo se sustenta en tres premisas que hemos asumido como válidas: a) la ciencia es un discurso (Lemke, 1998b); b) los sistemas de representaciones lingüísticas y pictóricas no son equivalentes, por el contrario, se complementan (Lemke, 1993); c) las REP están cargadas de contenido y en el contexto académico en su mayoría guardan una relación Signo-Referente (S/R) que es abstracta y arbitraria por lo que establecer esta relación depende de procesos culturales. Aceptar estas premisas tiene implicaciones pedagógicas pues exige reconocer la necesidad de pasar por un proceso de alfabetización que asumimos en los términos planteados por Lemke (1994): *habilidad para utilizar un complejo aparato representacional para razonar o calcular dentro de una comunidad de discurso lo que determina una práctica específica.*

Los procesos lectura-interpretación y comprensión (L-I-C) son claves para el aprendizaje; los tres tienen en común que requieren conocer: a) los sistemas de signos; b) las convenciones culturalmente aceptadas; c) los objetos y los fenómenos y d) las transformaciones que permiten relacionar el signo con el fenómeno (Roth y Bowen, 2001).

Sin embargo, son múltiples las dificultades que enfrentan los estudiantes para apropiarse del discurso, entre ellas: no conocen los signos, tiene dificultades para conectar la información textual con la visual, no pueden relacionar los signos con el fenómeno, no pueden hacer transferencias entre diferentes tipos de representación, no reconocen diferentes niveles de representación; todas estas dificultades que limitan establecer durante el proceso de L-I-C un diálogo entre el sujeto-autor y sujeto-lector, condicionando la posibilidad de comunicarse con las disciplinas. Estas dificultades plantean un verdadero problema pedagógico. En la búsqueda de respuestas a este problema nos planteamos tres grupos de preguntas de investigación:

1. *¿Cuáles son las variables que intervienen en el proceso de lectura-interpretación-comprensión?. ¿Cómo atribuir significados a partir de la lectura de un texto que sintetiza un contexto paradigmático y un contexto situacional mediado por un contexto sintagmático?.¿Cómo utilizar estas variables para construir un diseño de instrucción?*

Para Orlandi (1996) tres variables intervienen en el proceso de lectura: a) la intencionalidad del autor; b) la materialidad del texto y c) las potencialidades de resignificación del lector. Las dos primeras no pueden ser modificadas por el lector por lo tanto, nos proponemos realizar una intervención pedagógica dirigida a aumentar el conocimiento de los signos. Por otra parte, identificamos tres componentes que intervienen en la construcción del discurso escolar; componentes a partir de las cuales se construye el modelo integración de atribución de significados: MIRAS; estos componentes son: naturaleza de los contenidos, comunidad de discurso y discurso del emisor.

2. *¿Cuál es el sistema de representaciones pictóricas que se utiliza con mayor frecuencia con el fin de construir el modelo conceptual con el que se presentan los contenidos del tema Equilibrio Químico? ¿Cuál es la relación que se establece entre el tópico tratado y el tipo de representación pictórica utilizada?*

Para contestar estas preguntas se analizaron, utilizando la técnica de análisis de contenido, tres libros de texto de Química General. Los resultados muestran una estrecha relación de dependencia entre los contenidos que el autor quiere presentar y el tipo de REP que se emplea.

Los dos primeros grupos de preguntas permiten diseñar una intervención de 10 semanas de duración. Se trabaja con estudiantes preuniversitarios que participan en un programa que administra la Secretaría General de la Universidad y que no han logrado su ingreso a través de los diferentes mecanismos de selección. Finalizado la intervención, es posible dar respuesta al tercer grupo de preguntas examinando, por medio de la técnica de análisis de contenido de un conjunto de preguntas que se plantean al estudiante.

3. *Cómo influye el conocimiento de los diferentes tipos de REP y el tipo de información que puede inferirse a partir de ellas en los procesos de L-I-C?. Al plantear como tarea la construcción de diferentes tipos de REP a partir de la lectura de una REL ¿Cómo influye el tipo de REP que se debe construir sobre la información que se recupera para construir la REP?.Al plantear como tarea la construcción de una REL a partir de la lectura de un texto híbrido (REL+REP) ¿Cómo influye el tipo de REP en la información que recupera el lector para construir la REL?.*

Los resultados indican que cuando se incluye en un texto una REP, la información que puede recuperarse a partir de la L-I-C está influida por el formato en el que se presenta la REP. Igual influencia se observa cuando la tarea consiste en construir una REP. Incluir una REP facilita la identificación de la situación experimental.

Palabras Clave: Representaciones, Signo, Representaciones Externas, Representaciones Externas Pictóricas, Lectura-Interpretación-Comprensión

SUMMARY

In recent years there has been increasing interest in investigating the external representational systems used to build the languages of different disciplines and the ways in which these systems are used in schools. Two basic types of external representations are recognized: linguistic and pictorial. This study centers on external pictorial representations. In the present study we describe the external pictorial representation systems used to construct the discourse of Chemical Equilibrium. We have used the framework of semiotics, and particularly the concept of “sign” which we have found to be equivalent to that of “representation”. This has allowed us to identify two types of content to be found in external pictorial representations: 1) general contents such as the relationships between variables, as found in tables; 2) contents specific to the discipline, such as variations in the concentration of reagents and products in a particular reaction on its way to a state of equilibrium.

This study is based on three premises: 1) science is a discourse (Lemke, 1998b); 2) linguistic and pictorial representational systems are not equivalent, but complementary (Lemke, 1993); 3) external pictorial representation are full of content but the relationship between Sign and Referent S/R is abstract and arbitrary in academic contexts, so cultural processes are necessary for an individual to establish that relationship. These premises have implications for teaching because they require that students pass through a process of acquiring “literacy” in the discipline, which Lemke (1994) defines as “the ability to use a complex representational apparatus for reasoning or calculating within a community of discourse, and which determines that community’s specific practices”.

The processes of reading-interpreting and understanding are essential for learning. All three require knowledge of a) sign systems b) culturally accepted conventions, c) objects and phenomena and d) transformations which allow signs to be related to phenomena (Roth y Bowen, 2001).

However, students encounter many difficulties in appropriating discourse. These may include not knowing the signs, problems in connecting visual and textual information, inability to relate the sign to the phenomenon or to make transferences between different types of representations, and not recognizing different levels of representation. All these difficulties restrict the possibility of establishing a dialog between reader and author during the process of reading-interpreting-understanding and thus the possibility of communication with the discipline. These difficulties are an important problem in teaching.

In the search for answers to this problem, three groups of research questions were proposed:

1. *What variables are involved in the process of reading-interpretation-understanding? How is meaning attributed when reading a text which synthesizes a paradigmatic context and a situational context mediated by a syntagmatic context? How can these variables be used in instructional design?*

According to Orlandi (1996) three variables are involved in the reading process: 1) the author’s intentions; 2) the materiality of the text; and 3) the reader’s potential for resignification. Since the first two cannot be modified by the reader, we

proposed a teaching intervention aimed at increasing knowledge of signs. We also identified three components involved in discourse construction in school: the nature of the content, the discourse community and the discourse of the issuer. We used them to create the integration model of meaning attribution, MIRAS.

2. *Which system of pictorial representation is most frequently used to construct the conceptual model for presenting the topic of chemical equilibrium? What is the relationship between the topic and the type of representation used?*

In order to answer these questions, a content analysis was made of the topic of chemical equilibrium as presented in three General Chemistry textbooks. The results show a close relationship between the content the author wants to present and the type of external pictorial representation he uses.

The answers to the first two groups of questions led to the design of a teaching intervention lasting for 10 weeks. We worked with pre-university students who had not been accepted for admission to the university in the regular way but were participating in a special admissions program run by the General Secretary of the Central University of Venezuela. In this intervention, students were asked to create external pictorial representations and linguistic representations in different formats and these were subjected to content analysis. This allowed us to answer a third group of questions:

3. *How does knowledge of different types of external pictorial representations and the type of information that can be inferred from them affect the processes of reading-interpreting-understanding? When constructing different types of external pictorial representation after reading a linguistic representation, how does the type of external pictorial representation affect the information recovered in order to construct it? When constructing a linguistic representation after reading a hybrid text (linguistic representation+external pictorial representation), how does the type of external pictorial representation affect the information recovered in order to construct the linguistic representation?*

The results indicate that the information recovered through the process of reading-interpreting-understanding is affected by the format of the external pictorial representation included in the text. Similarly, when an external pictorial representation is constructed, the information recovered through reading-interpreting-understanding is affected by the format of that representation. Finally, the inclusion of an external pictorial representation makes it easier to identify the experimental situation.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. EL CONCEPTO EQUILIBRIO QUÍMICO DESDE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA.	
II.1 La comunidad de Discurso.	15
1. El modelo conceptual de Equilibrio Químico. Estructura de contenidos	15
2. Estructura de contenidos del concepto Equilibrio Químico.	16
3. El proceso histórico de construcción de estos contenidos.	17
4. Ruptura del modelo de reacción completa e Implicaciones para la enseñanza.	19
II.2 El lenguaje y su dependencia de los contenidos.	21
II.3 La comunidad de aprendices. Dificultades de aprendizaje.	25
1. El conocimiento previo como fuente de dificultades.	26
2. La estructura conceptual Equilibrio Químico como fuente de dificultades de aprendizaje.	32
3. La condición de novatos de los estudiantes como fuente de dificultades de aprendizaje.	36
II.4 Los emisores (el Profesor y/o el libro de texto).	37
II.5 Síntesis	41
III. MARCO TEÓRICO	
III.1 Naturaleza representacional del conocimiento.	45
III.1.1. El concepto de representación Externa. Definición, Clasificación, Papel.	47
III.1.2. El concepto de signo. Clasificación de los signos	53
III.1.3. Las representaciones externas tipo pictóricas. Definición.	55
III.1.3.1. El mundo representante en las representaciones pictóricas: los formatos, clasificación.	57
III.1.3.1.1. Clasificación con base a la relación Representado-Representante presente en el signo: Analógica-Simbólica.	57
III.1.3.1.2. Clasificación con base a la función de ayuda en el proceso de comprensión de un texto.	58
III.1.3.1.3. Clasificación con base a la función que cumplen las representaciones en el texto.	58
a. Clases relacionadas con la notación.	58
b. Clases relacionadas con lo estético.	59
c. Clases relacionadas con la instrucción.	59
d. Clases relacionadas con los recursos semióticos ofrecidos para construir la intertextualidad.	59
e. Clases basadas en el procesamiento	60
f. Clases relacionadas con la función de la representación en la secuencia didáctica de la información en el texto.	60
g. Clases basadas en la relación entre la REP y el texto principal.	61
h. Clases basadas en la naturaleza del mundo representado (modelos conceptuales) con particular referencia a los niveles de representación en Química: macroscópicas, microscópicas y de proceso.	61
III.2 La ciencia como discurso multirepresentacional	62
III.2.1 Lenguaje-Discurso	64
III.2.1.1 La naturaleza de los contenidos: categorías y gradientes.	66
III.2.1.2 Comunidad de discurso. La microlengua usada por los químicos. Los contextos paradigmáticos, sintagmáticos, situacionales e intertextuales.	70
III.2.1.3 La Construcción del Discurso: Las funciones de presentación, de orientación y de organización.	72
III.3 Reglas de representación en las representaciones pictóricas (REP).	78
III.3.1 Reglas de Carácter General. Los Formatos	78

III.3.1.1	Las Tablas	79
III.3.1.2	Los gráficos	80
a)	Los Gráficos según el formato: torta, barra, línea (cartesianos)	80
b)	Los Gráficos Cartesianos	81
c)	Tipos de gráficos cartesianos.	82
d)	Recursos utilizados en la elaboración de un gráfico cartesiano.	83
e)	Gráficos cartesianos abstractos.	87
f)	Fuentes de datos en los gráficos.	88
III.3.1.3	Los Diagramas y los Diagramas de Estructura	88
III.3.1.4	Las fotografías	92
III.3.1.5	Síntesis	93
III.3.2.	Reglas dependientes de la comunidad de discurso de los químicos. La naturaleza del mundo representado.	95
III.3.2.1	Los modelos conceptuales como representaciones externas.	95
III.3.2.2	Clasificación de las representaciones externas con base en la naturaleza del mundo representado y los modelos conceptuales.	97
III.3.2.3	Clasificación de las representaciones pictóricas que utilizaremos en este trabajo.	99
III.3.2.4	Los significados en las representaciones químicas. Significados cualitativos y cuantitativos en un contexto paradigmático.	105
III.3.2.4.1	Los significados en las representaciones externas en Química.	105
III.4	Los procesos que usan la representación	109
III.4.1.	Lectura-Interpretación-Comprensión como diálogo autor-lector	112
III.4.2.	Modelo semiótico de lectura de Roth y Bowen (2001). Visión atómica del proceso.	117
III.4.3.	La práctica a partir de las representaciones pictóricas. Visión molar del proceso.	125
III.4.4.	Los resultados del proceso de lectura desde la práctica (caso: los gráficos cartesianos).	127
III.4.5.	Síntesis	131
IV.	MARCO METODOLÓGICO	137
IV.1.	Caracterización del contexto educativo.	138
IV.1.1.	El Contexto	138
IV.1.2.	Diseño general del plan de formación	139
IV.1.2.1.	Fases y Dimensiones del Programa	139
IV.1.2.2.	Organización de las Experiencias de Aprendizaje	140
IV.1.2.3.	Operacionalización de las dimensiones en asignaturas	140
IV.1.2.4.	Requisitos de Aprobación	140
IV.2.	Caracterización de los estudiantes Cohorte 2006 y 2007.	140
IV.2.1.	Descripción Conductas Entrada a la Fase I del programa de cohortes 2006 grupos Ciencia y Tecnología 2007. Género, Edad, Liceo procedencia. <i>Conductas de Entrada Generales.</i>	140
VII.2.2.	Características descriptivas cohortes 2006 y 2007 del grupo Ciencia y Tecnología.	141
IV.3.	Metodología de recolección de los datos.	142
IV.3.1.	Análisis de Contenido	142
IV.3.2.	Construcción de categorías para evaluación de conductas de entrada	143
IV.3.2.1.	<i>Construcción de categorías para la tarea que consiste en resolver un problema cuyo enunciado incorpora un diagrama.</i>	144
IV.3.2.2.	<i>Construcción de categorías para la tarea que consiste en construir un resumen a partir de la lectura del texto <i>Química del medio ambiente.</i></i>	144
VII.2.1.	Construcción de las categorías de análisis para evaluación de los productos de aprendizaje.	145
IV.3.3.1.	<i>Construcción Categorías de acuerdo al texto suministrado. Se sigue MODELO MIRAS</i>	145

	IV.4. Diseño de la Intervención	148
	IV.4.1. Descripción: inserción en el diseño del programa, los materiales, los propósitos,	148
	IV.4.2. Diseño de la Intervención	149
	IV.4.3. Cronograma de Actividades	150
	IV.4.4. Materiales	153
	IV.4.5. Ejercicios propuestos	158
	IV.4.6. Aplicación de los Instrumentos	160
	IV.4.7. Instrumentos	160
	IV.4.8. Cuadro comparativo Preguntas	167
	IV.5. Descripción Conductas de Entrada	170
V.	RESULTADOS	
V-A	RESULTADOS DEL ANÁLISIS LIBROS TEXTO	177
V-A.1.	Análisis de representaciones gráficas utilizadas en textos (escolares) de Química.	177
V-A.1.1.	Nivel descriptivo general	178
	V-A.1.1.1. Número de REP promedio por página.	178
	V-A.1.1.2. Contenidos: Presentación y Organización: la macroestructura.	178
V-A.1.2.	Distribución de representaciones pictóricas. Estas secciones se presentan acompañadas por REP de diferente tipo cuya distribución presentamos en la próxima tabla.	180
V-A.2.	Representaciones pictóricas utilizadas para construir el discurso sobre equilibrio químico. Distribución para las diferentes clasificaciones	180
V-A.2.1.	Con base a la relación de semejanza Representado-Representante propuesta por Roth y col. (1999).	181
V-A.2.2.	Distribución de las REP según clasificación que atiende ayuda para la comprensión: Ilustraciones; mapas/croquis/planos; diagrama conceptual o diagrama estructura; Gráficos de ejes o de Tablas	183
V-A.2.3.	Con base al nivel de representación: Macroscópico y Microscópico (Gabel, 1998, Johnstone, 1993)	184
V-A.2.4.	Distribución de las REP según clasificación que atiende al tipo de signo utilizado: señal, icono, símbolo	185
V-A.2.5.	Distribución de las REP según clasificación propuesta en este trabajo	186
	V-A.2.5.1. El discurso de la disciplina	188
	V-A.2.5.1.1. Selección representaciones pictóricas equivalentes para la presentación de los contenidos Equilibrio y Constante de Equilibrio.	188
	V-A.2.5.2. Descripción general de las figuras. Consideramos que las fig. 15.3, 15.6 y 15.7 utilizadas por Brown constituyen una forma progresiva de presentar las propiedades de los sistemas que alcanzan el estado de equilibrio (función orientación).	192
	V-A.2.5.3. Análisis de las representaciones pictóricas desde la perspectiva del discurso	198
V-B.	RESULTADOS ASOCIADOS AL PROCESO DE LECTURA INTERPRETACIÓN Y COMPRENSIÓN	212
V-B.1.	Grupo A: influencia del texto multimodal sobre la construcción de representación lingüística	213
V-B.2.	Grupo B: influencia del texto multimodal sobre la construcción de REP tipo gráfico cartesiano (GC)	232
V-B.3.	Grupo C. Influencia R. Lingüística sobre la construcción de REP de diferente formato (DIBUJO, DIAGRAMA ESTRUCTURA, GRÁFICO CARTESIANO, TABLA).	252
V-B.4.	Grupo D: influencia del texto multimodal sobre la construcción de REP tipo dibujo	274
V-B.5.	Grupo E. Influencia del texto multimodal sobre la construcción de REP tipo tabla	291

	V-B.6. Análisis comparativo de los resultados para los grupos A, B, C, D y E.	303
VI.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	313
	VI.1. El marco referencial.	317
	VI.1.1. Las variables	317
	VI.1.2. El Modelo MIRAS	318
	VI.1.3. Lectura de TEP en libros de texto	319
	VI.2. Caracterización de las REP en los libros de texto	321
	VI.2.1. Relación Contenidos-Representación	322
	VI.2.2. Relación Signo-Referente	324
	VI.3. La Práctica de la Lectura-Interpretación. Comprensión	326
	VI.3.1. Uso del lenguaje formal.	326
	VI.3.2. Las descripciones macroscópicas	331
	VI.3.3. Las descripciones situacionales	332
	VI.3.4. Las descripciones microscópicas	333
	VI.3.5. Uso de recursos semióticos	334
	VI.4. Conclusiones	334
	VI.5. Implicaciones para la Enseñanza de la Química	335
VII.	BIBLIOGRAFÍA	339
	ANEXOS	
	Anexo 1: Instrumento para identificar conductas de entrada	348
	Anexo 2: Análisis representaciones pictóricas en los libros de texto.	351

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Son múltiples los esfuerzos realizados, desde la investigación en enseñanza de las ciencias, con el propósito de mejorar la calidad del qué hacer en las aulas de clases. En la actualidad un tema de interés lo constituye el estudio de las representaciones externas, en particular las representaciones externas de tipo pictóricas. En las investigaciones realizadas en esta área observamos el uso de diversas aproximaciones o enfoques. Una primera aproximación se basa en la psicología para estudiar los procesos internos de procesamiento. Esta aproximación explora la búsqueda de respuestas a preguntas como ¿Qué sabe hacer el estudiante? ¿Cómo lo hace? ¿Qué no sabe hacer?, ¿Por qué no sabe hacerlo?. Algunas de las respuestas encontradas corresponden a la caracterización del conocimiento previo de los estudiantes, en particular el diagnóstico de las concepciones alternativas. Para esta corriente muchas veces las dificultades se asumen como carencias del aprendiz.

La segunda aproximación asume como marco referencial la semiótica social. Este enfoque focaliza su atención en la práctica¹ y revisa las experiencias a las que ha estado expuesto el sujeto que procesa la información. Las dificultades son el resultado de falta de “Práctica Social” (Roth y McGinn, 1997). Para los investigadores que trabajan esta aproximación la **falta de competencias se entiende como ausencia de experiencias con la práctica social.**

Desde la Práctica Social aprender una disciplina, por ejemplo la matemática, implica adquirir aspectos de una práctica intelectual. Es una práctica que debe ser entendida como algo más que adquirir información y habilidades. Es una práctica que determina una manera de “hablar y hacer” tan específica que caracteriza a una comunidad determinada (Lemke, 1998a y 1998b; Roth y Bowen, 2001; Yore y Bisanz, 2003), por ejemplo, la comunidad de químicos. El aprendizaje de las ciencias implica el aprendizaje del lenguaje social de la ciencia (Mortimer y Scott, 2003).

En el presente trabajo se propone utilizar la perspectiva del lenguaje y la semiótica social para investigar los procesos de atribución de significados en el área de Química. La semiótica es una generalización de la lingüística que estudia la función del lenguaje (presentación, organización, orientación). La semiótica nos brinda la oportunidad de mirar el aula de clases desde la Práctica, y permite indagar sobre cómo realiza una actividad un determinado grupo social.

La *semiótica social* estudia cómo se atribuye significado desde los recursos culturales disponibles (Lemke, 1998b). Puede ser entendida como la disciplina que nos informa sobre cómo los textos representan “algo” utilizando como recurso el lenguaje, la escritura y los diagramas (Lemke, 1994). En este contexto, entenderemos por semiosis el proceso de atribuir significado utilizando los recursos

¹ Entendida como actividad diaria que implica a) acción y reflexión; b) actividad social y c) producción en cooperación

semióticos. Estos recursos están constituidos por diferentes sistemas de signos los cuales son utilizados dentro de una comunidad particular.

La Ciencia puede ser conceptualizada como un “*discurso sobre la materialidad del mundo*” (Lemke, 1998b; p. 2). Para Lemke (1994) el discurso debe entenderse como un modo de acción (lenguaje en acción) casi sinónimo de atribuir significado.

Para atribuir significados, a partir de los recursos semióticos, debe establecerse una relación entre los sistemas de signos y las “cosas” o “ideas” que esos signos representan: el referente. Los procesos de lectura-interpretación-comprensión implican poder relacionar los signos a los referentes, proceso que depende del conocimiento de reglas generales y específicas

En los campos disciplinares la atribución de significados es mediada por el uso de los modelos conceptuales que se asumen dentro de una comunidad de discurso. Es decir, es un proceso dirigido por los contenidos. En este contexto los diferentes conceptos científicos que conforman un modelo conceptual, se articulan a través de un sistema de representaciones múltiples. Estas representaciones se concretan en diferentes formatos: verbal, matemático, pictórico, acciones, entre otros (Lemke, 1994).

Estos sistemas de signos presentan un carácter dual (Lemke, 1994). Por una parte son objetos materiales, lo que permite reconocerlos. Por otro lado son interpretables en la medida en que se consideran con relación a algún sistema de categorías semióticas. Por ejemplo el símbolo **Co** (para los químicos significa cobalto) solo representará al metal en la medida que sea utilizado en el contexto de la Química.

Asumir el marco de la semiótica tiene consecuencias didácticas porque implica plantear como objetivo de aprendizaje el dominio del lenguaje y el discurso. Dominar el lenguaje exige: a) conocer los diferentes sistemas de representaciones y b) cómo transformar una representación en otra diferente pero equivalente. Para Lemke (1994) conocer el lenguaje científico significa: a) estar familiarizado con los conceptos y hechos científicos y b) tener la habilidad para utilizar un complejo aparato representacional para razonar o calcular dentro de una comunidad de discurso. No es posible dominar los campos conceptuales si no es posible “comunicarnos” con la disciplina.

El aprendizaje de las ciencias, entendido como conocimiento del lenguaje, debe permitir reconocer los diferentes *patrones temáticos*² en un campo específico de conocimientos, porque dominar un patrón temático implica movilizar un sistema de relaciones semánticas para ser aplicadas en la realización de tareas específicas (Lemke, 1993).

La comprensión de los contenidos es un objetivo clave de la enseñanza de las ciencias, sin embargo, ¿qué significa que el estudiante comprende un tópico específico de un área de conocimiento? Por ejemplo, ¿qué significa para un

² Entendemos patrón temático como un patrón de relaciones semánticas que describe un contenido temático (Lemke, 1993)

profesor de Química que el estudiante comprende los principios del equilibrio químico? En términos generales significa que el estudiante puede *explicar situaciones con sus propias palabras y aplicar estos conocimientos para resolver problemas nuevos* (Moreira, 2003).

Por ejemplo, Friel, Cursio y Bright (2001; cita en Roth, 2004) destacan que la *comprensión de un gráfico se entiende como la habilidad que posee el lector para derivar el significado de un gráfico, sea el gráfico realizado por él o por otra persona*. No obstante el significado no puede entenderse como una propiedad inherente al gráfico (o al discurso). Es la persona que realiza el acto de leer el gráfico el que atribuye el significado.

En el marco de este trabajo se estudia el proceso de atribución de significados a partir de la lectura-interpretación-comprensión de textos complejos. Se denota por texto complejo un texto que recurre al uso simultáneo de representaciones en diferentes formatos. En presencia de un texto complejo el lector debe construir el significado a partir de la interacción entre los distintos sistemas de representaciones múltiples. En este caso cobra importancia una relación textual que denominaremos *texto nuevo/ texto nuevo, que se expresa como una relación entre texto formato1-texto formato2-texto formato3...formato n*. Leer con el propósito de aprender requiere relacionar los diferentes formatos (texto nuevo-texto nuevo) con los que se construye un texto, proceso en el que juega un papel muy importante conectar el *texto nuevo/texto conocido* (intertextualidad).

En años recientes, con el desarrollo de los sistemas de información y comunicación se amplían las posibilidades de utilizar recursos didácticos innovadores toda vez que, a través de los recursos tecnológicos, cada día es más sencillo utilizar diferentes sistemas de representación para expresar los contenidos en un texto. En particular se debe destacar las facilidades para producir y reproducir representaciones externas de tipo pictóricas. Estas facilidades exigen que los estudiantes desarrollen habilidades que les permita “leer e interpretar” o construir estos sistemas.

Diferentes investigaciones muestran las dificultades de los estudiantes para realizar estos procesos (Roth y Bowen, 2001; García y Perales, 2007; Wu, 2003). Dificultades que, de acuerdo al enfoque semiótico, tienen su origen en la falta de práctica.

Las dificultades para operar con las representaciones pictóricas impone la búsqueda de nuevos referenciales teóricos en la investigación en enseñanza de las ciencias, en particular en enseñanza de la Química. En Química los diversos tipos de representaciones pictóricas se caracterizan porque a partir de la lectura-interpretación es posible atribuir significados en diferentes niveles: macroscópico, microscópico³ y de proceso (Johnstone, 1993; Gabel, 1998).

En la actualidad los investigadores, en el área de enseñanza de las ciencias, abordan el estudio de la naturaleza representacional del conocimiento con el propósito de

³ En el marco de este trabajo se emplean los términos microscópicos y submicroscópicos como equivalentes

explorar la naturaleza representacional del conocimiento y la influencia de diferentes formatos representacionales en el aprendizaje (Zhang, 1997; Schnotz y Bannert, 2003; Kosma, 2003; Wu, 2003; Buteler y Gangoso, 2002).

En el campo de la semiótica social se realizan investigaciones que buscan: a) caracterizar las representaciones gráficas como objetos semióticos, b) identificar tipo de representaciones empleadas atendiendo a las características del lector, por ejemplo, en diferentes tipos de publicaciones (científicas y pedagógicas), c) estudiar el proceso de atribución de significados a partir de las representaciones gráficas y d) el papel de la intertextualidad en los procesos de comprensión (Lemke, 1998a, 1998b; Roth, Bowen y McGinn, 1999; Roth y McGinn, 1998; Bowen, Roth y McGinn, 1999; Pozzer-Ardenghi y Roth, 2004; Roth y Bowen, 2001; Han y Roth, 2006). Entender el aprendizaje como la práctica dentro de una comunidad plantea nuevas demandas para la alfabetización que deben trabajarse desde los diseños curriculares (Lemke, s/f-b, Roth, 2002).

Diversos y múltiples trabajos se han realizado con fundamento en el concepto de representaciones externas en sus dos modalidades: lingüísticas y pictóricas. A continuación agrupamos estos trabajos según su área de interés. Son trabajos en los que se:

- ✓ Estudia el **uso e interpretación del lenguaje como mediador** en el proceso enseñanza aprendizaje (Tyson, Treagust y Bucat, 1999; Borsese, 1994; Lemke, 1993, 1998a)
- ✓ Describe el proceso de **lectura de representaciones pictóricas**, en particular los gráficos cartesianos y las fotografías. Se estudian las diferencias entre los expertos y los novatos en la práctica de interpretación de gráficos cartesianos en el área de la ecología (Roth y Bowen, 2001; Roth y McGinn, 1997; Roth y col., 1999; Bowen y col., 1999).
Pozzer y Roth (2003, 2004, 2005) estudian cómo los estudiantes atribuyen significados a partir de las fotografías.
- ✓ Describe diferentes **tipos de representaciones utilizadas en los textos y su papel como ayudas de instrucción**(Otero, 2003; Postigo y Pozo, 1999; Ferk Vrtacnik, y Blejec, 2003; Roth y col.,1999)
- ✓ Estudia la **influencia del formato representacional utilizado en la representación externa** en la realización de la tarea presentada como problema a resolver (Buteler y Gangoso, 2002; Treagust, Chittleborough y Mamiala, 2003; Noh y Scharmann, 1997),
- ✓ Estudia la **capacidad para transformar esas representaciones en otras representaciones equivalentes expresadas en formatos diferentes** (Kosma y Russell, 1997; Dori y Hameiri, 2003; Wu, 2003),
- ✓ Describe el proceso de lectura de imágenes en textos utilizados en la escuela (Martins, Gouvêa y Piccinini, 2006)
- ✓ Se estudia la semiótica de las representaciones pictóricas en el lenguaje de la Química (Han y Roth, 2006).
- ✓ Describe la ejecución, por parte de alumnos de educación secundaria, de la práctica inscripcional, es decir, al construir, interpretar, razonar con representaciones pictóricas como tablas y/o gráficos cartesianos. (Wu y Krajcik, 2006)

- ✓ Utilizan **materiales instruccionales con diferentes formatos representacionales** como mediadores en el **proceso de comprensión** (Kosma y Russell, 1997; Wu, 2003; Dori y Hameiri, 2003)
- ✓ Caracteriza **las habilidades representacionales** y el uso que los expertos y novatos dan a las representaciones para dar soporte al proceso de compartir significados (Kosma, 2003).
- ✓ Busca establecer correlaciones entre la comprensibilidad de un texto y los procesos de comprensión del lector del texto (Treagust y col., 2003).
- ✓ Desde el campo de la semiótica social se explora el uso de los diferentes sistemas de representación en la atribución de significados (Lemke, 1998a, 1998b).

Este trabajo

Este trabajo se vale de la semiótica como marco de referencia para estudiar las representaciones externas tipo pictóricas en un campo específico de conocimiento: la Química. La clasificación de representaciones pictóricas utilizada es la propuesta por Pozzer y Roth (2003); de acuerdo a esta clasificación son representaciones pictóricas: a) las ecuaciones químicas y matemáticas, b) los gráficos cartesianos, c) las tablas, d) los mapas, e) los diagramas, f) los diagramas de estructura, g) los dibujos naturalistas, h) las fotografías. En el desarrollo de la investigación se ampliarán las categorías con subcategorías a fin de dirigir el diálogo lector-autor.

Hemos seleccionado este marco porque la naturaleza de las representaciones en Química es compleja y se expresa utilizando representaciones que remiten a diferentes niveles: un primer nivel de realidad, macroscópico, la materia y sus transformaciones, cambios que se pueden percibir a través de los sentidos. Un segundo nivel más paradigmático: microscópico, la materia está formada por átomos. Para comunicar estos procesos de cambio se desarrolla un lenguaje de tipo simbólico.

La conexión entre lo que ocurre (la realidad) y las explicaciones (paradigmático) es mediado por el desarrollo de un lenguaje específico capaz de sintetizar las transformaciones a través de un sistema de signos que combina representaciones lingüísticas y representaciones pictóricas. Son sistemas de representaciones que deben seguir reglas específicas, acordes con los modelos científicos, para representar los cambios químicos por medio de las ecuaciones químicas.

Es preciso destacar que estos niveles de representación están cargados de teorías y exigen, para poder atribuirles un significado que se corresponda con los modelos conceptuales, hacer transformaciones entre los diferentes niveles de representación.

La Química es una ciencia que debe construir un discurso para hablar sobre la materia y sus transformaciones en dos ámbitos diferentes: a) un lenguaje capaz de comunicar la experiencia científica: **Ciencia Real** (Mortimer y Scott, 2003) empleado por los químicos y b) un lenguaje que se utiliza en las aulas y la escuela para enseñar Química: **Ciencia Escolar**. Un ejemplo de la diferencia entre ambos lenguajes lo aporta Roth y col. (1999) al identificar características diferentes en las representaciones pictóricas de diferentes tipos utilizados en textos de ecología (ciencia escolar) y los utilizados en las revistas científicas de esa ciencia (ciencia

real). Por ejemplo en los textos escolares de ecología para el high school se incluye un promedio de 0,5 fotografías por página mientras que en las revistas especializadas de ecología sólo se utilizan 0,01 fotografías por página. El lenguaje empleado para construir el discurso de la ciencia real se caracteriza por utilizar sistemas de representación de mayor nivel de abstracción.

Investigaciones recientes apuntan a destacar que, en contradicción con algunas creencias generalizadas, las representaciones pictóricas están cargadas de contenido y cada tipo de representación permite “hablar” sobre aspectos específicos. Si se quiere hablar sobre variables y su dependencia suele recurrirse a las tablas y a los gráficos cartesianos. Por el contrario si quiere describirse un fenómeno o una cosa se emplean las fotografías.

Aceptar estos resultados implica cambiar la concepción de que las representaciones pictóricas son de fácil decodificación. En las representaciones pictóricas todos los códigos que se emplean para su construcción permiten inferir significados si se conoce el sistema de reglas generales y específicas seguidas para su construcción.

La aprehensión por parte de los estudiantes de este lenguaje no es fácil por diversas razones, entre ellas: a) los estudiantes no comprenden las representaciones en el nivel microscópico; b) no pueden interpretar las representaciones; c) no pueden hacer transferencias entre los diferentes tipos de representaciones; d) no pueden establecer relaciones entre los fenómenos químicos, las representaciones y los conceptos, en síntesis carecen de competencias representacionales (Wu, 2003).

Es posible afirmar que los estudiantes no pueden atribuir significados (equivalentes a los significados que atribuyen los químicos) a los diferentes sistemas representacionales que la comunidad de químicos utiliza debido a la ausencia de experiencias con la práctica social. Se entiende que esta experiencia está indisolublemente ligada a un área específica de conocimientos (Roth y McGinn, 1997, 1998).

En consecuencia, es posible afirmar, desde la semiótica social, que la escuela debe ofrecer experiencias de aprendizaje que permita a los estudiantes dominar el lenguaje de la ciencia real, para lo cual la ciencia escolar debe encontrar la representación pedagógica que les permita atribuir a los diferentes sistemas de representaciones utilizados por los químicos el significado que la comunidad de discurso de los químicos les confiere.

El problema.

Se reconoce que en el campo de la Química el modelo conceptual “reacción química” es un concepto clave a ser desarrollado dentro del proceso enseñanza aprendizaje porque “*es un concepto organizador central en la educación Química*” (Van Driel, De Vos, Verloop, y Dekkers, 1998, p. 379). Sin embargo, son muchas las dificultades para su aprendizaje porque es un campo que resulta de la integración de principios y conceptos en diferentes áreas. El concepto de reacción química y, en particular, reacción química reversible es clave para comprender el concepto de Equilibrio Químico (EQ), concepto que es un prerequisite para el

aprendizaje y comprensión de otros conceptos químicos (Piquette y Heikkinen, 2005), como por ejemplo los conceptos de ácido y base o fuerza ácida.

El tema Equilibrio Químico se reconoce como un conocimiento bien estructurado y semánticamente rico que integra principios y conceptos de diferentes áreas (Camacho y Good, 1989), en consecuencia, demanda de maestría en un gran número de conceptos subordinados (Hernando, Furió, Hernandez y Calatayud, 2003; Pozo, Gómez, Limon y Sanz, 1991).

Nos proponemos explorar las posibilidades de construir una representación pedagógica centrada en el proceso de lectura y/o interpretación de diferentes representaciones pictóricas como parte del proceso de atribución de significados, toda vez que nuestra experiencia como docentes nos indica que para los estudiantes este tipo de representación es como si no formaran parte del discurso. Se pretende construir un modelo didáctico que permita realizar una práctica en la que se entienda las representaciones pictóricas como instrumentos retóricos que cumplen la función de facilitar la inclusión en comunidades retóricas.

El objetivo de nuestra investigación es producir conocimiento que facilite el proceso de lectura y/o interpretación de las representaciones pictóricas utilizadas para construir el discurso sobre Equilibrio Químico y, por lo tanto, facilitar el aprendizaje de los aspectos conceptuales involucrados.

Como punto de partida, aceptamos que la ciencia es un discurso sobre la materialidad del mundo (Lemke, 1998b), discurso que se construye utilizando diferentes sistemas de recursos semióticos, cada uno de ellos ideado para “hablar” sobre aspectos particulares y específicos de esa materialidad lo que hace a cada sistema, en cierta forma, imprescindible e insustituible.

Debemos destacar que las reglas que permiten relacionar signo-referente en cada tipo de representación pictórica (gráficos, fotografías,...) son diferentes y aumenta el grado de complejidad de estas reglas cuando la relación referente/signo se hace más abstracta. En la medida que no se pueda establecer una clara relación signo-referente, el proceso de lectura requiere mayor actividad cognitiva y mayor conocimiento sobre cómo realizar el proceso.

Estas reglas es difícil inferirlas, se aprenden desde el “conocer” y el “hacer” dentro de una comunidad discursiva particular, de allí la importancia de la práctica social. Asumimos que la lectura, con el propósito de aprender, a partir de los textos científicos, exige la realización de un proceso interpretativo que se produce en la medida que se conozcan las reglas que permita relacionar los sistemas de representaciones externas lingüísticas (REL) y pictóricas (REP) con los referentes.

La revisión bibliográfica realizada nos permite concluir que el estudio del equilibrio químico no se aborda desde la perspectiva de las representaciones externas pictóricas (REP) que se utilizan por lo que nos proponemos diferentes preguntas de investigación, las cuales organizamos en tres grupos.

El primer grupo de preguntas busca explicitar el modelo teórico que permita diseñar una práctica pedagógica que permita a los estudiantes “leer” las REP. Éstas son:

¿Cuáles son las variables que intervienen en el proceso de lectura-interpretación-comprensión?

¿Cómo atribuir significados a partir de la lectura de un texto que sintetiza un contexto paradigmático y un contexto situacional mediado por un contexto sintagmático?

¿Cómo utilizar estas variables para construir un diseño de instrucción?

El segundo grupo de preguntas tiene relación con la caracterización de las REP empleadas en la construcción del discurso escolar sobre EQ, ellas son:

¿Cuál es el sistema de representaciones pictóricas que se utiliza con mayor frecuencia con el fin de construir el modelo conceptual con el que se presentan los contenidos del tema Equilibrio Químico?

¿Cuál es la relación que se establece entre el tópico tratado y el tipo de representación pictórica utilizada?

El tercer grupo de preguntas tiene como propósito caracterizar la práctica de los estudiantes con las REP, a saber:

¿Cómo influye el conocimiento de los diferentes tipos de REP y el tipo de información que puede inferirse a partir de ellas en los procesos de L-I-C?

Al plantear como tarea la construcción de diferentes tipos de REP a partir de la lectura de una REL ¿Cómo influye el tipo de REP que se debe construir sobre la información que se recupera para construir la REP?

Al plantear como tarea la construcción de una REL a partir de la lectura de un texto híbrido (REL+REP) ¿Cómo influye el tipo de REP en la información que recupera el lector para construir la REL?

En la presente investigación se asume que:

El proceso de inferir los contextos paradigmáticos y situacional a partir de la lectura de una REP se facilita cuando el lector conoce: a) los diferentes tipos de REP; b) la relación entre REP y su Contenido y c) los distintos recursos semióticos con los que se construye la REP.

Con esta visión nos proponemos en el presente trabajo:

Objetivo General

✓ Determinar si el conocimiento de las reglas para relacionar signo/referente modifica la habilidad del lector para atribuir significados.

Objetivos Específicos

- ✓ Desarrollar una taxonomía de las representaciones externas tipo pictóricas utilizadas por la ciencia escolar a través de los libros de texto de Química general para presentar los contenidos de Equilibrio Químico.
- ✓ Desarrollar un modelo de atribución de significados para representaciones pictóricas.
- ✓ Aplicar la taxonomía y el modelo para caracterizar las representaciones pictóricas utilizadas por los autores de textos de Química General de nivel universitario. Se espera determinar la funcionalidad del modelo.
- ✓ Desarrollar un diseño instruccional que permita conocer reglas generales y específicas para relacionar signo/referente en los diferentes tipos de representaciones pictóricas utilizadas en Química.
- ✓ Caracterizar la práctica lectura frente a un texto conformado por representaciones lingüísticas y pictóricas de un grupo de estudiantes preuniversitarios que participan en un programa de nivelación.
- ✓ Identificar diferencias en la práctica con diferentes tipos de representaciones pictóricas

**CAPITULO II: EL CONCEPTO EQUILIBRIO QUÍMICO
DESDE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA.**

CAPÍTULO II

EL CONCEPTO EQUILIBRIO QUÍMICO DESDE LA INVESTIGACIÓN EDUCATIVA.

En este capítulo se presenta una revisión de los trabajos de investigación realizados desde la perspectiva enseñanza-aprendizaje sobre el tema “Equilibrio Químico”. Son investigaciones que han ocupado la atención de los científicos desde los años 60 hasta la actualidad (Tyson y col., 1999). El interés mostrado en el estudio de esta temática tiene base en las dificultades que muestran los estudiantes para apropiarse de este modelo conceptual.

Entre los trabajos realizados destacan los que buscan identificar: a) la estructura de los contenidos conceptuales; b) la naturaleza de su sistema representacional; c) los que se originan en las demandas de procesamiento y las habilidades requeridas para comprender y transformar los sistemas representacionales; d) la influencia de los conocimientos previos y pre concepciones de los alumnos y e) las estrategias de enseñanza. En años recientes se ha producido un cambio en el foco de atención hacia los profesores y los textos escolares.

Se organiza, para su presentación, el conocimiento producido sobre el proceso Enseñanza-Aprendizaje del modelo conceptual Equilibrio Químico en cuatro categorías cuyo origen se encuentra en el Modelo de Integración de Recursos para la Atribución de Significados (MIRAS) que se desarrolla en el próximo capítulo. Estas categorías son: a) *la comunidad de discurso* (los Paradigmas y las Situaciones), b) la relación *lenguaje químico- naturaleza de los contenidos*, c) *la comunidad de lectores* (los aprendices: conocimiento, habilidades) y d) *los emisores* (los profesores y los libros de texto).

Es frecuente que un mismo trabajo pueda ser colocado en más de una categoría, por ejemplo analiza el uso de estrategias de enseñanza utilizadas por el profesor y de manera simultánea aborda las salidas de aprendizaje de los estudiantes. Para evitar las repeticiones se ubicará la investigación en aquella categoría que consideremos más relevante.

A continuación se describe cada uno de estos componentes.

1. *La comunidad de discurso.*

La comunidad de discurso (los químicos y los profesores de Química) define, por consenso, los modelos conceptuales. Se entiende por **modelo conceptual (MC)**, de acuerdo a la propuesta de Norman (1983), aquellas herramientas o “ayudas” diseñadas para la comprensión o enseñanza de los sistemas físicos. Se puede afirmar que los MC son representaciones externas compartidas por comunidades de científicos, profesionales y profesores. La enseñanza de las ciencias se centra en el análisis, discusión, comprensión, es decir, en los procesos que conducen a compartir los significados implícitos en los modelos conceptuales.

Los modelos conceptuales generalmente responden a condiciones de idealidad, entendida ésta como una simplificación de la realidad. La relación Idealidad/Realidad contribuye a delimitar un **contexto paradigmático** y un **contexto situacional** los cuales para expresarse utilizan sistemas de recursos semióticos específicos (sistemas de signos) que define un **contexto sintagmático**. **Estos tres contextos, paradigmático, situacional y sintagmático**, contribuyen a establecer el carácter monosémico de los conceptos científicos.

El contexto sintagmático asume características diferentes en función del sistema de representación que se utilice. En ciencias suele recurrirse a la combinación de representaciones lingüísticas y pictóricas como fotografías, dibujos, gráficos cartesianos, tablas. Se entiende como un sistema de representaciones múltiples cuando se hace uso de manera simultánea de diferentes sistemas de representaciones. El uso combinado de representaciones de diversos tipos tienen la propiedad de actuar en forma sinérgica cuando el lector realiza el proceso de atribución de significados (Lemke, 1998a, 1998b).

En esta categoría colocaremos aquellas investigaciones cuyo objeto de estudio es la caracterización del Modelo Conceptual Equilibrio Químico fijando la atención en temas como la estructura conceptual, el desarrollo histórico del concepto y el abordaje curricular.

2. *La naturaleza de los contenidos y características del lenguaje.*

“Hablar” sobre los sistemas químicos que alcanzan un estado de equilibrio químico exige construir un discurso que permita caracterizar un sistema químico en condiciones definidas de composición y temperatura. Esta caracterización implica responder preguntas como: a) ¿se encuentra el sistema en equilibrio?; b) si el sistema no está en equilibrio ¿cómo avanza a una situación de equilibrio?; c) ¿siempre el sistema avanza a una situación de equilibrio?; d) ¿bajo qué condiciones es posible que el sistema permanezca en equilibrio? y e) ¿cómo se puede caracterizar un sistema en equilibrio?.

La construcción del discurso es mediada por el desarrollo de un lenguaje que debe permitir: a) categorizar (Lemke, 1998a, 1998b); b) expresar variaciones (Lemke, 1998a, 1998b); c) expresar niveles distintos de representación: macro, micro y simbólico (Johnstone, 1993) en fin debe permitir “hablar” de la materia y sus transformaciones en forma cualitativa y cuantitativa.

El lenguaje matemático y el de las representaciones pictóricas (tablas, gráficos, diagramas, fotografías, entre otros) resultan de gran utilidad como sistemas representacionales para la construcción del discurso sobre Equilibrio Químico. Sin embargo, desde la perspectiva pedagógica se debe considerar que el manejo de estos sistemas de representaciones múltiples exige, de parte del estudiante, el desarrollo de habilidades representacionales (Wu, 2003) como prerrequisito para apropiarse del discurso. Estas habilidades no se concretan como contenidos explícitos en los modelos curriculares; en consecuencia, los estudiantes no siempre las desarrollan (García y Perales, 2007).

En este grupo se incluirán las investigaciones cuyo centro de interés son las dificultades de aprendizaje derivadas de las características del lenguaje químico y su sistema de representaciones.

3. *La comunidad de aprendices.*

Se han estudiado diferentes variables personales de los aprendices que influyen en su proceso de aprendizaje entre las cuales tenemos: las estrategias que utiliza para realizar procesos de atribución de significados; el conocimiento previo del que dispone, en particular, las que se conocen como pre concepciones; las habilidades de aprendizaje; las habilidades de representación, entre otras.

Se incluyen en este grupo las investigaciones que refieren a las dificultades de aprendizaje de los aprendices.

4. *Los emisores.*

Los modelos conceptuales (MC) se socializan a través de: a) la escuela por medio de los textos escolares y b) los medios de difusión masiva como las revistas de divulgación científica. En la escuela los MC se transforman en representaciones pedagógicas que permiten delimitar parámetros como los contenidos, la organización, las estrategias de enseñanza, el tipo de actividades que se proponen. Esta tarea generalmente la realizan los autores de los libros de texto (Islas y Pesa, 2003) y por supuesto los profesores orientados por el currículo.

Es decir, es una tarea que implica la intervención de diferentes actores: a) los *estados y las comunidades científicas*; éstas son instancias organizacionales que asumen la orientación y caracterización de los sistemas educativos, lo que conduce al estudio de los diseños curriculares, los planes de estudio, los programas de las asignaturas; b) *los profesores* (se estudia los modelos pedagógicos que se asumen para su formación, el dominio de estrategias de enseñanza que favorezcan los procesos de aprendizaje de los estudiantes y algunas características más personales como los conocimientos del profesor en un área específica, su estructura cognoscitiva, sus valores y creencias) y c) *los medios*, por ejemplo los textos, lo que nos lleva al análisis de la presentación de los contenidos, su organización y las ayudas que ofrece al lector.

En este grupo se reseñan los artículos cuyos resultados son producto del análisis de los textos o los profesores.

A continuación la revisión bibliográfica.

II.1. LA COMUNIDAD DE DISCURSO

1. *El modelo Conceptual Equilibrio Químico. Estructura de los contenidos.*

En el campo de la Química el modelo conceptual “equilibrio químico” es un concepto clave a ser desarrollado dentro del proceso enseñanza aprendizaje porque

es un concepto organizador en la educación Química. Su comprensión implica asumir el modelo de reacción reversible en contraposición al modelo de reacción completa trabajado hasta el momento de introducir este modelo (Van Driel y col. 1998). Por otra parte el concepto de equilibrio químico (EQ) es un prerrequisito para el aprendizaje y comprensión de otros conceptos químicos (Piquette y Heikkinen, 2005).

Se establece una doble relación: apropiarse del concepto EQ depende de la comprensión inicial de un conjunto de conceptos previos como los conceptos de reacción, mol, concentración. Al mismo tiempo el concepto EQ es un requisito para la comprensión de otros conceptos, por ejemplo el equilibrio ácido-base, depende de la interpretación, de acuerdo a lo establecido por los químicos, del concepto EQ (Bergquist y Heikkinen, 1990).

Camacho y Good (1989) expresan la dependencia de los conocimientos previos al afirmar que el modelo conceptual EQ es un campo que resulta de la integración de principios y conceptos en diferentes áreas. Tiene como prerrequisitos diferentes modelos conceptuales que han sido caracterizados como problemáticos para ser aprendidos lo que determina que su aprendizaje esté lleno de dificultades. Algunas de las dificultades de aprendizaje tienen su origen en conceptos químicos, por ejemplo el concepto de mol o de reacción química, otros tienen origen en la aplicación de modelos matemáticos.

El tópico Equilibrio Químico es considerado uno de los de mayor dificultad para su aprendizaje en los programas de Química General (Ganaras, Dumond y Larcher, 2008). Es posible que este hecho se deba a que el tema Equilibrio Químico se reconoce como un conocimiento bien estructurado y semánticamente rico que resulta de la integración de principios y conceptos de diferentes áreas (Camacho y Good, 1989) el cual demanda de maestría en un gran número de conceptos subordinados (Hernando y col., 2003; Pozo y col., 1991).

2. Estructura de contenidos del concepto Equilibrio Químico en los trabajos de investigación.

Es evidente la compleja red de interrelaciones conceptuales en el campo del currículo, las diferentes organizaciones jerárquicas propuestas para organizar la estructura conceptual.

A continuación la representación de estas estructuras, recopiladas a partir de diferentes trabajos de investigación, desde las cuales es posible inferir la relación con otros conceptos químicos (Gorodetsky y Hoz, 1985; Pozo y col., 1991; Johnstone, MacDonald y Webb, 1977). La Fig. 1 muestra la secuencia de conceptos en una aproximación pedagógica que comienza con un tratamiento cinético; es la secuencia propuesta por Johnstone y col. (1977). La Fig. 2 muestra una organización jerárquica de los conceptos de EQ, esta organización la proponen Gorodetsky y Hoz (1985).

continuación algunas diferencias y semejanzas entre el razonamiento de los estudiantes y el razonamiento de los científicos del siglo XIX sintetizadas por Raviolo (2007) a partir de los planteamientos sostenidos por Van Driel, de Voss y Verloop (1998, cita en Raviolo, 2007).

...“ a) el reconocimiento de que la existencia reacciones químicas que no se completan entra en conflicto con la concepción existente acerca de las reacciones químicas, b) la aceptación de la necesidad de revisar la idea de que las moléculas de una misma especie son idénticas (que tienen el mismo estado de movimiento y c) la suposición de que dos reacciones opuestas continúan ocurriendo con el fin de explicar la conversión incompleta...

...Pocos estudiantes explicaron espontáneamente el fenómeno de las reacciones incompletas en términos de partículas, y la mayoría de ellos razonó en términos macroscópicos que no reflejaban antecedentes históricos. ...” (Raviolo, 2007, p. 418)

A continuación el desarrollo histórico de los conceptos del modelo.

De acuerdo con Quílez (2004), en la evolución del concepto EQ, se pueden identificar diferentes momentos del desarrollo histórico; los momentos identificados por Quílez tienen correspondencia con los dos primeros modelos de Raviolo y son:

- a) *Concepto de afinidad como precursor del concepto.* El estudio del equilibrio químico se remonta a finales del siglo XVIII y siglo XIX, cuando el concepto de *afinidad* se constituye en clave para su desarrollo. El concepto de *Afinidad* expresaba la tendencia de una sustancia a reaccionar y se entendía como un concepto antropocéntrico asociado a “simpatía entre sustancias”. De acuerdo con Quílez, esta idea la introduce Albertus Magnus quien establece que “a mayor afinidad (similaridad) entre dos químicos, mayor será la tendencia de estas sustancias a reaccionar”. Posteriormente Newton, asumiendo una visión mecánica, plantea la idea de la existencia de una fuerza equivalente a la gravedad que podría dar cuenta del por qué las sustancias pueden reaccionar.
- b) *Paradigma de la afinidad electiva.* Establecido el concepto se construyen las tablas de afinidad con el propósito de medir las diferencias en la reactividad, constituyéndose en el inicio de la tradición empírica como fundamento para el desarrollo de leyes de la Química y de la posibilidad de expresar matemáticamente estas leyes (Duncan, 1970; cita en Quílez, 2004). Como resultado se logra establecer un marco conceptual en el que se asume que la reactividad química es consecuencia de la naturaleza de las sustancias involucradas en una reacción química, naturaleza a la que puede asociarse una propiedad constante como la afinidad la cual se manifiesta de manera electiva. A finales del siglo XVIII el concepto de afinidad se ha consolidado como un sistema coherente capaz de explicar las reacciones químicas. *Reacciones en una sola dirección.* El concepto de afinidad electiva implica asumir como imposible que una reacción cuya dirección ha sido determinada a partir del orden relativo de afinidad pueda ser revertida, es decir, desde la

afinidad selectiva la idea de reversibilidad de las reacciones químicas es prohibida.

- c) *La reversibilidad.* Berthollet busca purificar KNO_3 a través de un proceso de recristalización, y encuentra que, a medida que se aumenta la concentración de nitrato en la solución, se disminuye la capacidad para que en la misma se disuelva más nitrato. Para explicar este hecho asume que se establece un equilibrio entre fuerzas antagonistas desafiando la teoría anterior. Berthollet plantea como factor determinante la masa para explicar la evidencia experimental y propone que la masa de los reactantes puede invertir la dirección de la reacción que se predice a partir de la afinidad relativa. Asumido el concepto newtoniano de fuerza para explicar las reacciones químicas, se entiende la afinidad química como un tipo de fuerza gravitacional, fuerza de afinidad, que es proporcional a la masa de reactante. Así, las reacciones no transcurren hasta completarse porque se establece un estado de equilibrio entre fuerzas de afinidad opuestas. Estas fuerzas de afinidad dependen de dos factores: la diferencia entre sus afinidades relativas y su proporción cuantitativa. Desde esta perspectiva, el estado de equilibrio guarda relación con el equilibrio mecánico, por lo que se le consideraba como un equilibrio estático.
- d) *La formulación matemática, de masa a concentración.* En el año 1879, Gulberg y Waage asumen que la fuerza química no es proporcional a la masa de sustancia involucrada en la reacción sino a la *masa activa*, es decir, la concentración elevada a una potencia que depende del experimento. Estas consideraciones conducen a plantear la constante de equilibrio. En la definición de la constante los exponentes deben coincidir con los coeficientes estequiométricos de la ecuación química que representa el equilibrio.
- e) *Velocidad de reacción.* La idea de velocidad de reacción es introducida por Wenzel en 1777. Para Wenzel la velocidad a la que los metales se disuelven en un ácido depende tanto de la naturaleza del ácido así como de su concentración. A partir de determinar los valores de afinidades químicas, concluye que la afinidad de una sustancia en un solvente dado es inversamente proporcional al **tiempo** de disolución. El estudio de la cinética química, alrededor de 1850, realiza aportes importantes al desarrollo matemático del equilibrio químico.
- f) *La visión microscópica.* Es introducida por Williamson en 1850, quien fue el primer científico en proponer un modelo submicroscópico para explicar el estado “estático” del EQ; asumía que los reactantes y productos constantemente se formaban y descomponían de manera que las cantidades totales se mantenían constantes.
- g) *La visión cinética.* Introducida por Pfaundler al aplicar las ideas de Clausius sobre la teoría cinética de la evaporación y desarrollar una teoría de la disociación química que aplica al equilibrio químico y a la ley de acción de masas.

4. *Ruptura del modelo de reacción completa e Implicaciones para la enseñanza.*

Dos consideraciones básicas deben tenerse en cuenta al construir la representación pedagógica sobre EQ. En primer lugar la diferencia entre los sistemas físicos y químicos. Esta diferencia debe conducir a explicar por qué el equilibrio químico es

dinámico, concepto que lleva implícita la idea de reversibilidad. En segundo lugar debe considerarse que los sistemas químicos que alcanzan un estado de equilibrio sólo pueden ser explicados a partir del modelo de reacción reversible e incompleta.

Estas dos consideraciones resultan clave en el desarrollo de los contenidos del equilibrio químico. Sin embargo son supuestos que constituyen una ruptura en el modelo de reacción. Es una ruptura que cambia el contexto paradigmático al atribuir un significado diferente al concepto de **reacción química porque se pasa a considerar que las reacciones pueden ser reversibles** (van Driel y col., 1998). La reacción química es una representación lingüística-matemática de un cambio o proceso químico; procesos que pueden producirse de dos formas diferentes: a) sólo en la dirección reactivo-producto y b) en ambas direcciones reactivo-producto y producto-reactivo.

De acuerdo con el primer modelo los cambios químicos se entienden como procesos que: a) transcurren hasta completarse; b) ocurren en una sola dirección; c) se asocian a cambios macroscópicos como cambio de color, producción de gases o sólidos y d) al finalizar el cambio la reacción se “detiene”. Es decir, el concepto de cambio químico, utilizado en el marco de temas como Estequiometría y que se introducen en el currículo previo a trabajar el concepto de Equilibrio Químico, es explicado asumiendo el *modelo de reacción completa*.

En el marco del Equilibrio Químico los cambios químicos se explican de acuerdo al segundo modelo por lo que se entienden como *reacciones reversibles*. Es decir, son procesos químicos que: a) no transcurren hasta completarse, por lo tanto, **siempre** se tiene en el sistema reactivos y productos, b) transcurren en los dos sentidos y c) debe recurrirse a la visión microscópica de la reacción para explicar que el equilibrio es dinámico, aunque las propiedades macroscópicas son constantes (Van Driel y col., 1998); para su explicación se introduce el concepto de velocidad de reacción.

Asumir curricularmente una propuesta de aproximación microscópica, coincidente con el desarrollo histórico del concepto es sugerida, entre otros autores, por Johnstone y col. (1977). Para estos autores la secuencia de enseñanza a seguir sería: a) investigar las propiedades que influyen en la velocidad de las reacciones – concentración, temperatura, luz, estado de división y catálisis- b) formular teoría colisiones (debe ocurrir una colisión bimolecular, esta colisión debe tener suficiente energía y la colisión debe estar correctamente orientada); c) concepto complejo activado; con esta aproximación los autores consideran que el concepto de equilibrio emerge desde una aproximación dinámica con el propósito de describir, cualitativamente, que la composición del sistema es constante. Sólo es posible tener un sistema con composición constante si la *velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa* y si se cumple que la reacción se produce en un *sistema cerrado*.

Otros abordajes que se proponen, dada la necesidad de una aproximación microscópica, son propuestos por autores como:

- ✓ Maskill y Cachapuz (1989) quienes consideran indispensable, para entender la naturaleza dinámica del equilibrio químico, la comprensión de cómo las reacciones químicas transcurren a través de las colisiones.
- ✓ Gorodetsky y Gussarky (1987, cita en Níaz, 1995c) señalan que la propiedad de dinamismo del Equilibrio Químico no puede ser abstraído directamente a partir de los macro fenómenos, más bien es una parte del modelo referido a la estructura de la materia.
- ✓ Para Níaz (1995c) la aproximación macroscópica implica características de reposo, estaticidad y “no cambio” que no son compatibles con las características del equilibrio químico el cual se refiere a un sistema que es dinámico y reversible.

Raviolo (2007) reporta la coexistencia de dos enfoques curriculares en la enseñanza del EQ; cada enfoque permite la explicación de aspectos diferentes por lo que no pueden ser considerados excluyentes.

“... se habla siempre de dos enfoques... el enfoque basado en la cinética química y el basado en la termodinámica. El enfoque cinético es más tangible dado que brinda explicaciones macro y microscópicas sobre cómo se logra el equilibrio; en cambio, el enfoque termodinámico es más abstracto aunque conceptualmente más actualizado. En general los libros de texto presentan una combinación de estos modelos del currículo” Raviolo (2007, p.419)

Raviolo propone una secuencia didáctica que **integre los tres modelos** en el orden siguiente: a) diferenciar equilibrio químico, que es un equilibrio dinámico en que se producen cambios a nivel micro, del concepto equilibrio físico que implica equilibrio de fuerzas en un nivel macro; b) desarrollar el modelo cinético con base en las colisiones entre partículas y las velocidades de reacción y finalmente c) trabajar el modelo termodinámico. De acuerdo a este autor la aproximación termodinámica permite explicar el carácter adimensional de la constante de equilibrio y por qué en la expresión matemática de la misma no se incluyen sólidos y líquidos puros, explicaciones que no pueden encontrarse desde la aproximación cinética.

II.2. EL LENGUAJE Y SU DEPENDENCIA DE LOS CONTENIDOS.

Un factor clave que debe considerarse desde la naturaleza de los contenidos, tiene que ver con el sistema de representaciones que se utiliza para “hablar” sobre el equilibrio químico y las limitaciones que los estudiantes tienen para transformar estas representaciones en otras de diferente nivel. Cada uno de los diversos sistemas de representación debe permitir expresar los contenidos del modelo conceptual en niveles diferentes de representación: el macroscópico, microscópico⁴ y simbólico.

Para presentar el modelo conceptual Equilibrio Químico se debe desarrollar un sistema de representación múltiple: simbólico, matemático y pictórico que permita representar:

⁴ En este trabajo se utiliza de manera no diferenciada los términos microscópico y submicroscópico significando en ambos casos que se hace referencia a átomos y moléculas.

- ✓ *La naturaleza dinámica del equilibrio químico.* El sentido dinámico (implica hacer referencia a las partículas, nivel microscópico), por lo que es preciso diferenciarlo del equilibrio físico en que se entiende como equilibrio de fuerzas (macroscópico).
- ✓ *El problema de la simultaneidad.* Representar un sistema que para llegar a un estado de equilibrio exige la presencia simultánea de los reactivos y productos en el mismo recipiente.
- ✓ *Los sistemas de representación simbólicos.* Deben representar una reacción reversible; en un mismo recipiente se encuentran tanto reactivos como productos.
- ✓ *Consecuencias del modelo conceptual.* El estado final de equilibrio puede ser alcanzado por el sistema desde cualquier estado inicial.
- ✓ *El modelo cinético para su interpretación.* La velocidad de la reacción directa es igual a la de la reacción inversa una vez que se alcanza el estado de equilibrio.
- ✓ *La representación matemática.* El estado de equilibrio puede ser representado matemáticamente mediante la expresión de la constante de equilibrio, que depende de la temperatura, su valor numérico es una medida de la extensión de la reacción y puede expresarse en función de las concentraciones o de las presiones.
- ✓ *Contexto situacional.* En el estudio del sistema debe considerarse: a) el cambio químico, b) especificar la estequiometría de la reacción porque la K depende de esa variable, c) el avance al estado de equilibrio es dependiente de las condiciones iniciales y del valor de K y d) de la Temperatura.

Para representar este modelo conceptual se utilizan diferentes sistemas: lingüísticos y pictóricos. Por ejemplo, entre las representaciones pictóricas utilizadas para destacar la idea de simultaneidad y avance se tiene un ejemplo en la Fig.3

Esta Figura 3 constituye un ejemplo de cómo se pueden combinar representaciones externas de tipo pictóricas (REP), por ejemplo fotografías, diagramas de estructuras y representaciones lingüísticas-matemáticas. Cada una de estas representaciones tiene por objeto representar el cambio químico que transcurre y cada una de ella hace referencia a un nivel específico: macroscópico, microscópico o simbólico.

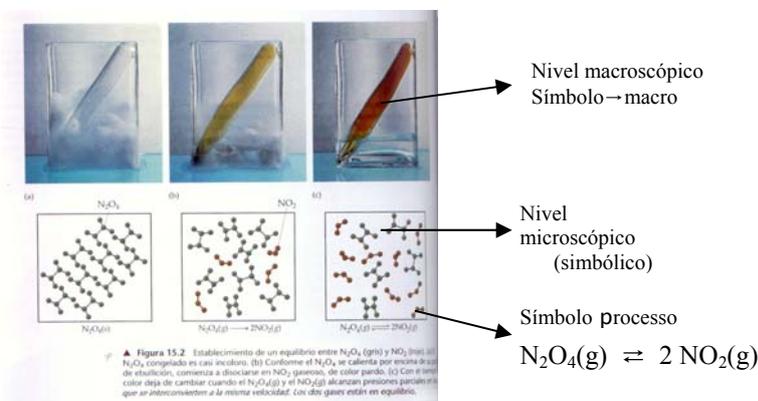


Figura 3: Representación de la descomposición del N_2O_4 utilizando un sistema de representaciones múltiples (Tomado de Brown y col, 2004 con modificaciones nuestras)

La composición de las tres fotografías presenta el transcurso de la reacción en tres momentos diferentes: al inicio, durante el avance y en el equilibrio. La “lectura” de la fotografía permite describir propiedades macroscópicas como:

- ✓ Identificar el sistema y sus características. El sistema lo constituye la ampolla y lo que hay dentro de ella en los diferentes momentos, por ejemplo, al inicio tetróxido de nitrógeno. El sistema es un sistema cerrado que está definido por los límites que impone las paredes de vidrio de la ampolla.
- ✓ Si se conoce el color del reactivo (tetróxido de nitrógeno) y del producto (dióxido de nitrógeno) se puede seguir a través de la fotografía el cambio en la composición del sistema.
- ✓ Una vez iniciada la reacción siempre están presentes de manera simultánea reactivos y productos.

Estas ideas son reforzadas por la representación de la reacción por medio de diagramas de estructura que están alineados con la secuencia de fotografías.

En paralelo a la secuencia de fotografías se presenta una secuencia de tres representaciones equivalentes (los cuadros debajo de cada fotografía). Por medio de estos diagramas de estructura se busca, en primer lugar, resaltar la composición del sistema y su cambio a través del tiempo. Nótese que al inicio hay un solo tipo de compuesto (cuadro a) y posteriormente se tiene la presencia simultánea de los dos compuestos (cuadro b y c). En segundo lugar, los límites definidos y cerrados (el cuadrado dentro del que están las moléculas) contribuyen a destacar que se trata de un sistema cerrado. La leyenda de la figura es un recurso semiótico que debe contribuir a la atribución de significado.

Por otra parte, la Fig. 4 se usa para representar los cambios de concentración (o presión) en la medida que el sistema evoluciona a un estado de equilibrio se suele recurrir a los gráficos cartesianos (que nos pueden mostrar tendencias) o a las tablas (indican valores puntuales).

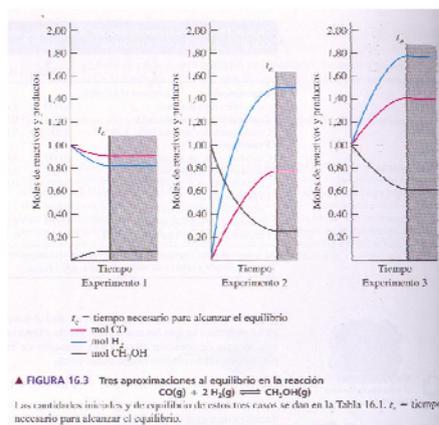


Figura 4: Representación para mostrar avance al estado de equilibrio desde diferentes condiciones iniciales (tomado de Petrucci y col., 2003)

Wheeler y Kass (1978) recomendaban el uso de gráficos concentración vs tiempo para ayudar a los estudiantes a visualizar los cambios que ocurren cuando los sistemas en equilibrio son perturbados, reconociendo el papel particular de este tipo

de representación en la construcción del discurso y la necesidad de las representaciones múltiples.

En resumen, se puede afirmar que para presentar los contenidos sobre equilibrio químico se utiliza un lenguaje específico. Es un lenguaje de naturaleza simbólica que se construye combinando símbolos, números, fórmulas, ecuaciones, estructuras (Ben-Zvi; Eylon y Silberstein, 1987). Este sistema de recursos semióticos combina, de manera simultánea, representaciones lingüísticas y pictóricas. Compartir los significados del discurso en un campo de conocimiento tiene como requisito previo el dominio del lenguaje.

Aunque no encontramos trabajos específicos que relacionen representaciones/equilibrio químico, diferentes investigaciones que estudian la relación entre los sistemas de representaciones y las posibilidades de aprender a partir de la lectura de textos híbridos que presentan contenidos en el área de Química nos permite afirmar:

- ✓ El tema EQ representa un área de conocimiento que se expresa utilizando diferentes sistemas de representación. Este lenguaje refiere a niveles de explicación diferentes: macroscópico, microscópico y un nivel simbólico (Gabel, 1998; Johnstone, 1993).
- ✓ Al ser un lenguaje multirepresentacional demanda del lector-aprendiz competencias representacionales que permitan: a) expresar los contenidos en diferentes niveles utilizando diferentes sistemas de signos, b) transformar una representación en otra que sea equivalente (Wu, 2003).
- ✓ Los estudiantes tienen dificultades para transformar representaciones que refieren a un nivel macroscópico en representaciones equivalentes en un nivel microscópico (Kosma y Russell, 1997; Dori y Hameiri, 2003; Wu, 2003).
- ✓ García y Perales (2007) reportan las limitaciones de dos grupos de estudiantes (uno de bachillerato y otro de la licenciatura en Química) para realizar tareas complejas a partir de la “lectura” de gráficas cartesianas. Estos dos grupos sólo logran identificar las variables, el grupo de licenciatura además logra leer los datos gráficos. Ambos grupos fallan en la tarea de realizar una síntesis en la que se integre las variables, la relación entre las mismas y el fenómeno estudiado. A partir de estos resultados los autores concluyen que en el proceso educativo

“...no se concibe a las representaciones gráficas cartesianas como herramientas para construir significados acerca de los fenómenos y, por lo tanto, como instrumentos a partir de los cuales se puedan construir síntesis conceptuales con base en los mismos o elaborar explicaciones y predicciones sobre el comportamiento de dichos fenómenos.” (García y Perales, 2007, p.123).

- ✓ Al referirse a los problemas de aprendizaje generados por el uso de los diferentes sistemas de representaciones Tyson y col. (1999) reportan problemas para la comprensión de representaciones lingüísticas y la necesidad de compartir significados. Estos autores señalan que *“es evidente que los estudiantes, los*

profesores, y los autores de los textos a menudo no comparten el mismo significado para palabras de uso común en este tópico⁵” (Tyson y col., 1999, p.555).

El lenguaje es un factor clave para el desarrollo de una comprensión acorde con el paradigma científico, por lo que debe reflexionarse sobre el uso de expresiones como “...*“qué le ocurre a la concentración” de una especie particular en una mezcla en equilibrio*” (Tyson y col., 1999, p.558).

En síntesis, se constata que poder utilizar los sistemas de representaciones múltiples, en el campo de la ciencia, para atribuir significados es un requisito que condiciona lo que se es capaz de aprender. Este sistema multirepresentacional demanda del estudiante la habilidad para reconocer los sistemas equivalentes y realizar transformaciones entre estos sistemas. Desde el currículo de Química se deben promover el desarrollo de estas competencias representacionales (Wu, 2003) porque las limitaciones para expresarse en los diferentes formatos representacionales dificulta el proceso de comprensión. Si los estudiantes no logran representar de manera simbólica los principios del modelo conceptual no se produce comprensión (Nakhkeh, 1992; Krajcik, 1991).

II.3. LA COMUNIDAD DE APRENDICES. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE.

El modelo conceptual sobre EQ se caracteriza por poseer una compleja red de relaciones conceptuales; en la complejidad de esta red se encuentra el origen de diversas dificultades para su aprendizaje.

Algunas de estas dificultades son consecuencia de la compleja estructura del modelo conceptual, que resulta de la integración de principios y conceptos en diferentes áreas (Camacho y Good, 1989). Otros problemas para la comprensión se deben a no dominar conceptos químicos que son requisitos (Quílez y Solaz, 1995; Hernando y col., 2003). Además su comprensión, dentro de los paradigmas científicos, influencia el aprendizaje de otros conceptos, por ejemplo, el comportamiento ácido-base, o de sales poco solubles (Bergquist y Heikkinen, 1990).

Reconocer los problemas de comprensión lleva a los investigadores a plantearse como objeto de estudio preguntas de tipo descriptivas o explicativas. Las primeras dirigidas a conocer qué “comprenden” o “no comprenden” los estudiantes; las segundas dirigidas a conocer los factores que influyen en la comprensión.

Cuando se dice, de manera general, que se comprende un fenómeno físico significa que se entiende sus causas, efectos, cómo se inicia, variables de las que depende y por último cómo evitarlo (Greca y Moreira, 2000). Sin embargo, comprender el modelo conceptual EQ significa, de acuerdo con Hernando y col. (2003) reconocer:

- a) La necesidad epistemológica que conduce a la postulación del concepto (necesidad de explicar reacciones que no transcurren hasta completarse);

⁵ Se habla de tópico EQ.

- b) Reconocer características cualitativas como: a) su naturaleza dinámica; b) la caracterización macroscópica y microscópica; c) la representación matemática de una situación de equilibrio: la constante de equilibrio y sus diferentes expresiones; d) consideraciones de las condiciones de aplicación, especialmente la importancia de describir, mediante la **reacción balanceada** correspondiente, el sistema químico con el que se trabaja, así como la necesidad de especificar la **temperatura** a la que se encuentra este sistema.
- c) Predecir, de **manera no mecánica**, la evolución de un sistema en equilibrio que es perturbado.

Esta “comprensión” en el caso de la resolución de problemas está asociada al desarrollo de cuatro esquemas (Tsaparlis, Kousathana y Níaz, 1998):

- a) Esquema 1: el proceso mediante el cual se establece el equilibrio.
 b) Esquema 2: las condiciones del equilibrio químico.
 c) Esquema 3: para los sistemas gaseosos, uso de presiones parciales y totales, K_p .
 d) Esquema 4: perturbación de un sistema en equilibrio y establecimiento de un nuevo equilibrio.

A continuación, se presenta una síntesis de la bibliografía analizada focalizando la atención tres tipos diferentes de dificultades de aprendizaje. El primer grupo recogerá aquellas investigaciones que han encontrado problemas de comprensión cuyo origen se encuentra en las debilidades del manejo de los prerrequisitos. En segundo lugar, se colocan las investigaciones cuyos resultados apuntan a dificultades originadas en la complejidad del modelo conceptual. En el tercer grupo, las que derivan de la condición de novatos de los estudiantes.

1. El conocimiento previo como fuente de dificultades

Tres tipos de conocimientos previos dificultan el aprendizaje del EQ. Un primer grupo se refiere a conocimientos del área de Química; un segundo grupo está asociado al manejo del lenguaje matemático y el tercer grupo con las habilidades para utilizar los diferentes sistemas de representaciones con los que se construye el discurso sobre EQ.

A continuación se profundiza en cada uno de estos grupos.

- a) **Los referidos a la propia disciplina:** son conceptos que se introducen en Química pero con anterioridad al tema EQ. En este grupo se incluyen conceptos como masa, concentración, relaciones estequiométricas, caracterización de los sistemas gaseosos.

✓ **Masa/Concentración.** Los investigadores han encontrado que los estudiantes confunden las magnitudes masa y concentración o confunden las unidades con las que se expresan estas magnitudes (Wheeler y Kass, 1978; Bergquist y Heikkinen, 1990; Ben-Zvi y col., 1987; Nakhleh, 1992). Son expresión de esta confusión los casos en que los estudiantes calculan la concentración aunque se les da molaridad (Bergquist y Heikkinen, 1990); es decir, no logran reconocer que la molaridad es una unidad de concentración.

Los problemas con el manejo de las unidades de concentración se originan en no reconocer estas unidades como relación $\text{masa-moles}_{\text{soluto}}/\text{volumen}_{\text{solución}}$. No establecer esta relación hace que los estudiantes no identifiquen cuando usar o no usar el volumen, (Wheeler y Kass, 1978; Bergquist y Heikkinen, 1990; Ben-Zvi y col., 1987; Nakhleh, 1992; Camacho y Good, 1989). Dificultades en la comprensión del concepto de concentración trae como consecuencia que el estudiante no reconozca cuando cambia o cómo se puede cambiar la concentración de una solución. Por ejemplo, se ha encontrado que algunos estudiantes consideran que al trasvasar una solución cambia la concentración (Bergquist y Heikkinen, 1990).

Una dificultad cuyo origen se encuentra en que no se puede diferenciar entre propiedades extensivas y propiedades intensivas lleva, con mucha frecuencia, a cometer el frecuente error de restar magnitudes no equivalentes, por ejemplo, masa y molaridad y en ocasiones a restar concentraciones.

✓ **Relaciones estequiométricas.** Un segundo grupo de dificultad lo encontramos para la aplicación de conceptos estequiométricos, (Ben-Zvi y col., 1987; Nakhleh, 1992; Camacho y Good, 1989). Por ejemplo, los estudiantes asumen que las relaciones molares estequiométricas se aplican a las cantidades molares en equilibrio (Bergquist y Heikkinen, 1990) confundiendo la estequiometría de la reacción con la situación experimental (Pozo y col, 1991). Aparentemente esta dificultad tiene su origen en el modelo de reacción química que se asume cuando se plantean los problemas que exigen la realización de los cálculos estequiométricos, es decir el modelo de reacción completa.

Una reacción química es la representación de una transformación (Gorodedetsky y Gussarsky, 1986; Ben-Zvi y col., 1987, Níaz, 1995, Hackling y Garnett, 1985; Johnstone y col, 1977) no es la transformación.

✓ Dificultades para la **comprensión de las propiedades de los sistemas gaseosos**; No asocian volumen del recipiente con volumen de los gases, o utilizan el volumen como medida de cantidad, o no manejan las relaciones entre las variables (P, V, T, m) que definen el estado gaseoso (Bergquist y Heikkinen, 1990).

- b) **Los referidos a requerimientos matemáticos**, carecer de habilidades químico-matemáticas se constituyen en un impedimento para la resolución de problemas (Camacho y Good, 1989, Bandiera, Dupré, Ianniello y Vicentini, 1995). Entre estas habilidades, asociados a los prerrequisitos requeridos para el desempeño exitoso en la resolución de problemas de equilibrio, destacan dificultades para: a) aislar parámetros químicos de la ecuación, b) aislar relaciones, c) el uso de algoritmos; d) manejar exponentes y raíces; e) realizar aproximaciones (Camacho y Good, 1989). La importancia de estos prerrequisitos se evidencia en el trabajo de Dori y Hameiri, (2003) quienes encuentran que diferencias en las competencias matemáticas determina ejecuciones diferentes en un grupo experimental.
- c) Los que se refieren a **habilidades de procesamiento y transformación de información**. Estos trabajos se inscriben en el marco de la resolución de problemas. Los autores reconocen la dependencia del proceso de resolución de

los contenidos disciplinares. Esta dependencia conlleva a que los procedimientos de resolución no deben entenderse como la simple aplicación de algoritmos; por el contrario, implican el uso de habilidades que permitan interpretar, analizar, transformar; es decir, procesos que permitan la organización conceptual. (Camacho y Good, 1989; Mayer, 1983; Kempa, 1986, Pozo, Perez, Dominguez, Gomez y Postigo, 1994; Bandiera y col., 1995).

d) Las **representaciones externas utilizadas en los medios de instrucción** generan dificultades asociadas al contenido semántico o al contenido sintáctico.

✓ **Contenido semántico.** Entre estas dificultades tenemos las asociadas al contenido semántico; este tipo de dificultades se evidencian cuando se utilizan palabras cuyo significado en el campo de la Química es diferente al significado en lenguaje cotidiano. Por ejemplo, el significado que los químicos atribuyen a la palabra partícula, el cual depende del tipo de sustancia involucrado (elemento o compuesto), y el significado diferente que le atribuyen los estudiantes (Pozo y col, 1991).

Denotación de la palabra partícula en contextos científicos y cotidianos.

"PARTÍCULA" CONTEXTO CIENTÍFICO		"PARTÍCULA" CONTEXTO COTIDIANO
Átomo	Partícula equivale a átomos	Las connotaciones cotidianas del término partícula se asocian con POLVO, HUMO, SUCIEDAD
Elemento	Partícula equivale a átomos de una misma clase	
Compuesto	Partícula equivale a átomos de diferente clase	

En el caso del equilibrio químico el lenguaje utilizado, por ejemplo el "equilibrio se desplaza" que es una expresión que tiene significados particulares en el campo de la Física, contribuye a que los estudiantes generen imágenes (representaciones internas) asociados a equilibrio de fuerzas (Níaz, 1995a)

Por otra parte, destacan entre las representaciones externas utilizadas en los medios de instrucción como los libros de texto, el uso de analogías que establecen una relación con el equilibrio físico (Maskill y Cachapuz, 1989; Johnstone y col., 1977; Gussarsky y Gorodetsky, 1990). Estas analogías dan visión de reversibilidad como movimiento físico y refuerzan que el equilibrio se alcanza cuando "todo es igual" (Níaz, 1995c; Bergquist y Heikkinen, 1990, Maskill y Cachapuz, 1989). El uso de los diagramas energéticos, representación externa, en que están separados los reactivos de los productos (Johnstone y col. 1977) estimula la formación de representaciones internas que favorecen la imagen de compartí mentalización.

Por tanto, el lenguaje, estudiado desde su naturaleza simbólica, se constituye en problema didáctico dada la necesidad de "negociar" los significados. Esta perspectiva es abordada, en el campo del equilibrio químico, por Tyson y col. (1999), y por Bergquist y Heikkinen (1990) quienes determinan un conjunto de "palabras" o "expresiones de uso frecuente" en el contexto del EQ que generan dificultades de aprendizaje. Entre estas expresiones se encuentran: "posición de equilibrio" (Tyson y col., 1999), o "desplazamiento", "fuerza" (Bergquist y Heikkinen, 1990). Son expresiones que generan en el lector diferentes representaciones internas que no necesariamente las vinculan con su significado en el contexto académico. Estos autores llaman la atención sobre el problema

pedagógico que se genera al utilizar palabras en el contexto científico que tienen significado diferente en el contexto cotidiano. Por ejemplo, Tyson y col. (1999) reporta la respuesta de un estudiante que frente a la pregunta

Considere una solución saturada de hidróxido de calcio, la cual está en contacto con hidróxido de calcio sólido, $\text{Ca(OH)}_2(\text{s}) \rightleftharpoons \text{Ca}^{2+}(\text{ac}) + 2\text{OH}^-(\text{ac})$. Si se agrega agua a un sistema que está en equilibrio ¿cómo se desplazará la posición de equilibrio? a) ¿Se desplazará hacia la izquierda?, b) ¿Se desplazará hacia la derecha?, c) ¿Permanecerá sin cambiar? y d) No puede predecirlo

Expresa “no conozco que significa desplazamiento a la izquierda o la derecha”.

- ✓ **Contenido Sintáctico.** De igual manera los estudiantes pueden tener dificultades cuyo origen se encuentra en el contenido sintáctico, por ejemplo, la atribución de significados a partir de las representaciones simbólicas. Los estudiantes tienen dificultades para conectar los símbolos químicos que describen los procesos químicos y la información cuantitativa que esos símbolos llevan implícita, *el lenguaje es mediador en la transición símbolo-significado* (Dori y Hameiri, 2003). Gabel (1998) y Johnstone (1993) reconocen tres niveles de transformación:

SÍMBOLO→MACRO; SÍMBOLO→MICRO y SÍMBOLO→PROCESO.

Se ha encontrado que para los estudiantes la dificultad de las transformaciones aumenta en el orden macro→micro→proceso porque en este orden disminuye el porcentaje de respuestas correctas (Dori y Hameiri, 2003)

- e) Competencias para **transformar una representación en otra equivalente.** Los estudiantes tienen dificultades para: a) interpretar las representaciones químicas (BenZvi, Eylon y Silberstein, 1986); b) dar explicaciones verbales a los procesos químicos (Kosma y Russell, 1997) y c) transformar una representación en otra equivalente (Wu, 2003). Estas dificultades se originan, de acuerdo con Wu, en la limitación de los estudiantes para conectar:

FENÓMENO-REPRESENTACIÓN-CONCEPTOS

Para este autor la escuela y los docentes deben cumplir el papel de mediadores en el proceso de construcción de un sistema de representaciones químicas que debe evolucionar en el orden siguiente:

FENÓMENO VISIBLE→REACCIÓN→MODELO ATÓMICO→SÍMBOLOS/FÓRMULAS

- f) Una investigación que busca explicar los problemas de aprendizaje a partir de los sistemas de representaciones internas que construyen los estudiantes, es la reportada por Chiu, Chou y Liu (2002). En este trabajo los autores destacan que se genera un problema para comprender, en un contexto disciplinar, cuando los estudiantes construyen modelos mentales que no son compatibles con los modelos conceptuales. No se aclara si estos modelos son construidos por los estudiantes o son una construcción de los investigadores a partir de las verbalizaciones de los estudiantes.

Chiu y col. (2002) identifican cuatro modelos mentales que dificultan aprehender el concepto de simultaneidad en procesos químicos que alcanzan una situación de equilibrio. Estos modelos mentales son: a) en las reacciones que alcanzan una situación de equilibrio no se consumen todos los reactivos; b) en el equilibrio uno de los reactivos debe consumirse completamente; c) en el equilibrio todos los reactivos se consumen y d) en el equilibrio el número de partículas de todas las especies son iguales.

Los resultados de este trabajo muestran: a) “en el pretest los estudiantes consideran que la reacción finaliza cuando el reactivo es usado” (ver modelo mental tipo 2); b) “pocos estudiantes comprenden en el pretest que todas las sustancias existen en una reacción química”; c) “cerca del 67% de los estudiantes tiene dificultades para diferenciar la naturaleza de la visión macroscópica y microscópica de los fenómenos científicos”. Los resultados son sintetizados por los autores en la Figura 5.

Students' mental models of Activity 8 for the concept of chemical equilibrium

Concept	Descriptions	Types of student's mental models	# of students (Pre)	# of students (Post)
At chemical equilibrium, all the species are at equilibrium.	Type 1 At equilibrium, not all the species are used up.	$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow \text{FeSCN}^{2+}$	0	4 (EH202) (EH303) (EL616) (EL210)
	Type 2 At equilibrium, one species must be used up.	$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow \text{FeSCN}^{2+}$ <p style="text-align: center;">or</p>	5 (EH202) (EH303) (CL612) (CH229) (EL210)	1 (CL612)
	Type 3 At equilibrium, all the species are used up.	$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow \text{FeSCN}^{2+}$	1 (EL616)	0
	Type 4 At equilibrium, the total numbers of all three species are the same.	$\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow \text{FeSCN}^{2+}$	0	1 (CH229)

Figura 5: “Modelos Mentales” generados por estudiantes para la explicación del concepto EQ. Tomado de Chiu y col. (2002, p. 697).

En la Tabla 1, se presenta un resumen de los resultados de las investigaciones cuyo centro de interés lo constituye identificar las dificultades de aprendizaje cuyo origen está en las características del conocimiento previo de los alumnos.

Tabla 1: El conocimiento previo como fuente de dificultades aprendizaje.

Prerrequisitos	Problemas para la comprensión
Manejo de Modelos Simbólicos	Tienen problemas: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Al escribir símbolos y reacciones que impliquen disociaciones (Camacho y Good, 1989) ✓ Porque consideran que todas las reacciones químicas transcurren hasta completarse y en una sola dirección (Van Driel y col, 1998; Níaz, 1995c). ✓ Porque asumen que aunque la reacción es reversible transcurre hasta completarse (Bergquist y Heikkinen, 1990) ✓ Porque asumen que en una reacción reversible la reacción directa debe completarse antes de iniciarse la reacción inversa (Bergquist y Heikkinen, 1990; Níaz, 1995c)
Requerimientos Matemáticas	Tienen limitaciones para: <ul style="list-style-type: none"> ✓ Despejar un parámetro químico o una relación entre parámetros químicos a partir de una expresión matemática (Camacho y Good, 1989). ✓ Reconocer la expresión en símbolos de información dada en prosa y lo contrario (Bandiera y col., 1995). ✓ Pasar del lenguaje ordinario al matemático y lo contrario. Reconocer en un gráfico la información dada en prosa (Bandiera y col., 1995). ✓ Establecer relaciones entre variables. ✓ Incapacidad para hacer aproximaciones y manejo de logaritmos, exponentes, raíces (Camacho y Good (1989). ✓ No incluimos ecuaciones de segundo grado dada la facilidad actual de las calculadoras.
Masa/ Concentración , Moles y molaridad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Confunden ambas magnitudes, o confunden sus unidades (Wheeler y Kass, 1978; Bergquist y Heikkinen, 1990; Ben-Zvi y col. 1987; Nakhleh, 1992; Camacho y Good, 1989). ✓ Consideran que en condiciones STP los gases tienen igual densidad. (Camacho y Good, 1989). ✓ Confusión entre propiedades extensivas (masa) y propiedades intensivas (concentración), esta confusión lleva, por ejemplo, a restar concentraciones. ✓ Confunden moles con molaridad lo cual se expresa porque calculan concentración cuando se les da molaridad; muestran incertidumbre sobre cuándo usar el volumen; asumen que las relaciones estequiométricas molares se aplican a las concentraciones de los reactivos y productos en equilibrio; asumen que las cantidades molares son iguales aún cuando una está en exceso (Bergquist y Heikkinen, 1990). ✓ Algunos estudiantes consideran que sólo por trasvasar una solución (sin agregar más soluto ni solvente) cambia la concentración (Bergquist y Heikkinen, 1990)
Estequiometría	Tienen problemas para (BenZvi y col., 1987, Nakhleh,1992; Camacho y Good,1989; Bergquist y Heikkinen, 1990): <ul style="list-style-type: none"> ✓ Escribir símbolos y reacciones que impliquen disociaciones. ✓ Realizar tratamientos cuantitativos: Reactante límite, rendimientos. ✓ Cálculo magnitudes y transformación de unidades: n, masa, partículas. ✓ Cálculo Δn para una reacción que se produce en fase homogénea o heterogénea. Determinar reactante límite en función de las relaciones estequiométricas.
Gases y Volumen de los gases	<ul style="list-style-type: none"> ✓ No asocian volumen del recipiente con volumen de los gases, o utilizan el volumen como medida de cantidad, o no manejan las relaciones entre las variables que definen el estado gaseoso (Bergquist y Heikkinen, 1990).
Representación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dificultad para conectar los símbolos químicos abstractos que describen los procesos químicos y la información cuantitativa que proporcionan las fórmulas y ecuaciones (Koch, 1995) ✓ Asocian reacción química con fenómenos observables como cambio de color, efecto de “calor”, precipitación de un sólido o formación y desprendimiento de un gas (Van Driel y col, 1998). ✓ Dificultad para asociar la situación experimental con la representación utilizada (Han y Roth, 2006).
Modelos Mentales de reacción química	<ul style="list-style-type: none"> ✓ En una reacción química no están presentes simultáneamente los reactivos y productos (Chiu y col., 2002). ✓ En una reacción química se consume completamente uno de los reactivos (modelo ideal de reacción completa con un reactante límite y uno en exceso) o todos los reactivos se consumen (Chiu y col. 2002).

2. La estructura conceptual Equilibrio Químico como fuente de dificultades de aprendizaje.

En segundo un grupo de errores están asociados a la manera como se organiza el conocimiento del equilibrio dentro de la Química, es decir, la estructura conceptual. A continuación nos referiremos a errores que derivan de la organización del conocimiento. Entre estos errores destacan:

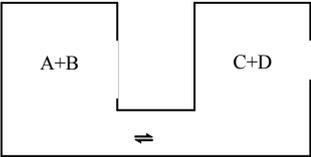
- a) *El modelo de reacción completa y de reacción reversible.* Son dos modelos que entran en contradicción pues implican supuestos diferentes. El primero implica que alguno, o todos, de los reactivos puede consumirse completamente; el segundo implica coexistencia simultánea de reactivos (todos) y productos (todos). Una vez que los estudiantes han internalizado el modelo de reacción completa, plantear el modelo de reacción reversible se dificulta la comprensión (Chiu y col, 2002; Wu, 2003). Desde la instrucción, tal vez, una clasificación menos problemática sería la de reacciones reversibles e irreversibles idealizando las irreversibles.
- b) *La dificultad para atribuir significados microscópicos.* Aunque el equilibrio se caracteriza, en lo microscópico, por ser dinámico, los estudiantes asumen características macroscópicas (constancia en la composición, a temperatura constante) y le atribuyen características estáticas de no cambio (Níaz, 1995b, Johnstone y col, 1977; Gussarsky y Gorodetsky, 1990; Quílez, Solaz, Castelló y San José, 1993; Bergquist y Heikkinen, 1990).
- c) *La contraposición idealidad/realidad.* Los estudiantes fallan en las estrategias para argumentar y consideran que los modelos conceptuales son de aplicación universal. No logran reconocer que los modelos ideales describen situaciones que se simplifican, es decir, se idealizan, por lo que hay condiciones particulares que deben cumplirse para su aplicación. Por ejemplo, el valor numérico de la constante no cambia, si la temperatura se mantiene constante (Wheeler y Kass, 1978; Hackling y Garnett, 1985; Gussarsky y Gorodetsky, 1990; Quílez, 1997, Voska y Heikkinen, 2000).

El privilegio de lo operativo. Las dificultades para apropiarse de los modelos conceptuales conducen a los estudiantes a focalizarse en la resolución algorítmica de los problemas. Centrarse en los aspectos operativos (Hernando y col., 2003; Níaz, 1995c) lleva a los estudiantes a no atribuir significados cualitativos (Camacho y Good, 1989; Hernando y col., 2003). Para Dori y Hameiri (2003) los estudiantes utilizan algoritmos porque no pueden realizar la transición símbolo \rightarrow significado.

Este enfoque de aprendizaje (y también de enseñanza) conduce, por ejemplo, a) atribuir igual significado a los conceptos de extensión y velocidad y b) no considerar las condiciones experimentales y su correspondiente representación. Es frecuente que los estudiantes consideren que reactivos y productos se encuentren en recipientes separados (Johnstone y col. 1977; Hierrezuelo y Montero, 1988; Wheeler y Kass, 1978; Camacho y Good, 1989; Hernando y col. 2003).

En la Tabla 2, se muestra un resumen de estos trabajos, en los que resaltamos tres aspectos básicos: a) los planteamientos del modelo conceptual; b) las concepciones de los estudiantes y c) las posibles explicaciones a las dificultades registradas.

Tabla 2: Los Modelos Conceptuales (la Naturaleza y Propiedades del Equilibrio Químico) como fuente de dificultades de Aprendizaje

Modelo conceptual	Concepciones ⁶ de los Estudiantes	Posible Explicación
<p>Representaciones Externas</p> <p>Reacción química es la representación simbólica (nivel microscópico) de un sistema en un estado particular.</p> <p>Las reacciones químicas ocurren dentro de un mismo recipiente (nivel macroscópico)</p> <p>Las reacciones químicas se clasifican en reversibles e irreversibles, Las reacciones reversibles se representan mediante una doble flecha (\rightleftharpoons) y las irreversibles mediante una flecha sencilla (\rightarrow)</p>	<p>Compartimentización:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Reactantes y productos se encuentran en compartimientos separados (Gorodetsky y Gussarsky, 1986; BenZvi y col., 1987, Níaz, 1995c, Hackling y Garnett, 1985; Johnstone y col. 1977; Maskill y Cachapuz, 1989; Chiu y col. 2002) ✓ Los alumnos se imaginan que en las reacciones reversibles los reactivos están situados en un recipiente y los productos en otro (Hierrezuelo y Montero, 1988) <div style="text-align: center;">  </div> <p>Los estudiantes separan las dos reacciones en espacio o tiempo. Una reacción ocurre en el lado más externo del tubo de ensayo y la otra en el más interno (Van Driel y col, 1998)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Los alumnos consideran que todas las reacciones químicas transcurren hasta completarse y en una sola dirección (Van Driel y col, 1998; Níaz, 1995c). <p>Esta doble flecha se asocia con extensión mientras los estudiantes la asocian a velocidad (Johnstone y col. 1977)</p>	<p>Representaciones externas usadas en la instrucción</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Uso de analogías en los libros de texto (Maskill y Cachapuz, 1989; Johnstone y col. 1977), en particular analogías con conceptos físicos (Gussarsky y Gorodetsky, 1990). ✓ Estas analogías dan visión de reversibilidad como movimiento físico y refuerzan que el equilibrio se alcanza cuando “todo es igual” (Níaz, 1995c; Bergquist y Heikkinen, 1990, Maskill y Cachapuz, 1989). ✓ El uso de los diagramas energéticos en que están separados los reactivos de los productos (Johnstone y col. 1977) <ul style="list-style-type: none"> ✓ Desde la instrucción, en los niveles introductorios y en Química General, se presenta las reacciones químicas asociadas a fenómenos observables y que transcurren hasta completarse y en una sola dirección. ✓ Las reacciones químicas corresponden a cambios macroscópicos ✓ Es desde el concepto de equilibrio que se introduce la noción de reversibilidad (Van Driel y col, 1998).
<p>El equilibrio químico se alcanza sin importar desde dónde se inicia la reacción, si se parte de los reactivos o si se parte de los productos</p>	<p>Los estudiantes consideran que aunque la reacción sea reversible es necesario, en lo experimental, partir de los reactivos (Bergquist y Heikkinen, 1990).</p>	<p>La instrucción, representaciones externas: No especificar que el modelo de reacción completa es una idealización lleva a los estudiantes a generar modelos mentales en que siempre se parte de los reactivos o la idea de ausencia de simultaneidad de la reacción directa y la reacción</p>

⁶ entendidas como creencias, teorías, significados y explicaciones (Thomas y Schwenz, 1998)

		inversa (Bergquist y Heikkinen, 1990; Chiu y col., 2002)
<p>El sistema en equilibrio, en una reacción química, se representa mediante el uso de una doble flecha, las cuales pueden tener dimensiones diferentes (Esta es una representación simbólica que los libros de texto utilizan poco) dependiendo del valor numérico de la constante</p> <p>La velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa en el equilibrio</p>	<p>Dan una incorrecta interpretación a la doble flecha (Johnstone y col. 1977), esta representación no se asocia con extensión</p> <p>Para los estudiantes las flechas significan velocidad, no significan extensión</p>	<p>Representaciones externas En general los libros y los profesores utilizan flechas de igual tamaño por lo que los alumnos asocian este símbolo a velocidad y no a extensión. El modelo de reacción, así como no utilizar el nivel microscópico, a través de la cinética, facilita que los estudiantes confundan conceptos del campo termodinámico, como extensión, con conceptos del campo cinético, como velocidad y teoría de colisiones, (Johnstone y col. 1977, Hierrezuelo y Montero, 1988, Wheeler y Kass, 1978; Camacho y Good, 1989)</p>
<p>El término equilibrio en Química tiene significado diferente al que se le asigna en Física.</p>	<p>Genera imágenes visuales fundamentadas en experiencias personales que pueden conducir a misconceptions (Kleinman, Griffin y Kerner, 1987; cita en Bergquist y Heikkinen, 1990). El estudiante asocia con experiencia física basado en macro fenómenos relacionados con su experiencia diaria: un sube y baja, la bicicleta, lo que implica características de reposo, estaticidad (Níaz, 1995a)</p>	<p>Representaciones externas usadas en la instrucción: El lenguaje utilizado, con significados particulares en el campo de la física por lo que se generan imágenes asociados a equilibrio de fuerzas (Níaz, 1995a) Uso de lenguaje asociado al principio de Le Chatelier: el equilibrio se desplaza para contrarrestar la perturbación induce al estudiante a generar una representación interna en que la reacción reversible oscila entre reactivos y productos (Bergquist y Heikkinen, 1990)</p>
Propiedades del Equilibrio Químico		
<p>Dinámico</p>	<p>Estático (Níaz, 1995b, Johnstone y col. 1977; Gussarsky y Gorodetsky, 1990, Quílez y col., 1993 ; Bergquist y Heikkinen, 1990, Níaz, 1995a)</p> <p>Para muchos estudiantes la reacción oscila, igual que un péndulo, entre reactivos y productos, este modelo conduce a que la reacción que origina los productos (la directa) debe completarse antes de iniciarse la reacción inversa (da origen a los reactivos) (Bergquist y Heikkinen, 1990)</p>	<p>Representaciones externas usadas en la instrucción: Presentación aislada e inconexa de los modelos de reacción, sin enfatizar el nivel microscópico. Visión estática del estado estacionario (Johnstone y col. 1977) Reacciones en una sola dirección y que transcurren hasta completarse (Van Driel y col, 1998). En física Equilibrio implica equilibrio de fuerzas (Níaz, 1995a) Uso de analogías en textos y clases (Maskill y Cachapuz, 1989), entre estas analogías el del sube y baja, agua transfiriéndose entre dos</p>

		<p>recipientes por medio de diferentes beakers, un alumno subiendo y bajando un peldaño de una escalera, nadar contra la corriente (Johnstone y col. 1977).</p> <p>Representaciones internas Uso de lenguaje asociado al principio de Le Chatelier: el equilibrio se desplaza para contrarrestar la perturbación induce al estudiante a generar una representación interna en que la reacción reversible oscila entre reactivos y productos (Bergquist y Heikkinen, 1990, Pedrosa y Dias, 2000)</p>
Un sistema en equilibrio puede ser representado por una expresión matemática: la constante de equilibrio: K_{eq} que se expresa en unidades diferentes, si el sistema es gaseoso se utiliza molaridad o presión, si el sistema está en solución se usa unidades de molaridad	Desconocimiento o dificultad para reconocer significado de los símbolos y la taxonomía K_{sp} , K_a , K_b , K_c , K_p , (Camacho y Good, 1989; Quílez y Sanjosé, 1995, Wheeler y Kass, 1978).	La dependencia de la escritura de las reacciones y de los diferentes balanceos posibles genera un número muy grande de situaciones diferentes. Esto genera “imposibilidad” de aprendizaje memorístico
Un sistema en equilibrio puede ser representado por una K_{eq} que depende de la temperatura (T)	<p>*Constante varía</p> <p>*Constante no varía ni al cambiar la temperatura.</p> <p>*Incertidumbre: varía/no varía (Wheeler y Kass, 1978; Hackling y Garnett, 1985; Gussarsky y Gorodetsky, 1990; Quílez, 1997), Voska y Heikkinen, 2000.</p>	<p>No prestan atención a las condiciones (Quílez y Sanjosé, 1995)</p> <p>De manera general los estudiantes desconocen los patrones de argumentación utilizados por los científicos (Yore y Bisanz, 2003; Sardá y Sanmartí, 2000)</p>
Conceptos		
El valor numérico de la K_{eq} es una medida de la extensión	<p>No correlacionan valor numérico de la K_{eq} con concepto de extensión (concepto termodinámico)</p> <p>No atribuyen significado a los valores numéricos (Camacho y Good, 1989)</p>	El modelo didáctico utilizado centra su atención en lo operativo de la resolución de problemas, es decir la aplicación de algoritmos (Níaz, 1995c; Quílez y Sanjosé, 1995)
<p>La constante de equilibrio puede expresarse utilizando diferentes unidades dependiendo del sistema</p> <p>El valor de la K_{eq} puede utilizarse para calcular la composición de un sistema en equilibrio en unas unidades específicas</p> <p>La K_{eq} puede usarse para determinar el avance de un sistema que no está en equilibrio</p>	<p>Dificultad para reconocer significado de los símbolos y la taxonomía K_{sp}, K_a, K_b, K_c, K_p, (Camacho y Good, 1989)</p> <p>Dificultades para correlacionar diferentes expresiones de las constantes, K_p/K_c; K_a/K_b, por lo que no pueden transformar una constante en otras (Camacho y Good, 1989)</p> <p>Dificultades para determinar avance y/o composición de un sistema a partir de las condiciones iniciales (Níaz, 1995c).</p>	<p>Dificultades para operar con las matemáticas, por ejemplo, para despejar un parámetro químico o una relación entre parámetros químicos a partir de una expresión matemática (Camacho y Good, 1989)</p> <p>Reconocer la expresión en símbolos de información dada en prosa y lo contrario (Bandiera y col., 1995).</p> <p>Pasar del lenguaje ordinario al matemático y lo contrario. Reconocer en un gráfico la información dada en prosa (Bandiera y col., 1995)</p>
No se diferencia entre conceptos como velocidad de reacción y	No se utiliza las constantes de velocidad como vía alternativa	Proceso de instrucción, orden en que se introducen los contenidos

constante de velocidad	para cálculo de las Keq (Camacho y Good, 1989)	(Johnstone y col. 1977)
Atribuyen significados diferentes a Extensión, concepto termodinámico, asociado al avance de la reacción y velocidad de reacción, concepto cinético que incluye variable tiempo	Confunden atributos termodinámicos con atributos cinéticos ((Bergquist y Heikkinen, 1990). Los estudiantes atribuyen igual significado a ambos términos y lo asocian a la representación mediante una doble flecha. Tamaño significa velocidad y si los tamaños no son equivalentes significa velocidades diferentes (Johnstone y col. 1977, Hierrezuelo y Montero, 1988, Wheeler y Kass, 1978; Camacho y Good, 1989)	Orden en que se presentan los contenidos en el proceso de instrucción. Se privilegia el enfoque macroscópico sobre el microscópico (Johnstone y col. 1977).
Velocidad		
Velocidades en el equilibrio se igualan Al mezclar reactivos la velocidad de la reacción directa disminuye y la inversa aumenta hasta llegar al equilibrio.	Velocidad directa aumenta y la velocidad inversa varía igual que la directa (Hackling y Garnett, 1985)	Consideran ambas reacciones como una sola que transcurre hasta completarse. En los cálculos estequiométricos se trabajan con reacciones que transcurren hasta completarse.

2. La condición de novatos de los estudiantes como fuente de dificultades de aprendizaje.

La resolución de problemas sobre EQ se caracteriza porque las estrategias empleadas (por estudiantes, profesores, textos) focalizan la atención en los aspectos operativos por lo que sólo requieren la aplicación de algoritmos. Níaz (1995c), reporta resultados que apuntan en la dirección de fortalecer la hipótesis que la resolución de problemas computacionales no implica un manejo acertado del marco conceptual.

Un abordaje utilizado para estudiar el proceso de resolución de problemas en EQ lo constituye la aproximación Experto-Novato. Como consecuencia del comportamiento de novato de los estudiantes, Camacho y Good (1989) logran caracterizar el conocimiento estratégico usado por sujetos exitosos y sujetos no exitosos en la resolución de problemas de Equilibrio Químico. Esta caracterización se muestra en Tabla 3.

Tabla 3: Uso de Heurísticas por sujetos que resuelven problemas de Equilibrio Químico. Tomado de (Camacho y Good, 1989)

Heurísticas	Sujetos exitosos	Sujetos no exitosos
1. Al no ser capaz de resolver una parte previa, se mueven a la siguiente.	muy raro	frecuentemente
2. Usan el método más sencillo si hay varias alternativas.	frecuentemente	muy raro
3. Buscan reconocer similitudes.	frecuentemente	muy raro
4. Comparan la respuesta con requerimientos del problema.	frecuentemente	muy raro
5. Eliminan las variables problemáticas y trabajan con una variable a la	frecuentemente	muy raro

vez.		
6. Controlan la validez de las asunciones.	frecuentemente	muy raro
7. Controlan la respuesta y razonan sobre su adecuación.	frecuentemente	muy raro
8. Uso de conocimiento estratégico.	frecuentemente	muy raro
9. Uso de ensayo y error.	muy raro	frecuentemente
10. Uso de sus propios símbolos químicos que le resultan más fácil de manejar que los del problema.	frecuentemente	muy raro
11. Uso de aproximaciones que faciliten los cálculos.	frecuentemente	muy raro

En general, el comportamiento novato conduce a cometer errores de diferentes tipos cuando deben resolver problemas de EQ. Kousathana y Tsaparlis (2002) clasifican los errores en dos tipos. El primer tipo se denominan errores sistemáticos o misconceptions. Los errores sistemáticos son aquellos que tienen su origen en dificultades de aprendizaje. Generalmente estos errores se traducen en deficiencias en la comprensión y, por lo tanto, en dificultades para apropiarse de los significados. El segundo tipo, los llaman errores azarosos. Éstos son producidos por descuido, apuro o sobrecarga de la memoria de corto plazo. Clasificar un error en una categoría u otra depende del contexto y de la persona que comete el error. Son ejemplos de errores al azar utilizar en la expresión de la constante de equilibrio el número de moles en lugar de concentración o cometer error en el cálculo de la masa molar. Por el contrario, considerar que un aumento de la temperatura siempre implica un aumento de la concentración es considerado una misconception. Un error que puede ser clasificado como misconception o azaroso lo constituye incluir en la expresión de la constante de equilibrio la “concentración de un sólido”.

II.4. Los emisores (el Profesor y/o el libro de texto).

No abundan los trabajos en que se estudian variables como el profesor o el libro de texto. Incluiremos en esta categoría los que centran su atención en el estudio de diferentes estrategias de enseñanza, por ejemplo el uso de analogías.

El tema EQ es identificado como uno de los temas que presenta más dificultades didácticas (Rocha, Scandrolí, Dominguez, y Garcia-Rodeja, 2000). Estudiar el abordaje didáctico es de suma importancia toda vez que se reconoce, en general, que los alumnos no tienen ideas previas sobre el equilibrio químico, es decir, no es posible caracterizar las concepciones previas de los estudiantes con relación a este tema como ingenuas; por el contrario, son inducidas a través del proceso de instrucción (Pozo y col., 1991; Quílez y col., 1993).

A continuación diferentes estrategias propuestas.

- a) *Estrategias que enfatizan naturaleza microscópica apoyada por sistemas de representaciones pictóricas del tipo diagrama-estructura.*

Entre estas dificultades destacan, por ejemplo, el abordaje que se presenta: aproximación macroscópica vs aproximación microscópica. Entiende Johnstone y col. (1977), que una aproximación microscópica facilita caracterizar el equilibrio químico como dinámico.

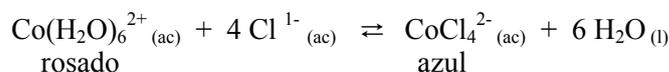
Rocha y col. (2000) proponen, con base a la teoría de aprendizaje significativo de Ausubel, una metodología de Actividades Abiertas que sigue una estrategia didáctica que parte de una realidad significativa para el alumno: un sistema cerrado en el que se tiene agua líquida en equilibrio con agua vapor. Se parte de proponer dos sistemas, agua en un sistema abierto y agua en un sistema cerrado, y se trabaja el sistema de representaciones utilizadas con el fin de establecer semejanzas y diferencias. El objetivo es caracterizar el equilibrio como dinámico. Los autores trabajan con dos grupos. El grupo I, participa de la Actividad Abierta Equilibrio Químico y el grupo II participa de una clase introductoria basada en la lectura y análisis de un texto de introducción a la Química a nivel universitario, que es la forma de trabajo habitual. Se les presenta una representación de un sistema en equilibrio de manera simbólica y con una representación pictórica tipo diagramas de estructura y se les pregunta si la figura puede representar un recipiente donde se produce una reacción en equilibrio. Los resultados muestran que, los estudiantes del grupo I, basan sus interpretaciones en las condiciones del sistema en equilibrio (sistema cerrado, a temperatura constante), lo que indica el procesamiento de la representación pictórica, mientras los alumnos del grupo II señalan que la representación corresponde a una reacción reversible sin hacer referencia a las condiciones del sistema, lo que es indicativo, en nuestra opinión, de procesamiento centrado en la representación lingüística-matemática.

b) *Estrategias con base en cambio conceptual.*

Van Driel, de Vos y Verloop (1999) proponen una estrategia que busca producir cambio conceptual desde una situación experimental. Es una reacción que, de manera explícita, con base a cambio de colores, muestra la reversibilidad de una reacción química. Para explicar esta evidencia experimental se introduce el concepto de equilibrio dinámico como modelo. Explicar la naturaleza dinámica del EQ exige como prerrequisito la idea de simultaneidad.

La propuesta se trabaja a partir de un sistema en que se puede diferenciar predominancia de reactivos o productos en función del color de los compuestos presentes en solución.

El sistema estudiado es:



Este sistema se caracteriza porque la extensión de la reacción está influenciada de manera importante por dos factores: temperatura y cambio de concentración. Al aumentar la temperatura de 25°C a 85°C se favorece la formación de CoCl_4^{2-} . Agregar más cloruro o agua también cambia la posición del equilibrio y, por lo tanto, el color de la solución.

De manera repetida se perturba el equilibrio de modo que de manera repetida el sistema cambie de color rosado a azul y de azul a rosado. Estos repetidos cambios contribuyen a que los estudiantes interpreten sus observaciones en términos de reversibilidad.

c) *Estrategias que enfatizan uso de analogías.*

Las analogías constituyen una estrategia que permite relacionar un contenido complejo con una situación concreta de la vida real que es conocida por los estudiantes. Las analogías como modelo no pueden representar todas las características de la situación con la que se realiza la comparación, por lo que se recomienda el uso de diferentes analogías (Genter y Genter, 1983). La efectividad de las analogías depende de factores como: a) la capacidad para explicar del profesor; b) la familiaridad del estudiante con el análogo; c) la habilidad del profesor y el estudiante para mapear la analogía e interpretar las semejanzas conceptuales y d) factores intrínsecos de la analogía (Harrison y De Jong, 2005). El uso de analogías exige que se presente una síntesis que permita mostrar cuando funciona y cuando deja de funcionar.

Harrison y De Jong (2005), examinan el uso que un profesor hace de múltiples analogías como estrategia de enseñanza. Los resultados reportados se sintetizan a continuación:

- ✓ El profesor identifica claramente tres conceptos claves que presentan dificultad para su aprendizaje por lo que recurre al uso de diferentes analogías como “baile en la escuela”, “subir y bajar una montaña”, “exceso de azúcar en una taza de té”.
- ✓ El profesor hace un esfuerzo por presentar situaciones familiares a la mayoría de los estudiantes. El profesor selecciona analogías que puede relacionar con los conceptos químicos; por ejemplo, relaciona “baile en la escuela” con velocidad de reacción, lo que le servirá de base para introducir el concepto de reacción reversible.
- ✓ El profesor conoce que el modelo analógico deja de funcionar a partir de un punto, sin embargo, no hace énfasis en la ruptura.
- ✓ El profesor utiliza tiempo para recapitular.

Los autores concluyen, a partir de su estudio, que el uso eficiente de las analogías depende de realizar: a) una planificación detallada inicial; b) una evaluación formativa una vez utilizadas; c) reflexión final.

Fabião y Duarte (2005) realizan una investigación con el propósito de determinar los problemas para construir analogías adecuadas y pertinentes que les permitan explicar el tema “alteraciones del estado de equilibrio y el Principio de Le Chatelier”. El grupo en estudio lo forman estudiantes inscritos en un Curso de Formación de Profesores de Escuela Básica en la especialidad de Matemática y Ciencias de la Naturaleza.

Este trabajo aporta los siguientes resultados: a) estos estudiantes mantenían pre concepciones ya reportadas en la bibliografía lo que dificultaba la realización del trabajo de diseño. Un ejemplo de estas pre concepciones es “un sistema químico puede estar constituido por dos subsistemas separados” en contradicción a la idea de simultaneidad. b) los estudiantes seleccionan de manera acrítica los análogos por lo que las analogías generadas no permiten establecer relaciones con variables clave como temperatura y concentración. Reconocido el valor de las analogías como estrategias para promover el aprendizaje, los autores destacan la importancia de “proporcionar situaciones pedagógicas-didácticas donde los futuros profesores sean incentivados a utilizar y/o producir analogías”.

d) *Estrategias que enfatizan enfoques cuantitativos.*

Diferentes autores destacan que enfatizar el uso de enfoques cuantitativos, con base a la expresión de la constante de equilibrio, puede contribuir a superar razonamiento causal lineal. Esta estrategia puede resultar particularmente útil en el tratamiento de los sistemas que una vez alcanzado el estado de equilibrio son perturbados (Quílez y col., 1993; Quílez, 1997, 2006; Tyson y col., 1999).

La representación pedagógica para tratar los sistemas que una vez en equilibrio son perturbados, utilizando la regla de Le Chatelier, tiene serias limitaciones pues promueve un tratamiento mecánico de la respuesta. Las respuestas mecánicas, sin reflexión conceptual, entran en contradicción con el modelo conceptual. Consecuente con esta idea, Quílez (1997) propone una estrategia didáctica en la que el centro sea expresión matemática de la Constante de Equilibrio. La estrategia consiste en comparar el valor del cociente de reacción, Q , el cual se calcula de manera análoga a la constante; esta estrategia produce “*notables mejoras en el aprendizaje de los alumnos*” (p.52). Los alumnos muestran capacidad para manejar correctamente la constante de equilibrio, lo cual, le ha permitido predecir la evolución de un sistema en equilibrio que es perturbado de forma correcta.

Quílez (2006) estudia la respuesta a cuatro problemas que generalmente son utilizados en las pruebas de selectividad, los cuatro problemas pueden clasificarse dentro de lo que se llama Perturbación de sistemas en equilibrio: Principio de Le Chatelier. Los problemas responden a las siguientes perturbaciones: a) cambios de concentración por variación del volumen del reactor; b) adición de un gas reactivo y variación de la presión parcial por cambio del volumen; c) control de variables, cambio de presión, adición de un gas inerte y variación de la temperatura; d) variación de las cantidades iniciales.

Al estudiar las respuestas a estos problemas producidas por profesores de diferentes niveles educativos -31 profesores de Química de educación media activos y 20 químicos recién licenciados- Quílez (2006) encuentra que los profesores dan respuestas que están en contradicción con los significados aportados por la comunidad de químicos. La situación se repite al estudiar las respuestas a problemas similares aportadas por los autores de libros de texto; en el estudio se analizan libros de selectividad, libros de 2do de bachillerato y libros de Química general. Estos resultados confirman la hipótesis que muchos de los errores, en el caso del equilibrio químico, son producidos y/o reforzados durante la enseñanza. Algunos autores identificar estos errores con concepciones alternativas, por ejemplo, Kousathana y Tsaparlis (2002) y Pedrosa y Dias (2000).

Pedrosa y Dias (2000) aportan datos que contribuyen a fortalecer la idea de que los medios utilizados en la enseñanza pueden producir o reforzar concepciones alternativas. Las autoras encuentran relación entre el lenguaje utilizado en el texto y algunas de las concepciones de los estudiantes. En su trabajo, Pedrosa y Dias vinculan concepciones alternativas de los estudiantes con extractos problemáticos del lenguaje utilizados en los libros de texto, algunos de ellos constituyen paráfrasis de las concepciones alternativas. Por ejemplo.

Palabra o frase problemática	Significado que atribuye el autor	En el texto
El equilibrio	Sistema equilibrio/ mezcla de reacción en equilibrio	<p>“Ecuación <u>del equilibrio</u>”</p> <p>“calcular la concentración de todas las partículas en <u>el equilibrio</u> y la constante correspondiente <u>al equilibrio</u>”</p> <p>“cuando <u>el equilibrio</u> representado por [...] se establece”</p>

A partir de los resultados, las autoras concluyen la importancia de usar el lenguaje conceptual utilizado en la enseñanza de manera correcta y exacta para que se pueda producir un aprendizaje de calidad. Es preciso prestar atención para distinguir observaciones de interpretaciones y hacer los niveles de análisis explícitos.

II.5. Síntesis

En resumen, se puede destacar que se ha encontrado una gran cantidad y diversidad de trabajos producidos sobre la enseñanza-aprendizaje del concepto equilibrio químico. El volumen de trabajos producidos evidencia, sin lugar a dudas, la preocupación por las dificultades que conlleva apropiarse de este modelo conceptual.

Una de las preocupaciones que surge con mucha fuerza lo constituye la no comprensión conceptual que se evidencia aunque los estudiantes se muestren capaces de resolver problemas. No obstante son limitados los trabajos que exploran esta orientación. Se asume, como desafío, encontrar una representación pedagógica que permita superar esta limitación.

La estrategia utilizada por los investigadores para determinar las dificultades de aprendizaje consiste en presentar problemas para resolver. De allí podemos inferir que hay un cierto consenso en asociar comprensión conceptual a la posibilidad de aplicar los conceptos a la solución de problemas.

Las dificultades más resaltantes son las que se producen como consecuencia de lo complejo del modelo y su interdependencia del aprendizaje previo. Básicamente, se refiere a dos tipos diferentes de requisitos: a) conocimientos y b) habilidades. Se trata de la comprensión de conceptos claves como reacción, mol y habilidades de representación cuyo dominio también es problemático.

Los trabajos realizados hasta el momento buscan identificar: a) la red de relaciones conceptuales; b) los errores que cometen los estudiantes, los profesores y los textos; c) explorar nuevas estrategias didácticas que permitan superar la resolución mecánica de problemas, en particular, se ha estudiado extensamente cómo superar la mecanización en las respuestas cuando se perturba un sistema en equilibrio y d) las representaciones externas como fuente de dificultades de aprendizaje.

Los temas más trabajados son los que exploran las dificultades de los estudiantes y posibles estrategias instruccionales. Resaltan las estrategias que se propone razonar a partir de la constante de equilibrio. Esta estrategia debe emplearse con atención porque puede conducir a la mecanización matemática.

No encontramos referencias a los sistemas de representaciones pictóricas utilizados en la enseñanza del EQ. Se localizó un trabajo que hacía referencia a los sistemas

de representaciones lingüísticas y la problemática que genera si este sistema no se utiliza en forma correcta y exacta. Es posible que los sistemas de representaciones pictóricas generen, a su vez, problemas de comprensión y/o consolidación de concepciones alternativas.

En este trabajo se exploran los sistemas de representaciones externas, tipo pictóricas, como fuente de dificultades de aprendizaje. Se acepta como requisito previo para apropiarse de los modelos conceptuales conocer los diferentes sistemas de representaciones externas que permiten “hablar” en el área Química. En este trabajo se propone caracterizar estos sistemas de representación con particular énfasis en los sistemas de representaciones pictóricas. El propósito es examinar la posibilidad de convertir en contenidos las habilidades requeridas para dominar los recursos semióticos con los que se construye el lenguaje químico.

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

III.1. NATURALEZA REPRESENTACIONAL DEL CONOCIMIENTO.

En este capítulo, se presentan los fundamentos teóricos sobre los que se ha construido el desarrollo de la investigación, y que ha permitido profundizar en el estudio de la naturaleza representacional del conocimiento.

Asumiendo el presupuesto de que la ciencia es “*un discurso sobre la materialidad del mundo*” (Lemke, 1998b, p. 2), se focaliza la atención en la caracterización del sistema de signos utilizados para construir el lenguaje en un campo específico de conocimientos⁷, por ejemplo el lenguaje químico empleado para construir el discurso sobre equilibrio químico.

El lenguaje químico es un tipo de lenguaje con características tales que permite “hablar” sobre la materia y sus transformaciones. Por eso con frecuencia combina representaciones lingüísticas con diferentes tipos de representaciones pictóricas, lo que conforma un sistema híbrido o multirepresentacional. Es un lenguaje que permite construir un discurso por medio del cual el autor presenta contenidos, describe o explica situaciones concretas, orienta al lector sobre lo que considera más importante, en fin, es un discurso que cumple diferentes funciones.

Dos conceptos, provenientes de campos disciplinares diferentes, pero en nuestra opinión equivalentes, resultan clave en el estudio del lenguaje científico. Nos referimos al concepto de **representación**, de uso frecuente en la psicología cognitiva, y el concepto de **signo** ampliamente utilizado en semiótica; conceptos que resultan de gran interés para el desarrollo teórico que presentaremos.

Un abordaje teórico que permite el estudio del lenguaje es la semiótica, que es un campo empleado como referencia por diferentes autores, entre ellos: Lemke (1993, 1998a, 1998b); Han y Roth (2006); Perales (2006); García y Perales (2007); Roth y McGinn (1997, 1998); Roth y Bowen (1999, 2001); Pozzer y Roth (2004, 2005); Matus, Benarroch y Perales (2008).

La semiótica se entiende como “*la ciencia general de los signos lingüísticos*” (Perales, 2006, p.15), lo que permite estudiar los diferentes sistemas de representación y cómo se puede atribuir significados utilizando las representaciones externas (signos) con las que se construye el discurso. Para Lemke (1994) el abordaje semiótico hace posible analizar cómo el discurso define el fenómeno, a diferencia del abordaje disciplinar que permite establecer cómo el fenómeno es descrito por el discurso.

Diferenciar el lenguaje científico del lenguaje cotidiano nos lleva a reconocer al primero como un lenguaje especializado que permite elaborar un discurso

⁷ Se trata de un “lenguaje científico” que presenta características diferentes al “lenguaje cotidiano” aunque se haga uso de los mismos signos.

caracterizado por: a) el uso de un vocabulario particular al que se atribuyen significados únicos, b) la construcción de redes semánticas particulares capaces de generar un estilo y c) tipos estandarizados de documentos que definen verdaderos géneros, que se reconocen como “*patrones únicos para el discurso científico*” (Brown, 2006, p.98). De ahí que autores como Lemke (1994), entre otros, planteen que aprender ciencias tenga como primer requisito hablar el mismo lenguaje que los científicos, lo cual exige un proceso de enculturación o de alfabetización científica.

Para Lemke (1994) la alfabetización científica tiene dos significados diferentes:

- a) Estar familiarizado con los conceptos y hechos científicos, en un área del saber;
- b) Tener la habilidad para utilizar un complejo aparato representacional, habilidad que es usada con el propósito de razonar o calcular dentro de un campo de conocimiento.

Es decir, se trata de una manera particular de razonar, calcular, “hacer”, en el marco de ese campo, lo que permite definir una comunidad de discurso. Es una habilidad que determina una práctica específica.

La semiótica entiende la alfabetización desde esta segunda perspectiva y el aprender a operar con este aparato representacional depende de la interacción con la comunidad de discurso.

Aceptar que el lenguaje científico es diferente al lenguaje cotidiano tiene claras implicaciones para la enseñanza de las ciencias porque exige encontrar la representación pedagógica que facilite el proceso de enculturación, es decir, que facilite la incorporación del aprendiz a la comunidad discursiva.

A continuación presentamos un cuadro comparativo (Tabla 4) en el que se especifican las diferencias entre el lenguaje científico y el cotidiano, ambos grupos de características han sido sintetizadas a partir de los planteamientos de Lemke (1993).

Tabla 4: Características comparativas del lenguaje común y lenguaje científico

Lenguaje común	Lenguaje científico
✓ Los seres y cosas se designan por nombres y los procesos por verbos	✓ Se nominalizan los procesos y los verbos expresan relaciones no acciones
✓ Representa un mundo dinámico en que los eventos están sucediendo constantemente. Predominan narraciones que relatan secuencias lineales de eventos	✓ Los procesos y eventos son congelados por el proceso de nominalización, es mas importantes colocarlos en una estructura
✓ Siempre está presente un narrador	✓ Descontextualizada
✓ No es necesario reflexionar a cada momento, es lineal presenta un orden secuencial que al ser establecida se mantiene	✓ Requiere más reflexión para procesarlo por eso es estructural
✓ Es automático, se parece más al lenguaje oral.	✓ Se parece más al lenguaje escrito
✓ La gramática es más compleja e intrincada	✓ La gramática es más sencilla pero tiene una mayor densidad léxica porque casi todos los términos que se usan conllevan significados interrelacionados a una estructura conceptual
✓ Polisemia, es decir, diversidad de significados la comunicación permite negociar los significados	✓ Significación unívoca, dificultando la comunicación por la inexistencia de negociación (monosemia)
✓ Redundancia	✓ Economía
✓ Variabilidad situacional	✓ Invariabilidad situacional
✓ Usado en la cotidianidad no requiere evidencia	✓ Usado con un nivel teórico, abstracto, requiere el uso de evidencias en la construcción de argumentos

III.1.1. EL CONCEPTO DE REPRESENTACIÓN

DEFINICIÓN

El estudio de la naturaleza del conocimiento desde el punto de vista de la psicología cognitiva, encuentra sus fundamentos teóricos en las ciencias cognitivas, cuya hipótesis central según Thagard (1997 citado en Greca, 2000): *el pensamiento puede entenderse mejor si se asume que la mente dispone de una estructura que es representacional sobre la que operan procesos computacionales.*

Esto implica que el pensamiento puede entenderse como una dualidad estructura/procesos. En los sistemas de representación de la mente, podemos afirmar que el modelo más aceptado y desarrollado desde el punto de vista teórico y experimental es un modelo representacional-computacional. Desde este enfoque se entiende como representación:

“ ... Cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que re-presenta (vuelve a presentar) algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación, en ausencia de ella” Eysenk y Keane (1990, p.202).

En esta definición Markman (1999; citado en Greca, 2000) identifica cuatro componentes: un mundo representado, un mundo representante, unas reglas de representación y un proceso que usa la representación.

- a) **Mundo representado:** está asociado al contenido, por lo que nos refiere al dominio de las representaciones, es decir, a la “realidad”. Destacamos que esta realidad puede ser interna o externa.

En el campo de la Química el *mundo representado* remite a lo observable; se corresponde al estudio de los cambios tal y como se producen en la naturaleza o en el laboratorio. Por ejemplo, en este nivel macroscópico los científicos tienen la noción de masa de la materia como una invariante del sistema en todas las transformaciones (ley de la conservación de la masa).

- b) **Mundo representante:** es el dominio que contiene la representación; se expresa por signos, notaciones o símbolos que “sustituyen” al mundo representado. El mundo representante puede tener características simbólicas o analógicas, y constituye un sistema que permite preservar alguna información del mundo representado.

Es preciso destacar que el mundo representante no es equivalente al mundo representado porque en el mundo representante no se representa toda la información. Es frecuente, en las ciencias naturales, que el mundo representante sea una “idealización” o simplificación del mundo representado.

Nos preguntamos: ¿Cómo se caracteriza el mundo representante en el área de Química?

En Química, desde los griegos hasta nuestros días, se asume la hipótesis atómica: “todas las cosas están formadas por átomos”⁸. En correspondencia con esta hipótesis se desarrolla un sistema simbólico capaz de representar a la materia así como las transformaciones que la misma experimenta. Este sistema de símbolos contiene los siguientes postulados:

- ✓ La materia está formada por partículas (átomos, iones, moléculas),
- ✓ Todos los átomos de un mismo tipo son iguales, por lo que deben ser representados por el mismo símbolo y se necesitan tantos símbolos - diferentes- como tipos de átomos se conozcan (alrededor de 107 símbolos).
- ✓ A partir de la ruptura o formación de enlaces entre estas partículas se puede explicar el cambio químico. La representación del cambio químico utiliza la analogía de las ecuaciones matemáticas para representar los estados inicial y final de los sistemas químicos que experimentan procesos de cambio. El sistema de símbolos constituye un lenguaje particular cargado de significados.

c) **Reglas de representación:** el tercer componente de la representación son las reglas que nos permiten relacionar el mundo representado con el mundo representante, es decir, son las reglas que nos permiten, a través de un proceso cognitivo, atribuir significado a las representaciones. Relacionar el mundo representado con el mundo representante se logra por un proceso de mapeo, el cual no necesariamente es uno a uno, sino que varios elementos del mundo representado pueden corresponder con un único elemento del mundo representante.

En Química, las *reglas de representación*, son “impuestas” por las leyes, principios o teorías. Por ejemplo, las partículas deben conservarse en un cambio químico, lo que conduce a la necesidad de equilibrar las ecuaciones químicas para asegurar la conservación de los átomos. Un segundo ejemplo lo constituye la geometría molecular (localización espacial de los átomos en una molécula) la cual responde a la distribución espacial de los orbitales atómicos (o moleculares del átomo central); esta distribución debe ser tal que minimice las fuerzas de repulsión entre los electrones.

En el discurso de la ciencia es posible diferenciar dos tipos de reglas, que son ambas utilizadas para relacionar el mundo representado y el mundo representante. El primer tipo de reglas son de carácter general y están asociadas a competencias para “hablar” un tipo de lenguaje particular, por ejemplo, el lenguaje matemático, es un lenguaje cuyos sistemas de representación siguen sus propias reglas, como las que aparecen implícitas en un gráfico cartesiano. El segundo tipo de reglas se vincula al dominio de una disciplina particular, que está determinado por un contexto paradigmático y situacional en un área de conocimiento.

⁸ Atomismo griego (400 aC), teoría atómica de Dalton, (1789), mecánica cuántica son evidencia del cambio de modelo sin alterar la hipótesis básica: la materia está formada por átomos.

- d) **Proceso requerido para interpretar la representación:** El cuarto componente de la representación es el determinante; los otros tres sólo generan una representación potencial. **Los signos son representaciones en la medida que existe un proceso que permite interpretarlos.** Son estos procesos los que determinan los significados. Ejemplos de *procesos requeridos para interpretar una representación* los encontramos en el proceso de comprensión al leer un texto de Química, o en el proceso de resolución de un problema de equilibrio químico a partir de un enunciado construido con diferentes sistemas de representación.

Encontramos un cierto paralelismo entre los componentes propuestos por Markman y los propuestos por otros autores como Zhang(1997), quien al definir las representaciones externas identifica el conocimiento y la estructura como parte del mundo representante, las reglas externas, restricciones o relaciones como parte de las reglas de representación y un proceso perceptual como los procesos de la representación. Para este autor, los componentes de las representaciones externas son:

- a) El *conocimiento y la estructura* en el ambiente, por ejemplo, símbolos físicos (el símbolo Al que denota al aluminio, y sus propiedades metálicas), objetos (un gas encerrado en un pistón con un émbolo móvil) o dimensiones (los tamaños relativos de los átomos en una estructura del tipo ball-stick).
- b) Las *reglas externas, restricciones, o relaciones* (implícitas o explícitas) en la configuración física, por ejemplo, al escribir el número 12, las posiciones de las cifras refieren a unidades y decenas. Otro ejemplo lo encontramos al escribir la representación de un cambio químico, como $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g})$; las sustancias que se escriben del lado izquierdo de la flecha representan los reactivos, mientras que las que se escriben del lado derecho representan los productos. La regla mediante la cual representamos el número de átomos que forman una molécula, es también un ejemplo. Para esta representación utilizamos números que se escriben como subíndices, así, CO_2 nos indica que tenemos una molécula conformada por un átomo de carbono y dos átomos de oxígeno.
- c) En cuanto al *procesamiento de las representaciones externas*, para Zhang (1997) la información contenida en una representación externa sólo puede ser seleccionada, analizada y procesada a través del sistema perceptual, aunque reconoce que las representaciones internas del conocimiento conceptual pueden facilitar o inhibir el proceso de percepción.

CLASIFICACIÓN DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS (RE)

Reconocemos dos grandes tipos de representaciones: las externas y las internas (Eysenk y Keanne, 1990). Sin embargo, sólo recientemente se ha hecho explícita la necesidad de diferenciar entre ambos tipos de representaciones. Tradicionalmente en las ciencias cognitivas sólo se consideraban las representaciones internas. Con frecuencia ambos conceptos se trataban como equivalentes en los estudios. De igual manera, al trabajar con representaciones que tienen ambos componentes (externas e internas) se las trataba como representaciones internas (Zhang, 1997; Greca y Moreira, 2002).

Las representaciones externas pueden agruparse atendiendo básicamente al **formato** utilizado en dos grandes grupos: **lingüísticas y pictóricas** (Eysenk y Keane, 1990) y/o **descriptivas y depictivas** (Schnotz y Bannert, 2003). Las representaciones externas tipo pictóricas o depictivas, también se conocen como **incrustaciones** (Roth y col., 1999); **representaciones gráficas** (Lieben y Downs, 1992); **imágenes visuales** (Otero, 2003); **gráfico-visuales** (Lemke, 1998b).

Para Eysenk y Keane (1990) las representaciones externas que dependen de las palabras u otras anotaciones escritas y se denominan **representaciones lingüísticas**. Las **representaciones lingüísticas (REL)** son representaciones de carácter atómico que se caracterizan porque la relación entre la señal lingüística y lo que la señal representa es arbitraria, son representaciones simbólicas, no analógicas. Se construyen utilizando un conjunto de símbolos, con una estructura arbitraria, que se relaciona con el contenido que representa por medio de una convención. El sistema de signos y el conocimiento de las reglas permiten utilizar la representación para establecer relaciones y atribuir significados.

Por su parte las **representaciones pictóricas (REP)** son representaciones molares que aportan información espacial, es decir, información con un sentido de conjunto. En consecuencia, este tipo de representación nos “dice” más sobre el mundo que una representación lingüística. Utiliza signos icónicos los cuales permiten inferir información relacional. Ésta se extrae a partir de las características estructurales y se relaciona con el contenido que representa a través de características estructurales comunes.

El grupo de representaciones pictóricas que constituyen análogos al modelo conceptual que usa la representación, son más abstractas y complejas, por tanto, la demanda cognitiva es mayor al realizar el proceso de atribución de significados.

Finalmente, está el grupo de las representaciones pictóricas más abstractas constituido por aquellas representaciones en las que la relación situación/representación es arbitraria; éstas responden a funciones matemáticas. Por ejemplo en el caso de los gráficos cartesianos, las reglas desempeñan un papel importante para dirigir el proceso de atribución de significados. A continuación, se muestran, resumidas en la Tabla 5, las propiedades de las representaciones lingüísticas y pictóricas

Tabla 5: Propiedades de las Representaciones Externas Lingüísticas y Pictóricas

REPRESENTACIONES EXTERNAS		
Clasificación	Lingüísticas (simbólicas) proposicionales	Pictóricas (analógicas)
Ejemplo	El oxígeno es un elemento, porque está formado por dos átomos de igual número atómico.	El diagrama de una molécula de oxígeno, si un átomo de oxígeno se representa por  la molécula será 
Propiedades	Está formada por un conjunto de símbolos individuales. Existe una unidad menor que puede ser utilizada. Son atómicas, discretas y explícitas.	No se forma con unidades específicas; es una aproximación molar. No es discreta. Puede representar la cosa de manera implícita.
	Es abstracta porque la información que caracteriza puede ser adquirida a partir de	Es concreta porque se relaciona específicamente con la modalidad visual de

	cualquier forma de percepción.	percepción.
	La relación entre símbolos es arbitraria; de allí la importancia de las reglas para la combinación de estos símbolos.	No se requiere de símbolos diferentes para representar lo que se quiere. Las relaciones se muestran de manera implícita a partir del conjunto

Las propiedades que hemos señalado permiten que las representaciones externas sean utilizadas para realizar tareas cognitivas. Estas propiedades permiten (Zhang y Norman, 1994):

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

En el caso particular del lenguaje químico, son ejemplo de representaciones lingüísticas los símbolos químicos con los que se representan los elementos: carbono, C; magnesio, Mg; cobre, Cu,... En contraste, las representaciones de objetos como un termómetro o un recipiente (ver figuras 27a y 27b; p.97) son representaciones pictóricas analógicas.

En Química interesa un tipo particular de representación pictórica que **no es análogo** al mundo real, sino más bien, **es análoga al modelo conceptual que representa**. Se puede identificar como tal, la representación de una estructura molecular, la cual informa sobre el tipo de átomos que conforman la estructura de un compuesto, la localización espacial de esos átomos, los radios atómicos y las longitudes de enlace. Este tipo de representación lo encontramos también en las diferentes representaciones de una molécula de metano, CH₄ (Figura 6), o la representación de una molécula de flutamida mostrada en la Figura 26 (p. 94).

Analicemos el caso de una molécula de metano cuya estructura puede representarse utilizando diferentes formatos, algunos de los cuales, se muestran en la Figura 6.

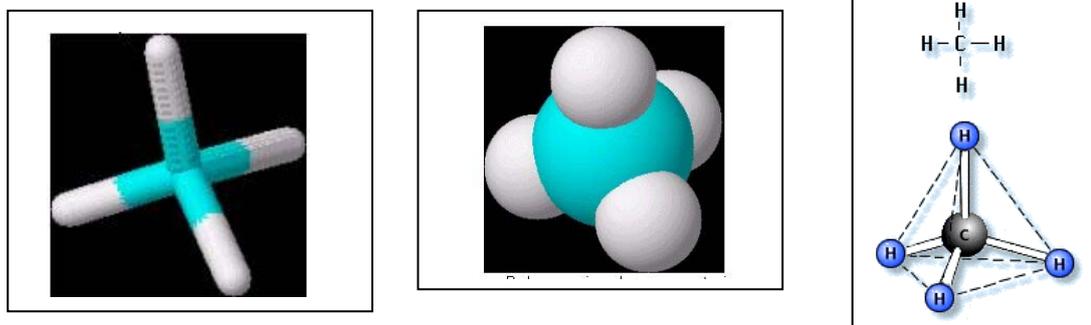


Figura 6: Representaciones Estructura de la Molécula de Metano

Como ya se ha señalado, la representación aporta información a través de la percepción; en este caso particular nos informa sobre: el tipo, número y

distribución espacial de los átomos que conforman la molécula, utilizando figuras, formas, colores y sombras como recursos para la representación.

De la información que está implícita en la representación de la molécula de metano se puede afirmar que la molécula de metano está constituida por un átomo de carbono y cuatro átomos de hidrógeno; el átomo de carbono es el átomo central (azul); los átomos de hidrógeno se orientan hacia los vértices de un tetraedro formando ángulos de enlace HCH de aproximadamente 109° ; el átomo de hidrógeno tiene menor radio que el átomo de carbono (determinado por el tamaño de las esferas en los modelos ball-stick)

PAPEL DE LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS.

Las representaciones externas pueden cumplir diversos papeles o funciones, dependiendo de la perspectiva desde donde se enfoque.

a) Ayudar a la memoria y realización de tareas cognitivas.

Para muchos autores, inscritos en un abordaje psicológico, las representaciones externas actúan como ayudas de memoria que contribuyen a ampliar la memoria de corto plazo.

Algunas representaciones externas como diagramas, gráficos y dibujos son utilizadas para realizar tareas cognitivas como razonamiento, solución de problemas y toma de decisiones (Zhang, 1997). Chambers y Reisberg (1985) y Reisberg (1987) demuestran que dibujos externos permiten acceder a un tipo de conocimientos y habilidades que no se encuentran en las representaciones internas. Del mismo modo, el sistema de escritura es una ayuda externa que permite transformar la cognición porque ayuda a estructurar el discurso (Olson, 1996).

b) Presentar contenidos

Desde la perspectiva semiótica las representaciones externas permiten presentar contenidos específicos dentro de un campo de conocimiento. Es decir, cada campo tiene un sistema particular de representaciones externas que permite a los practicantes, dentro de ese campo escribir, hablar y realizar las tareas correspondientes al mismo. En definitiva, las representaciones externas constituyen el lenguaje de la comunidad que trabaja dentro de ese campo: la comunidad de discurso (Lemke, 1998a, 1998b; Roth y Bowen, 1999, Roth y McGinn, 1997; Roth y col; 1999; Bowen y col., 1999). Es necesario adquirir este lenguaje para poder acceder a los significados dentro del campo.

De acuerdo con Lemke (1998b), dentro de una comunidad de discurso las representaciones externas permiten cumplir básicamente cuatro funciones si el proceso se analiza desde los significados y los recursos que se pueden activar para que el lector logre compartir los significados con el autor. Estas funciones son: a) una **función paradigmática**, el autor presenta unos contenidos; b) una **función situacional**, a partir de los contenidos se concreta la descripción de situaciones particulares; c) una **función sintagmática**, el autor recurre al uso de diferentes sistemas de signos a partir de los cuales se ensamblan los diferentes formatos. Para

usar los signos es necesario establecer acuerdos y convenciones; a partir de éstas se logra como característica del lenguaje científico los significados consensuados. Finalmente destacamos: d) **función de intertextualidad**, que es una función en la que el lector debe relacionar el nuevo texto con los textos ya conocidos con el fin de comprender el discurso.

En un nivel más global, desde la perspectiva del emisor, podemos afirmar que el discurso cumple tres funciones: a) de presentación, b) de organización, y c) de orientación. Para facilitar el proceso de comprensión, el responsable de la emisión del mensaje determina el contenido que va a exponer (función presentación) y lo organiza en una estructura (función organización). Definido ese contenido y su organización selecciona los recursos representacionales que orientarán al lector a prestar atención a los aspectos que el autor considera más relevantes (función orientación).

c) *Facilitar el proceso de comunicación en clases.*

Para Roth y McGinn (1998) las representaciones pictóricas (que en su trabajo se denominan incrustaciones) desempeñan un papel importante en las comunicaciones que se establecen en el aula porque:

- ✓ Ofrecen un punto de partida para el desarrollo de la conversación alrededor del tópico de interés.
- ✓ Se convierten en recursos para ejemplificar el significado.
- ✓ Permiten mediar entre los miembros de dos comunidades de discurso. Por ejemplo en la interacción docente/estudiante en torno a la representación, se negocian nuevas maneras de hablar más acorde con el discurso propio de un campo específico de conocimiento.
- ✓ Cumplen una función retórica porque la representación se utiliza para argumentar.

III.1.2. EL CONCEPTO DE SIGNO

La semiótica estudia los códigos que subyacen a la comunicación (Han y Roth, 2006). El concepto de signo es clave en esta aproximación porque nos permite estudiar cómo atribuimos significados a partir de la creación e interpretación de los “signos” (Chandler, 2001). La semiótica puede ser entendida como la codificación de símbolos inmersos en un contexto cultural (Lemke, 1994). Por ejemplo, en el contexto matemático el signo “ $>$ ” significa “mayor que”, significado distinto al que se asigna en lingüística. Resalta así la *dependencia del proceso de atribución de significados del contexto* en el cual se utiliza el signo. En el lenguaje de la ciencia el contexto nos lleva a la disciplina, en primer lugar, y luego a los modelos conceptuales.

Conceptualizamos los **signos** como trazos materiales que remiten al lector a “algo” diferente al signo; este “algo” es el referente -o contenido- del signo (Roth, 2002). Los signos se nos presentan con diferentes **formas**, por ejemplo, palabras, imágenes visuales, sonidos, olores, objetos y acciones. Sin embargo, no tienen un significado intrínseco y sólo pueden ser considerados signos cuando les podemos atribuir significado a través de un proceso de generación de representaciones internas. En este sentido los significados que se pueden atribuir a los signos

dependen de un campo específico de conocimiento. Así, la palabra estado es un signo que puede significar **estado** de la materia en el campo de la Química, o una división política si estamos en el campo de la Geografía. Así mismo, en el contexto químico el signo “C” significa “átomo de carbono”. Resalta, pues, la *dependencia del proceso de atribución de significados del contexto* en el cual se utiliza el signo.

Son numerosos los ejemplos de las dificultades para la comprensión que genera la dependencia del contexto, cuando se aprende a establecer una relación forma-concepto dentro de la Química. Así observamos, que ante el enunciado “la síntesis del amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno”, un grupo de estudiantes establece una relación entre el signo *síntesis* y el concepto “resumen”, en vez de la producción de un producto utilizado en Química. El no considerar el contexto de la disciplina (la Química), dificulta el establecer una relación que les permita asociar el signo “síntesis” al contexto “producción de amoníaco” o “producto de la reacción entre los reactivos”.

Este ejemplo ilustra cómo la enseñanza de la ciencia es, en gran medida, dependiente de las reglas de representación, porque éstas tienen su origen en los modelos conceptuales.

CLASIFICACIÓN DE LOS SIGNOS.

Los signos pueden ser clasificados en tres grandes grupos, en atención a la relación entre el mundo representado y el mundo representante (Chandler, 2001):

- ✓ **Símbolos:** cuando la relación entre representación y lo que ésta representa es arbitraria, el signo se define como un símbolo. Es decir, no hay relación de semejanza o analogía, entre la forma y el contenido.
- ✓ **Icono:** cuando la relación entre la representación y lo que ésta representa es de similitud, o análoga, definimos el signo como un icono.
- ✓ **Señal:** cuando la relación entre el signo (representación) y el objeto no es arbitraria, sino que guarda una relación que permite conectarlas de alguna manera, por ejemplo, el humo del cigarrillo y el cigarrillo. Dentro de este grupo, se incluirían los registros de una fotografía o una película de video, síntomas médicos como dolor o salpullido, instrumentos de medida como un termómetro o un reloj, marcas personales como la letra o una frase típica de uso frecuente y algunas palabras señal como qué, aquí, esto, allí.
La conexión puede ser observada, como en el ejemplo del humo, o inferida como cuando “leemos” un espectro de resonancia y asociamos un pico que aparece a una determinada longitud con la presencia de protones, o cuando el termómetro marca 40 ° y decimos que el niño tiene fiebre.

A manera de síntesis podemos señalar:

El concepto de representación externa utilizado en las ciencias cognitivas puede equipararse al concepto de signo utilizado en la semiótica; semejanza que se extrapola a los componentes. Esta equivalencia se evidencia en la comparación de las definiciones:

REPRESENTACIONES EXTERNAS

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

SIGNOS

Son trazos materiales que remiten al lector a “algo” diferente al signo; este “algo” es el referente -o contenido- del signo (Roth, 2002)

A continuación se especifican las equivalencias entre ambos conceptos son:

<i>Cualquier notación, signo o conjunto de símbolos...</i>	Son trazos materiales...
<i>Re-presentan (vuelve a presentar) algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación. en ausencia de ella</i>	remiten al lector a “algo” diferente al signo

III.1.3. LAS REPRESENTACIONES EXTERNAS TIPO PICTÓRICAS (REP).

Definición

En esta sección se profundiza en el estudio de las representaciones *pictóricas* (Eysenk y Keane, 1990) también llamadas en la literatura *imagísticas* (Lemke, 1998b), *depictivas* (Schnotz y Bannert, 2003), *gráficas* (Postigo y Pozo, 1999) *inscripciones* (Roth y col. 1999) e *imágenes visuales* (Otero, 2003). Estas denominaciones se refieren a representaciones que incluyen las tablas, los gráficos, los diagramas, los dibujos y las fotografías. Algunos autores incluyen también dentro de esta categoría (Roth y col., 1999) las ecuaciones matemáticas (que permiten extender el lenguaje incorporando los significados cuantitativos), las salidas en pantalla de las computadoras, y las micrografías.

En algunos textos utilizados con fines pedagógicos estas representaciones se denominan *Ilustraciones* (Petrucci, Harwood y Heirring, 2003) o *Figuras* (Brown, Burnsten y Burdge, 2004).

Aunque este tipo de representación es parte constituyente del lenguaje científico, y por lo tanto ampliamente utilizado, es común que los lectores estén menos familiarizados en su uso que con del texto verbal. Los estudiantes, en general, tienen dificultades para “leer” fórmulas matemáticas, notas musicales, películas de cine, gráficos, y esto ocurre, básicamente, porque no están familiarizados con el dominio del contenido, los signos y las convenciones que regulan su uso (Roth, 2002)

Las representaciones pictóricas son representaciones visuales que se caracterizan por su capacidad para resumir información, sin embargo, mientras más información se resume en la representación más compleja es su decodificación y, por lo tanto, es más difícil de reconstruir (Latour, 1987). Desde una perspectiva pedagógica interesan los recursos de los que dispone, o de los que se puede dotar, al aprendiz para la deconstrucción.

Las representaciones externas tipo pictóricas (REP) son reconocidas como representaciones externas que se componen de signos incorporadas en un medio (papel, computadora,...). Estas REP se pueden mover de un medio a otro sin que se modifiquen las relaciones entre los signos en el proceso (Roth y McGinn, 1998).

Son ampliamente utilizadas en el contexto del quehacer científico porque permiten mostrar relaciones continuas (significados topográficos), pero sobre todo permiten establecer una relación dialéctica con el fenómeno que representan. La representación pictórica permite re-presentarnos el fenómeno lo cual se dificulta en ausencia de la representación.

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

Por su carácter molar, cada género de representación pictórica, es capaz de resumir gran cantidad de datos y permite “hablar” sobre aspectos específicos de los fenómenos o de las ideas, por lo que cada uno cumple un papel insustituible en la construcción del discurso. Así, por ejemplo, al usar los diagramas de estructura y el sistema de fórmulas y ecuaciones químicas hacemos referencia a la estructura de la materia y sus cambios en un nivel microscópico; las fotografías nos permiten referirnos a la materia y sus propiedades macroscópicas (color, estado,...); las secuencias de fotografías nos permiten “hablar” de las transformaciones a medida que transcurre el tiempo; las tablas y los gráficos cartesianos nos facilitan hablar de la covariación de medidas continuas (Lemke, 1998b) haciendo posible la tarea de comparación.

La Química emplea un tipo específico de representación pictórica constituido por el sistema de símbolos químicos y los diagramas de estructura que tienen la propiedad de representar la materia y sus transformaciones tanto en el nivel macroscópico como el microscópico. Al mismo tiempo llevan implícita información cualitativa y cuantitativa (Gabel, 1998, Johnstone, 1993). Por ejemplo, en la Química General introductoria, los estudiantes deben ser capaces de modelar una reacción química utilizando representaciones simbólicas o representaciones pictóricas (Santos y Greca, 2003; Santos y Greca, 2005). En particular, deben representar la síntesis del amoníaco utilizando cualquiera de estas representaciones que son equivalentes (Fig. 7)

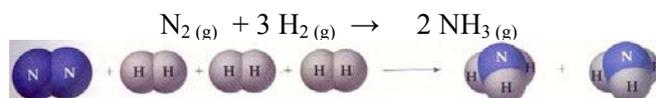


Figura 7: Síntesis de amoníaco. Representación simbólica y pictórica

Ambos tipos de representaciones permiten hacer referencia a los elementos y/o compuestos que intervienen en la reacción, así como a los átomos (tipo y número) involucrados y su reordenamiento, lo que facilita la interpretación microscópica de los fenómenos observables.

En conclusión, podemos afirmar que los químicos han desarrollado un sistema de recursos semióticos, el lenguaje químico, que, como ya hemos mencionado, permite expresarse en diferentes formatos y diferentes niveles de representación con el propósito de hablar sobre la materia, sus propiedades y sus

transformaciones, promoviendo la búsqueda de las explicaciones de las propiedades y transformaciones desde una perspectiva microscópica, aceptando como postulado que la materia está formada por átomos.

III.1.3.1. EL MUNDO REPRESENTANTE EN LAS REPRESENTACIONES PICTÓRICAS: LOS FORMATOS, CLASIFICACIÓN REP.

Los autores revisados nos proponen sistemas de clasificaciones diferentes para agrupar las representaciones pictóricas.

III.1.3.1.1. Clasificación con base a la relación Representado-Representante presente en el signo: Analógica-Simbólica.

Pozzer y Roth (2003) proponen una clasificación que se basa en el grado de semejanza entre la representación y lo que representa. Esta relación de semejanza varía desde muy similar o analógica hasta abstracta (cuando la relación no es explícita y es producto de la práctica de un grupo social o comunidad de discurso).

Según estos autores las principales clases de representaciones pictóricas son: a) las ecuaciones matemáticas y químicas; b) los gráficos cartesianos; c) las tablas; d) los mapas; e) los diagramas; f) dibujos naturalistas y g) las fotografías. Como se ilustra en la Figura 8 estas clases se sitúan en un continuo que varía entre muy semejante al mundo representado hasta no semejante (Pozzer y Roth, 2003; p.1092)

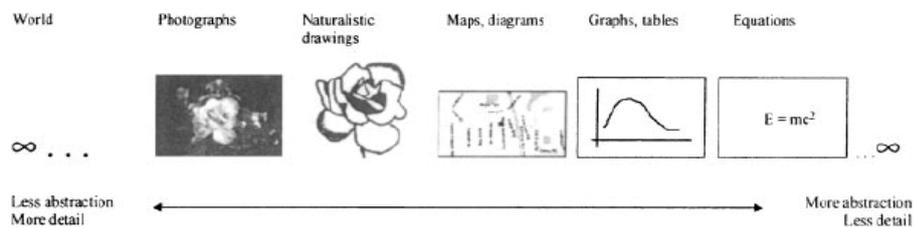


Figura 8: Variación de los niveles de abstracción en las representaciones (Tomado de Pozzer y Roth, 2003; p.1092)

Perales y Jiménez (2002) y Matus y col. (2008) proponen una clasificación similar. Estos autores clasifican las REP según lo que denominan su grado de iconicidad. Éste se refiere al nivel de realismo de una imagen al comparar el “objeto” y el signo que lo representa. Iconicidad y abstracción son opuestos.

Según el grado de iconicidad las REP pueden dividirse en las siguientes categorías ordenadas de mayor a menor grado de iconicidad:

- ✓ **Fotografías**
- ✓ **Dibujo Figurativo:** privilegia la descripción de los objetos imitándolos.
- ✓ **Dibujo Esquemático:** muestra las relaciones prescindiendo de los detalles.
- ✓ **Dibujo Figurativo + Signos:** muestran acciones o magnitudes inobservables en un espacio de representación que es heterogéneo.
- ✓ **Dibujo Esquemático + Signo:** representa acciones o magnitudes inobservables.

- ✓ **Descripción de Signos Normalizados:** es un espacio de representación homogéneo y simbólico que sigue reglas específicas.

III.1.3.1.2. Clasificación con base a la función de ayuda en el proceso de comprensión de un texto.

Las REP, que se usan mucho en las ciencias, pueden clasificarse en: diagramas, mapas, ilustraciones, gráficos (Lieben y Downs, 1992). Esta clasificación se fundamenta en los significados que pueden ser inferidos a partir de la representación. Según Postigo y Pozo (1999), los significados que pueden ser inferidos de los distintos tipos de representaciones, son los siguientes:

- ✓ **Diagramas:** estas representaciones permiten la inferencia de contenidos conceptuales. En ella se hace explícito las interrelaciones entre los conceptos y se caracteriza por presentar la información de manera esquemática. Los contenidos son presentados en forma simbólica (verbal) con la ayuda de elementos como flechas, llaves, cuadros. En este tipo se encuentran los cuadros sinópticos, organigramas, mapas conceptuales, diagramas de flujo, entre otras.
- ✓ **Gráficos:** permiten inferir una relación numérica o cuantitativa entre dos o más variables a través de distintos elementos (líneas, barras, sectores). Se pueden citar las tablas de datos, gráficas de ejes de coordenadas, histogramas (gráficas de barra) y sectores circulares (gráficas de torta).
- ✓ **Mapas, planos o croquis:** estas representaciones permiten la inferencia de ciertas relaciones espaciales, donde la localización de diferentes partes del objeto o fenómeno representado es una parte importante de lo que se representa. Existen relaciones de correspondencia con el objeto representado, ya sea en un plano estructural (paralelismo físico) o conceptual (paralelismo abstracto). Pero la correspondencia es selectiva, es decir, son representaciones parciales porque no se refieren a todos los elementos de lo representado, sino a una selección de ellos, según criterios de tamaño (escala), relevancia o finalidad. Forman parte de este tipo de representaciones los mapas, planos y dibujos esquemáticos, entre otros.
- ✓ **Ilustraciones:** son representaciones que permiten la inferencia de relaciones entre los elementos del objeto o fenómeno porque representan lo más fielmente posible sus características; conservan, no solo, una correspondencia espacial con lo representado sino que es una copia fiel del mismo, por ejemplo, las fotografías.

III.1.3.1.3. Clasificación con base a la función que cumplen las representaciones en el texto.

Otero (2003) propone la siguiente clasificación de las imágenes visuales en los textos escolares de Física según la función que cumplen: notación, estética o de instrucción.

III.1.3.1.3.a. Clases relacionadas con la notación.

Según el autor citado las siguientes clases de representaciones se relacionan con la notación usada:

- ✓ **Icónicos:** en estas representaciones se establece una relación de analogía entre mundo representado/mundo representante. En este grupo se colocan las ilustraciones y las fotografías. La función de estas representaciones es reducir la abstracción y producir efectos motivadores.
- ✓ **Simbólicos:** la relación mundo representado/mundo representante es arbitraria. Responden a paradigmas de un campo determinado de conocimiento. Por ejemplo, es arbitraria la notación CuO para denotar el óxido cúprico (el fundamento paradigmático lo encontramos en la teoría atómica). Asimismo, es arbitraria la manera de representar en el gráfico cartesiano una relación de proporcionalidad directa entre dos variables, que puede responder a la ecuación matemática de una línea recta. En esta categoría también se encuentran los esquemas. La función es mostrar relaciones conceptuales o relaciones entre variables.

III.1.3.1.3.b. *Clases relacionadas con lo estético.*

Atendiendo a las características decorativas u ornamentales de las representaciones, se pueden dividir en dos tipos:

- ✓ **Estéticas:** estas representaciones recurren a recursos como el color o el tipo de papel para ofrecer una imagen estéticamente agradable. Tienen un efecto motivador pero su objetivo es embellecer el texto más que facilitar el aprendizaje y la comprensión.
- ✓ **No-estéticas:** esta clase de representación se encuentra en textos en que casi no se utilizan imágenes con fines ornamentales. No recurren a recursos como el color, sino que se privilegia el discurso textual; su función es presentar contenidos.

III.1.3.1.3.c. *Clases relacionadas con la instrucción.*

Las representaciones pueden o no facilitar la comprensión del texto. Por este motivo pueden dividirse en dos clases:

- ✓ **Facilitadoras:** la imagen complementa el texto y el contenido porque se utilizan realizando un análisis sistemático del contenido. En esta categoría podemos incluir diferentes tipos de representaciones como las fotografías, los esquemas, las figuras, y los diagramas.
- ✓ **No facilitadoras:** estas imágenes no complementan el texto porque no se explican de manera detallada ni se hace referencia a ellas.

III.1.3.1.3.d. *Clases relacionadas con los recursos semióticos ofrecidos para construir la intertextualidad.*

Pozzer y Roth (2004) proponen las siguientes categorías para clasificar las fotografías dependiendo de los recursos ofrecidos como ayuda para la lectura de un texto que no es lineal; los títulos y las referencias explícitas en el texto son indicativos de esta clase de categorías, así como las tablas o los gráficos.

- ✓ **Decorativas:** son aquellas representaciones que se presentan sin ayudas, es decir, la REP no incluye títulos, y en el texto que acompaña la REP no se hace referencia a la representación ni al propósito que cumple.
- ✓ **Ilustrativas:** la representación se acompaña sólo con el título, cuya función es nombrar el objeto o el fenómeno que se presenta.
- ✓ **Explicativas:** la representación se acompaña con un título que nombra el objeto o fenómeno que se representa, además se aporta una explicación o clasificación del objeto o fenómeno.
- ✓ **Complementarias:** se aporta el título del objeto o fenómeno y además se aporta nueva información sobre el objeto o fenómeno que no está disponible en el texto principal asociado a la representación.

III.1.3.1.3.e. *Clases basadas en el procesamiento*

Para Carney y Levin (2002) las representaciones pictóricas cumplen un rol importante en el procesamiento de la información y las clasifican, según este papel en:

- ✓ **Decorativas:** solo sirven para decorar la página, por lo que no tienen ninguna relación con el contenido del texto.
- ✓ **Representativas:** representan parte del contenido del texto y son el tipo más frecuente de ilustraciones que se utilizan en los textos.
- ✓ **Organizativas:** proporcionan un marco estructural al contenido que se presenta en el texto.
- ✓ **Interpretativas:** ayudan a clarificar las dificultades que pueda tener el texto.
- ✓ **Transformacionales:** incluyen componentes sistemáticos de ayuda con el propósito de que el lector pueda mejorar la recuperación del texto. Con frecuencia recodifican la información presentada en el texto para hacerla más concreta.

III.1.3.1.3.f. *Clases relacionadas con la función de la representación en la secuencia didáctica de la información en el texto.*

Los trabajos de Perales y Jiménez (2004) y Jiménez y Perales (2001) (cita en Matus y col. (2008)), clasifican las REP atendiendo a su función dentro de una secuencia didáctica. Así, proponen que las REP pueden ser clasificar en:

- ✓ **Evocación:** la REP es utilizada para hacer referencia a un hecho ya conocido por el lector.
- ✓ **Definición:** se usa para establece el significado de un término nuevo en un contexto teórico disciplinar.
- ✓ **Aplicación:** contribuye a aclarar la definición a partir de ejemplos en los que se aplique el concepto.
- ✓ **Descripción:** se utiliza para describir situaciones no familiares pero que contribuyen a delimitar un contexto.
- ✓ **Interpretación:** se recurre a la REP para relacionar los conceptos teóricos con situaciones experimentales.
- ✓ **Problematización:** la REP permite plantear nuevas preguntas o problemas que no pueden abordarse desde los conceptos ya definidos. Así promueve el interés para abordar nuevas situaciones.

III.1.3.1.3.g. *Clases basadas en la relación entre la REP y el texto principal.*

Perales y Jimenez (2002) utilizan tres categorías basadas en la relación entre la REP y el texto principal, a saber:

- ✓ **Denotativas:** cuando hay una relación de correspondencia entre la REP y el texto, por ejemplo, la figura 2 muestra la representación esquemática de un espectrofotómetro.
- ✓ **Connotativas:** El texto describe los contenidos sin mencionar su correspondencia con los elementos incluidos en la REP. El lector debe establecer la correspondencia.
- ✓ **Sinóptica:** la imagen y el texto forman una unidad indivisible. El texto describe la correspondencia entre los elementos de la ilustración y los contenidos representados. Se establece explícitamente las condiciones en las cuales las relaciones entre los elementos incluidos en la ilustración representan las relaciones entre los contenidos.

III.1.3.1.3.h. *Clases basadas en la naturaleza del mundo representado (modelos conceptuales) con particular referencia a los niveles de representación en Química: macroscópicas, microscópicas y de proceso.*

Un tipo particular de categorización de las representaciones externas se encuentra si atendemos a la naturaleza del mundo representado y del mundo representante en un campo particular de conocimiento, como es el de la Química. Las representaciones en Química deben corresponderse con la idea que la materia está formada por átomos y se utilizan para representar las transformaciones de la materia indicando la formación o ruptura de enlaces entre átomos. Para satisfacer estos requerimientos, los sistemas de representación deben expresarse en dos niveles diferentes: un primer nivel correspondiente a lo observable (nivel macroscópico) y un segundo nivel atómico no observable (microscópico). Esta clasificación la asumen Han y Roth (2006) quienes dividen las representaciones pictóricas en dos grandes grupos: a) las que denotan fenómenos observables macroscópicos y b) las que describen los mismos fenómenos microscópicamente.

En el presente trabajo se asumen estas dos grandes categorías cuya descripción se presenta en el apartado siguiente, y subdividiéndolas en:

- ✓ **Descriptivas-macroscópicas,**
- ✓ **Depictivas-macroscópicas,**
- ✓ **Descriptivas-microscópicas,**
- ✓ **Depictivas-microscópicas,**
- ✓ **Descriptivas-microscópicas-proceso,**
- ✓ **Depictivas-microscópicas-proceso.**

En resumen y para efectos del presente trabajo compartimos, en consecuencia asumimos, los planteamientos de Lemke y Roth en el siguiente sentido:

- a) Cada género de representación pictórica, es capaz de resumir gran cantidad de información y datos.

- b) Cada género permite “hablar” sobre aspectos específicos de los fenómenos o de las ideas, por lo que cada uno cumple un papel insustituible en la construcción del discurso.
- c) La lectura-interpretación-comprensión de las REP depende del campo de conocimiento en el cual se utiliza, por lo que el proceso de lectura-interpretación-comprensión solo puede “aprenderse” en el contexto definido por una comunidad de discurso, es decir, son procesos dependientes de los contenidos que presenta la REP.
- d) De las clasificaciones descritas, dos resultarán de interés para la realización de este trabajo. En primer lugar una clasificación que señala los grandes grupos: lingüísticas/pictóricas y el nivel de la representación (macro/micro/simbólica). Esta clasificación será utilizada para estudiar las REPs empleadas en los libros de texto de Química General para presentar el discurso sobre equilibrio químico (EQ).

En segundo lugar nos apoyaremos en la clasificación propuesta por Postigo y Pozo (1999), basada en el papel de la REP en el proceso de comprensión. Esta clasificación plantea una relación de correspondencia entre el tipo particular de REP y los significados que se pueden inferir a partir de ella; es útil para el diseño del material de enseñanza utilizado con el propósito de enseñar la lectura de REP. En el diseño, es clave esta clasificación, porque permite anticipar las inferencias que se pueden esperar a partir de la lectura.

III.2. LA CIENCIA COMO DISCURSO MULTIREPRESENTACIONAL

Para algunos autores, la ciencia es básicamente “*un discurso sobre la materialidad del mundo*” (Lemke, 1998b, p.2), entendiendo 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. 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 utilizan en otros contextos (Márquez y Prat, 2005).

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. Por este motivo centramos nuestro interés en el proceso de lectura de libros de texto en un

área específica de conocimiento: la 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 tríada que interacciona en el proceso de construcción de significados. Esta tríada la conforman: el autor, el texto y el lector (Figura 9). 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).

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, tanto lingüísticas como pictóricas, para establecer 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): la presentación, la organización y la orientación. Para hacer esto, 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, en particular, la comunidad de químicos (Fig. 9).

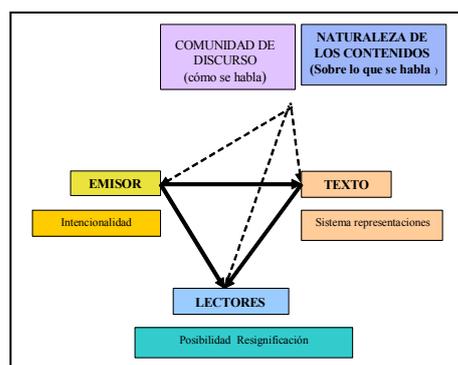


Figura 9: Componentes que debe considerar el lector para construir significados a partir del discurso desarrollado por el emisor

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 normalmente entre el autor y el lector sea tal que el lector acepta los planteamientos

del autor, puesto que las posibilidades de resignificación del lector son limitadas porque no dispone 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. Esto permite la aplicación de los modelos conceptuales para resolver nuevos problemas. Entre las comunidades de profesores existe la idea consensuada de que comprender se evidencia en 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.

Reafirmamos nuevamente, que 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, aparato que determina una práctica específica (Lemke, 1994).

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.

Dominar su lenguaje implica que el aprendiz pueda establecer relaciones conceptuales entre representaciones en los diferentes niveles, y transformar una representación entre un nivel y otro. Esto conduce a plantear como objetivo de aprendizaje el desarrollo de competencias representacionales. Para Wu (2003), propiciar el desarrollo de competencias representacionales implica crear actividades 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.

III.2.1. 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 asume las características del discurso disciplinar y escolar porque utiliza el lenguaje de la disciplina y el lenguaje curricular a la vez que 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 ofrecer una copia del discurso de la comunidad. 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 del contexto disciplinar. Esta relación dialéctica entre discurso y lenguaje se muestra en la Figura 10.

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 esto, se debe producir un diálogo SUJETO/SUJETO. 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 producir sentidos y atribuir los significados consensuados por una comunidad discursiva mediante un proceso constructivo y de inferencias, de diálogo con el autor del texto. El producto de este trabajo de lectura es la “comprensión”.

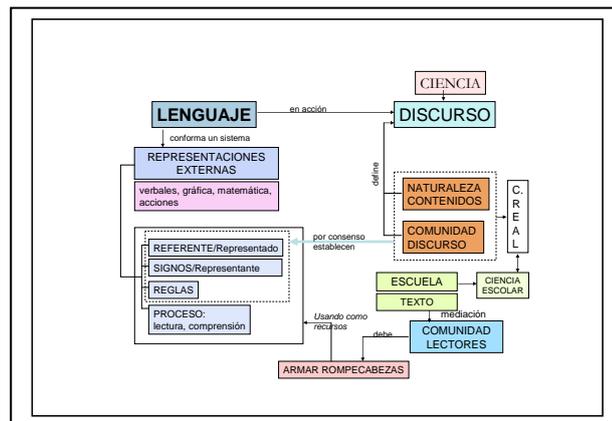


Figura 10: Relación dialéctica Discurso-Lenguaje

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. Esto 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 estos interrogantes el lector debe hacer uso de los recursos que aporta el texto a través del sistema de representaciones 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 cuando 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 y 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).

III.2.1.1. 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).

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 es preciso recurrir a los recursos topológicos, a medida que vamos cambiando (aumento o disminución) de la temperatura. 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).

Un análisis del 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 11).

De igual manera las características propias del objeto de estudio, por ejemplo, que la materia está formada por átomos, conducen a desarrollar lenguajes con características particulares, o *microlenguas* (Borseese, 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 12.

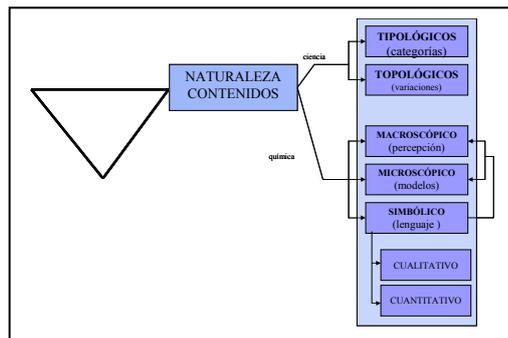


Figura 11: Significados que dependen de la naturaleza de los contenidos

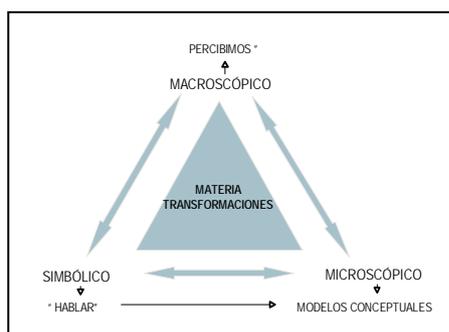


Figura 12: Niveles de Representación (Tomado de Johnstone, 1993; con adaptaciones).

Estos niveles, se complementan de manera sinérgica, en la construcción del discurso y son importantes para atribuir significados: un primer nivel debe considerar la naturaleza del objeto de estudio que se expresa en los contenidos, por ejemplo, la materia y sus transformaciones. Un segundo nivel aborda la manera cómo una comunidad de discurso “habla” sobre ese objeto: qué dice (paradigmas y modelos conceptuales que acepta) y cómo lo dice (sistemas de representaciones que utiliza). El tercer nivel nos lleva al emisor y refiere a la construcción del discurso por parte del emisor: qué contenidos presenta, cómo los organiza, qué pistas aporta el autor del texto al lector para apoyarlo en el proceso de comprensión.

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 13.

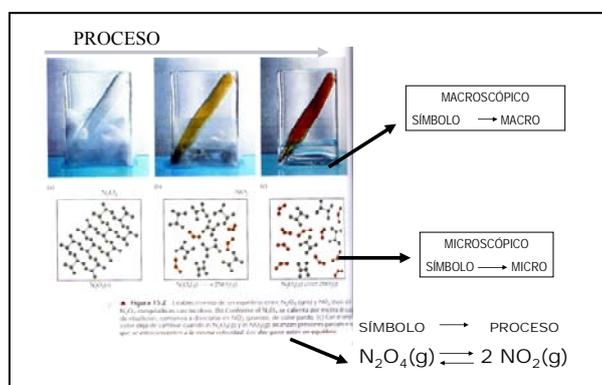


Figura 13: Ejemplo del uso de diferentes Niveles de Representación (tomado de Brown y col, 2004, pp. 576)

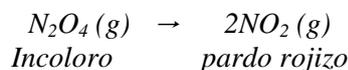
El conocimiento de estos niveles, así como la habilidad para poder transformarlos en otros formatos equivalentes constituye un prerrequisito para aprender los conceptos químicos. Los químicos utilizan esta habilidad indistintamente y cambian de formato de manera automática en función de la tarea que deben realizar (Dori y Hameiri, 2003)

Descripción de la Figura 13

Se analiza, a continuación, la Figura 13. En la misma, se presenta una combinación de representaciones, una macroscópica (fotografía) en tres momentos diferentes, que identifican tres instantes: (a) inicial, (b) avance y (c) equilibrio. Esto 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. Es posible inferir éstas 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 ($21.2\text{ }^\circ\text{C}$), 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 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.”.

Cuadro 1: Lectura-interpretación-comprensión (L-I-C), nivel macroscópico, de la Fig.13

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°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°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°C y 140°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°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>

La representación microscópica y la 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 se presenta una descripción de la representación en tres momentos.

Cuadro 2: L-I-C, nivel microscópico, de la Fig. 13

Situación inicial	Avance de la reacción	Equilibrio
El diagrama muestra 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)	“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) \rightarrow 2NO_2 (g) Indicando claramente la presencia de los dos compuestos y una situación de no equilibrio	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) \rightleftharpoons 2NO_2 (g) En la representación lingüística se asocia equilibrio con velocidades directa e inversa iguales (nivel micro)

En síntesis, dar cuenta de la materia y sus transformaciones impone restricciones al lenguaje químico. Estas deben permitir representar la materia y sus cambios en tres niveles: macroscópico, sub-microscópico y simbólico. El nivel simbólico está 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. Ambos sistemas permiten describir la materia y sus transformaciones en términos cualitativos y cuantitativos.

La relación entre estos tres niveles resulta fundamental para el aprendizaje de conceptos químicos (Wu y Shah, 2004) porque los químicos pueden utilizar cualquier nivel dependiendo de la tarea que deben realizar. Además han desarrollado habilidades que les permiten transformar una representación de un nivel a otro. Los estudiantes tienen dificultades para utilizar un nivel particular (en especial el simbólico) y más dificultades para relacionarlos e intercambiarlos (Dori y Hameiri, 2003). Cuando los estudiantes leen el sistema de representaciones que conforman el discurso, fijan su atención más en las características superficiales de las representaciones, en particular si leen representaciones pictóricas, que en los conceptos subyacentes (Kosma y Russell, 1997).

En resumen, podemos afirmar que, los textos utilizados en el contexto escolar con el propósito de exponer contenidos de ciencias son complejos si los miramos desde la perspectiva del sistema de representaciones que utilizan: lingüísticas y pictóricas en sus diferentes formatos. Es decir, son textos multirepresentacionales.

El proceso de lectura debe ser entendido como un proceso de diálogo LECTOR-AUTOR, mediado por el sistema de representaciones que permite expresar los contenidos que el autor presenta. El lector debe establecer una relación entre el fenómeno y las representaciones

El proceso de lectura-interpretación-comprensión, mediante el cual se debe relacionar referente-signo, depende del conocimiento de un doble sistemas de

reglas: a) unas de carácter general (dominio del idioma en que está escrito el texto, y dominio de las herramientas matemáticas básicas) y b) dominio de reglas específicas dependientes del área disciplinar.

La dependencia del proceso de lectura-interpretación-comprensión de las áreas de contenido, como por ejemplo la Química, nos lleva en los próximos apartados a explicitar las particularidades del discurso que refleja los paradigmas asumidos por la comunidad de químicos y su aplicación a situaciones concretas. En concreto, haremos referencia a las particularidades de las representaciones pictóricas utilizadas por los químicos y las funciones que el autor del texto debe cumplir con el propósito de construir su mensaje: presentación, organización y orientación.

Como se ha señalado el lenguaje químico asume características que le permite hacer referencia a tres niveles: macroscópico, submicroscópico y de proceso para los cual desarrolla un sistema simbólico particular que permite atribuir significados cualitativos y cuantitativos en cuanto a composición y transformación de la materia.

III.2.1.2. 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. Esta comunidad “habla ciencias” de una manera particular, definida por los contextos paradigmático, situacional, sintagmático e intertextual (Lemke, 1998a, 1998b) como mostramos en la Figura 14.

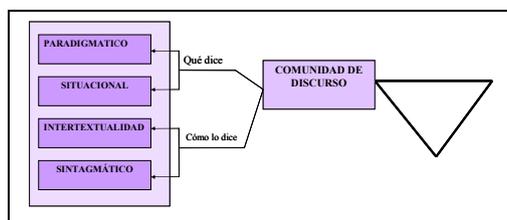


Figura 14: Contextos a considerar en el proceso de atribución de significados

Los químicos asumen que la materia está formada por átomos, lo que les 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).

Así, 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 equilibrada $N_2O_4 (g) \rightleftharpoons 2 NO_2 (g)$,

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 representación 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 y 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. Por este motivo, 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*, constituye un recurso para la construcción de significados en el marco de una comunidad discursiva específica, de allí surge el interés en su estudio.

Analicemos 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 sintagmático, paradigmático, situacional e intertextual (Lemke, 2000). Observemos la Figura 15, desde la perspectiva de la atribución de significados, a partir de los diferentes contextos en los cuales se produce la representación.

El autor desarrolla esta Figura en el campo de la electroquímica, caracterizado 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 utilizan círculos de diferentes tamaños y diferentes tonos de grises para diferenciar los átomos.

Contexto paradigmático	Materia formada por átomos. Los átomos formados por partículas subatómicas, específicamente los electrones. Teoría atómica y sus postulados
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” <i>Desde el propio texto:</i> electrodo de la izquierda, electrón móvil
Contexto sintagmático	En Química las unidades sintagmáticas corresponden a los signos y símbolos que representan las unidades atómicas. En este diagrama, por ejemplo, se dibuja la especie más los electrones, el camino recorrido por los electrones a través de la conexión externa (alambre)

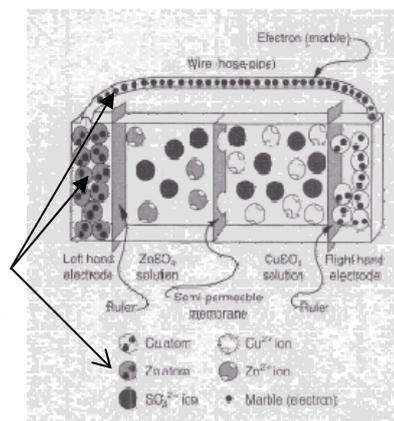


Figura 15: El significado depende de la contextualización. Tomado de: Huddle, P.A y Drawn, M. (2000). Using a teaching model to correct known misconceptions in electrochemistry. *Journal Chemical Education*, 77, 1, 104-110.

III.2.1.3. 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 16).

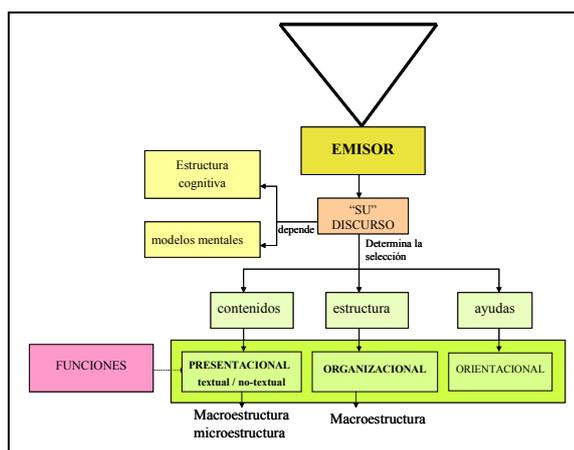


Figura 16: Funciones que cumple el emisor al construir el discurso

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 las tres funciones semióticas de presentación, orientación y organización.

La atribución de significados, utilizando estas funciones, 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 del contenido, 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 presentación utiliza el contexto sintagmático e intertextual (se convierten en mediadores) que permiten inferir el contexto paradigmático y situacional. Así el contexto sintagmático e intertextual se constituye 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* (Cook y Mayer, 1988), constituyéndose en recursos lingüísticos.

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 y fotografías. En este tipo de representación se nos presenta una escena cuyos elementos pueden ser reconocidos y donde se 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**

Esta segunda función permite construir un sistema de relaciones que *organiza* con el fin de hacer explícitas las relaciones todo/partes del todo. Es decir, hace explícita

la organización de la exposición o estructura de conocimientos que presenta el autor.

En el texto podemos encontrar diferentes maneras de organizar el discurso o **estructuras**. Se reconocen tres tipos básicos de estructuras textuales: 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). 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 y denota las proposiciones o ideas y sus relaciones. Ayuda a dar coherencia a la secuencia de las proposiciones. Estas relaciones se establecen a través de las estructuras retóricas o esquemáticas que 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. 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 hace posible que la comunidad científica tenga un discurso común.

En el caso de las REP 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**

La 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 *orientarlo* (**orientación**) acerca de la posición del autor con respecto al estado de cosas que se han presentado. Así orientan de alguna manera la atribución del significado asumido por el autor.

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

En la Figura 15 (p.69) presentada anteriormente el autor representa de manera microscópica las sustancias que intervienen en la reacción redox, buscando orientar

la búsqueda de explicaciones que en el caso de la Química, generalmente, están en las diferentes interacciones atómicas y sub-atómicas, en este caso, transferencia de electrones.

Este tipo de función lo encontramos en el gráfico/diagrama de la Figura 17 (Figura 6.6, p 182 Petrucci y col., 2003). En esta ilustración el autor 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, que muestra la interdependencia de estas variables) 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); conjuntamente ofrece orientación sobre la relación entre la Presión del gas y la Presión externa.

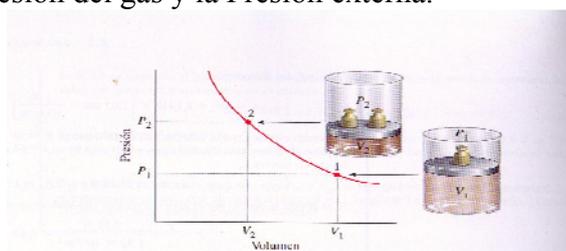


Figura 17: Ejemplo de combinación representación-situación. Tomado de Petrucci y col. (2003)

Un segundo tipo de recurso que **orienta** al lector se encuentra en los recursos tipográficos. Entre estos tenemos, podemos citar, la orientación de la página en el espacio, tamaño de las letras, estilo de las letras como negritas o itálicas, que permiten resaltar importancia. Otros recursos lo constituyen el resumen, los títulos y subtítulos, las notas a pie de página. El productor los utiliza para orientar al lector sobre los aspectos que el escritor considera más importantes. A continuación, en la Figura 18, se analizan someramente, las funciones de presentación, orientación y organización.

Función	
Presentación	Concepto de solubilidad Dependencia de la solubilidad con la naturaleza del soluto (a una temperatura dada, para cada soluto tenemos un valor de solubilidad) Dependencia de la solubilidad con la temperatura (a diferentes temperaturas, para un mismo soluto, se tienen diferentes valores de solubilidad) Dependencia de la solubilidad del tipo de 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 el aumento de T y solutos cuyas solubilidades disminuyan con un aumento de T, orienta al lector a no generalizar "aumento de T con aumento de solubilidad"; éste es un 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, como el cambio en la T, el cambio en la solubilidad para un compuesto dado, b) comparar en qué compuestos el efecto de cambiar la T es de mayor o menor proporción, c) clasificar en dos grandes grupos las sales

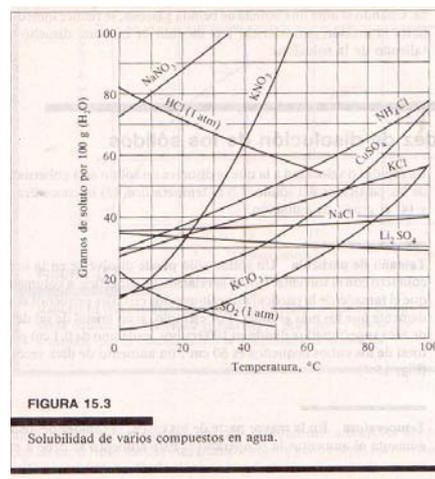


Figura 18: Las funciones en un gráfico de solubilidad compuestos en agua (Tomado de Hein, M. (1992) *Química* (2da. Ed.) Grupo Editorial Iberoamericano. (Cap.15-Fig15.3, p. 383)

En el caso de las representaciones pictóricas la orientación se realiza utilizando recursos de composición para organizar el texto visual en elementos y regiones y se utilizan características como colores y texturas. Estos elementos facilitan la asignación de significados tipológicos (las variables graficadas) y topológicos (los valores de las variables, la forma de la recta que se obtiene). Estos recursos también permiten, previa textualización, generalizar, establecer relaciones de causa-efecto y clasificar.

A manera de síntesis, podemos afirmar que los textos científicos son textos que integran representaciones que permiten textualizar a partir de representaciones no-textuales. Para lograrlo se utiliza la combinación de lenguaje verbal con representaciones no verbales como las representaciones pictóricas. La atribución de significado requiere reconocer: a) los paradigmas y la situación particular que se trabaja; b) construir los significados tipológicos y topológicos. El recurso para esta construcción lo constituye el discurso que elabora el emisor siguiendo las funciones de presentación, organización y orientación. Para atribuir significados se debe hacer uso de los recursos sintagmáticos e intertextuales.

En las representaciones pictóricas, *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 no son puramente verbales.

El uso de estos diferentes tipos de representaciones permite ampliar y completar el discurso sobre la materialidad del mundo. Desde la perspectiva pedagógica, interesa estudiar cómo 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 que habla, lo cual, recogemos en la Figura 19. En ella, proponemos el Modelo de Integración de Recursos para Atribuir Significados (MIRAS)**. Este modelo muestra que la construcción del significado del texto que se presenta al lector es función de las restricciones que imponen la naturaleza de los contenidos sobre los que se quiere “hablar” y el lenguaje disciplinar que la comunidad de discurso asume para “hablar” sobre esos contenidos.

En el caso de los textos escolares, el autor media entre la comunidad de discurso y el aprendiz. Construye un discurso escolar empleando como recursos: a) las funciones de presentación, organización y orientación, y b) diferentes sistemas de representaciones externas (lingüísticas y pictóricas) con la intención de concretar un texto con características particulares. A partir del texto producido por el autor, el lector debe realizar un proceso de lectura con el propósito de aprender, asumiendo que los sistemas de representaciones empleados responden a los sistemas consensuados por la comunidad discursiva.

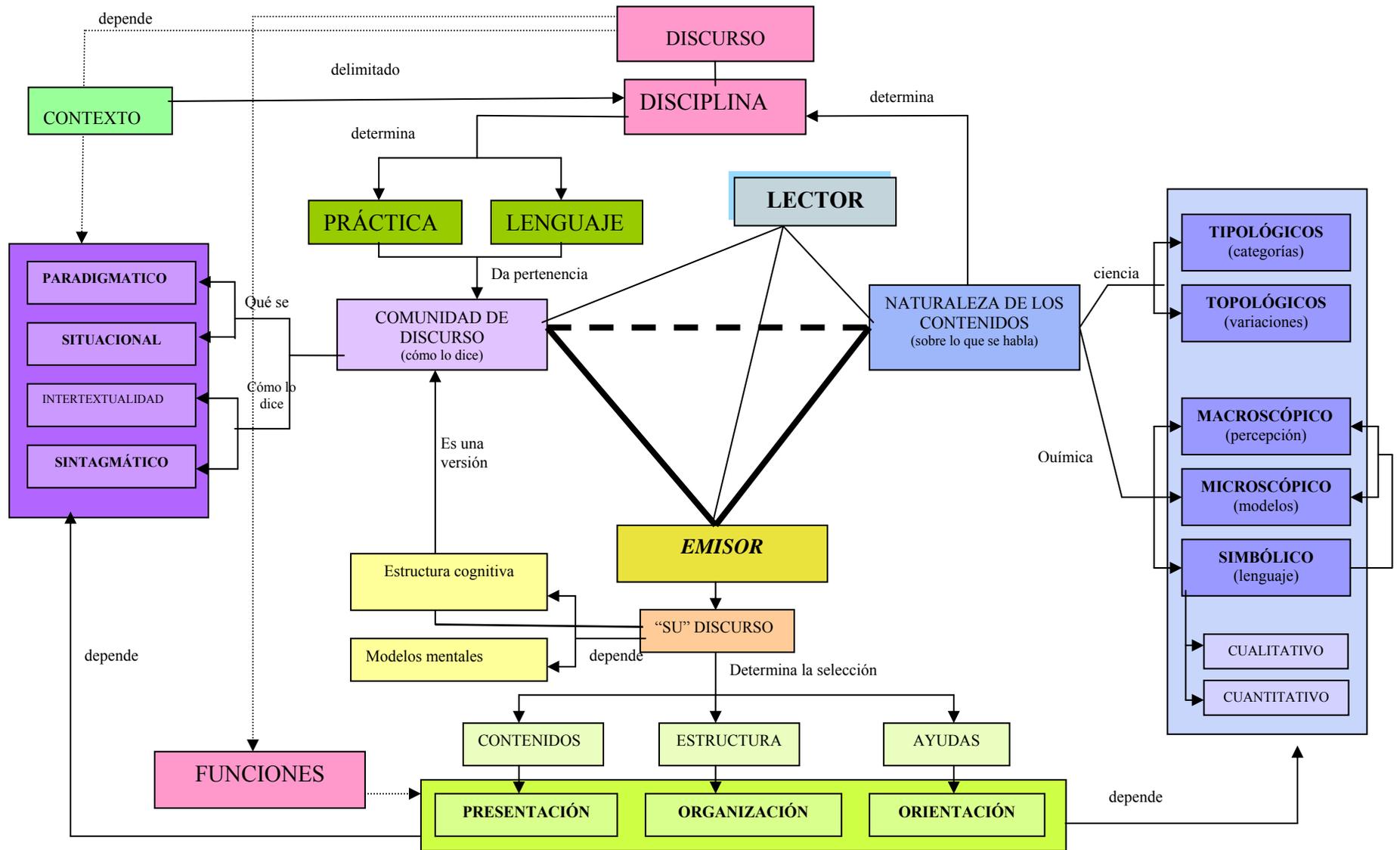


Figura 19: Modelo de integración de recursos para atribuir significados en el discurso de la ciencia. (MIRAS)

III.3. REGLAS DE REPRESENTACIÓN EN LAS REPRESENTACIONES PICTÓRICAS (REP).

Dos sistemas de reglas de representación deben considerarse para comprender el discurso de las ciencias naturales: a) reglas generales que derivan de sistemas de representación específicos como pueden ser, las reglas asociadas al sistema de signos (mundo representante), utilizados en un campo particular (Matemática o Química) y b) reglas específicas derivadas del contexto en que se utiliza la representación, es decir, referidas al contexto paradigmático en que se usan las reglas.

III.3.1. REGLAS DE CARÁCTER GENERAL. LOS FORMATOS

La ciencia utiliza una amplia variedad de representaciones visuales en los textos impresos. Entre estas representaciones visuales se encuentran algunas que tienen su origen en representaciones textuales, como los títulos, los textos principales y otros formatos cuyo origen es no-textual: las representaciones pictóricas (ilustraciones en los textos escolares).

Lo importante a destacar es que la construcción de significado resulta de la intersección de todos los sistemas semióticos. Las REP no son autosuficientes en el proceso de construcción del significado. Ellas en conjunción con los otros formatos (relación *texto nuevo/texto nuevo*), actúan en acción sinérgica, de manera que las ilustraciones más los títulos, el texto principal y las tablas en conjunto contribuyen a la construcción de un significado canónico (Lemke, 1998b; Roth y col., 1999). Por esto, es importante considerar todas las representaciones al construir el significado de un texto. Desde la perspectiva pedagógica, aceptar esta concepción de funcionamiento complementario lleva a considerar la importancia de la lectura, interpretación, y comprensión de los diferentes formatos para la construcción de significados.

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

- ✓ Son **objetos semióticos** que permiten re-presentar la realidad y una vez contruidos forman parte de esa realidad. La *comprensión del gráfico implica poder establecer relaciones entre el gráfico y el fenómeno*, las cuales se construyen a partir de convenciones.
- ✓ Cumplen una **función retórica** en la comunicación científica ya que son un recurso comunicativo que permite destacar ciertas características de la construcción de un fenómeno que el investigador considera relevante.
- ✓ Son **herramientas** que median en la actividad científica colectiva por lo que permiten “hablar” y “construir hechos” de una manera particular. Constituyen instrumentos de inclusión en la comunidad de discurso; no es posible formar parte de la comunidad científica si no se es capaz de comprender las representaciones pictóricas que se utilizan en esa comunidad.
- ✓ Los gráficos **informan** sobre los valores de las variables seleccionadas y constituyen una **manera de representar** la experiencia, de recoger, transformar y teorizar sobre los datos. De manera que los gráficos permiten a)

describir un caso de estudio ya realizado y b) **predecir** resultados futuros (Roth, 2004)

A continuación, analizamos las reglas de carácter general que nos permiten relacionar el mundo representado con el mundo representante expresado en diferentes formatos las representaciones pictóricas.

III.3.1.1. Las Tablas

Las tablas constituyen recursos visuales textualizables, cuyo origen se encuentra en el texto escrito. Su utilidad reside en el hecho de que integran significados tipológicos y topológicos de manera resumida (Lemke, 1998b). La textualización debe ser realizada por el lector.

Roth y col. (1999) diferencian tres tipos de tablas: a) tablas estadísticas, tablas de datos numéricos y tablas de clasificación.

Las tablas tienen las siguientes características:

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

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

La lectura de una tabla puede realizarse en un punto particular en cuyo caso tenemos el valor de las variables, o podemos comparar celdas, lo que permite buscar patrones de regularidad. A partir de la tabla en conjunto es posible construir conclusiones si vinculamos los datos que presenta al entorno paradigmático (teorías y principios) y al entorno situacional (situación concreta). Seguidamente, en la Tabla 6, se analiza la “lectura” de una tabla (tomada de: Hein, M., 1992, *Química* (2da. Ed.), Grupo Editorial Iberoamericano. Cap.15-T.15.3, p. 382). A partir de ella es posible hacer las afirmaciones presentadas a la izquierda de la tabla.

Como puede observarse, las tablas permiten obtener valores puntuales con más exactitud pero proporcionan un mínimo de información integrada (Guthrie y col., 1993; cita en Shah y Hoeffner, 2002).

Tabla 6: Ejemplo de la lectura de una tabla considerando los contextos paradigmático, situacional, sintagmático e intertextual (Tabla tomada de Hein, 1992. *Hacemos notar que presenta datos de metales alcalinos*)

- ✓ **Contexto paradigmático:** desde la teoría atómica el estudio de la formación de mezclas por disolución (la dispersión de unas partículas en otras) muestra la dependencia de la solubilidad con la temperatura, la naturaleza del soluto, la naturaleza y cantidad de solvente
- ✓ **Contexto situacional:** disolución de halogenuros de metales alcalinos. Permite varias comparaciones, a) entre los halogenuros de Li a la misma T, aumenta del F al I; b) entre diferentes fluoruros, a igual temperatura, aumenta la solubilidad de Fluoruro de Li comparada con la de los fluoruros de Na y K.
Las comparaciones son posibles porque se mantiene constante el tipo y la cantidad de solvente

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

- ✓ A 0°C se disuelven 57 g de Cloruro de litio, LiCl, en 100 g de agua, H₂O.
- ✓ La solubilidad del bromuro de litio es mayor, más del doble, (143 g LiBr/100 g H₂O), que la del cloruro de litio (57 g LiCl/100 g H₂O)
- ✓ La solubilidad de los halogenuros de litio, sodio y potasio aumenta al aumentar la temperatura, aunque las magnitudes de las variaciones son diferentes.
- ✓ **Contexto Sintagmático:** los símbolos químicos representan elementos y compuestos (significados tipológicos), mientras los números y unidades contribuyen a atribuir significados topológicos a partir de la textualización. Por ejemplo, a la temperatura de 0°C la solubilidad del yoduro de litio es aproximadamente 100 veces mayor que la del fluoruro de litio.
- ✓ **Contexto Intertextual:** el título nos indica que se presentan valores de solubilidad en agua para un tipo particular de compuestos: los halogenuros de metales alcalinos. Las etiquetas permiten establecer que expresamos la cantidad de sal disuelta por cada 100 g de agua a la temperatura de 0°C y a 100°C.

III.3.1.2. Los gráficos

III.3.1.2.a. Los Gráficos según el formato: torta, barra, línea (cartesianos)

Según el formato existen diferentes tipos de gráficos: los de torta, de barra y de línea. Estos gráficos se construyen dependiendo de lo que se quiera enfatizar de la información a transmitir, por tanto, ningún formato es mejor, pues su selección dependerá de lo que se quiera mostrar. Estos gráficos se utilizan para presentar

información métrica sobre escalas absolutas. Los gráficos de torta se usan para mostrar proporciones relativas (Shah y Hoeffner, 2002).

Utilizan recursos gráficos como la extensión, la posición o el área para representar información cuantitativa. Por ejemplo, se compara extensión en el caso de los gráficos de línea y los de barra, mientras se comparan áreas o ángulos en los gráficos de torta. Sin embargo, es frecuente utilizar otros recursos, como el color, diferentes niveles de saturación, entramados etc. (Shah y Hoeffner, 2002).

Existe una interrelación entre el formato del gráfico y la tarea; así para tareas integrativas que muestren más visión molar, como reconocer tendencias de cambio entre las variables graficadas, se utilizan los gráficos de línea, mientras que para tareas menos integrativas o sintéticas, por ejemplo, lectura de puntos, se utilizan los gráficos de barra (Carswell y Wickens, 1987; cita en Shah y Hoeffner, 2002). Así mismo, los gráficos de barra se usan si se quiere que el lector visualice comparaciones discretas y a los de torta para mostrar proporciones relativas (Shah y Hoeffner, 2002).

III.3.1.2.b. Los Gráficos cartesianos.

El gráfico y la situación original que representa guardan entre sí una relación metafórica (Roth, 2004). El gráfico se convierte en el todo y, a partir de él, se produce, de manera flexible, el significado que lo antecede. El gráfico y la situación guardan entre sí una relación metonímica (está en el lugar de).

Los gráficos cartesianos son representaciones externas molares, que expresan relaciones entre variables, son graficadas en una sola dimensión o en ejes ortogonales que definen un espacio bidimensional (xy) o tridimensional (xyz). Se utilizan básicamente por dos razones a) permiten representar covariaciones entre medidas continuas (Lemke, 1998b) y b) permiten resumir gran cantidad de datos (Latour, 1987).

Los gráficos en dos dimensiones son los de uso más frecuente. En ellos la representación pictórica ilustra las relaciones entre las dos variables que se grafican (Bowen y col., 1999). Ayudan a resumir una gran cantidad de datos empíricos en poco espacio facilitando la visualización de las tendencias en el cambio de variables de manera continua.

Los gráficos cartesianos “*sirven como representación de observaciones reales y herramientas analíticas para determinar patrones subyacentes, los cuales informan al observador y al aprendiz sobre el fenómeno en observación*” (Leinhardt, Zaslavsky y Stein, 1990). De acuerdo con esta visión, **atribuir significados implica reconocer el fenómeno y los patrones subyacentes**, es decir, implica establecer una relación entre la situación (mundo representado) y la representación (mundo representante).

Las representaciones pictóricas en general, y los gráficos cartesianos en particular, sirven para representar los fenómenos naturales. El gráfico y la situación original que representa guardan entre sí una relación metafórica capaz de producir de manera flexible el significado que lo antecede (Roth, 2004). *Sin embargo, la*

relación entre la representación y el fenómeno natural es arbitraria⁹ y abstracta (Pozzer y Roth, 2003). Solo existe porque se da como una práctica social, la práctica que ejercen los científicos (Bowen y col., 1999); compartirla supone aceptar una “comprensión” del mundo con otros (Roth y McGinn, 1997).

III.3.1.2.c. Tipos de gráficos cartesianos.

✓ Según dimensiones

Los gráficos cartesianos pueden ser unidimensionales, en los que se representa una sola variable. Sólo tienen significado las distancias en una sola dimensión, ya sea horizontal o vertical. Son fáciles de interpretar a partir de las etiquetas. En la Figura 20, se muestra este tipo de gráfico.

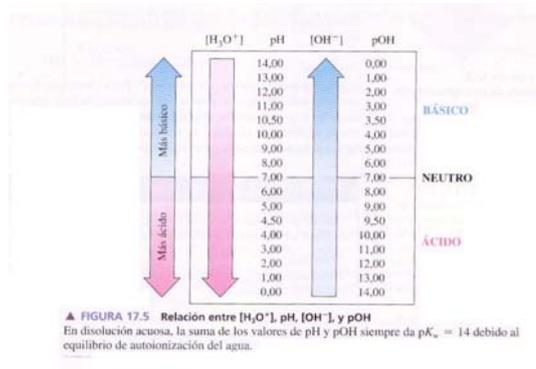


Figura 20: Ejemplo de un gráfico de ejes Unidimensional. (Tomado de Petrucci y col. 2003; Cap.17; Fig. 17.5; p. 673)

Un segundo tipo de gráfico cartesiano, es el bidimensional, el cual se utiliza para mostrar la relación funcional entre dos variables: x e y . Un ejemplo lo constituye el gráfico de solubilidad mostrado en la Figura 8 de este trabajo. También es posible realizar gráficas tridimensionales, que muestran tres variables. El punto marca una posición en el espacio, y por lo tanto, el valor de cada una de estas tres variables.

A partir de un gráfico se pueden atribuir significados tipológicos con las etiquetas, y topológicos por medio de las líneas que interconectan los diferentes puntos (Roth y col., 1999). Por ejemplo, las escalas y las unidades son recursos que facilitan al lector atribuir significados, ya que le permiten relacionar un espacio imaginario bidimensional con los instrumentos de medida que se utilizaron, lo que facilita establecer una relación con el fenómeno, mediante la información sobre magnitudes, dimensiones e instrumentos de medida.

Según dispersión de los puntos, Roth y col. (1999) identifican seis categorías de gráficos cartesianos:

- ✓ Trazado disperso que solo indica los puntos sin conectarlos.
- ✓ Trazado disperso con una línea que une los puntos.
- ✓ Trazado disperso con la “mejor línea” para unir los puntos.

⁹ En las representaciones que esquematizan o copian la realidad la relación imagen-realidad no es arbitraria

- ✓ Trazado disperso con una línea para unir los puntos que responde a un modelo matemático.
- ✓ Gráfico que responde a un modelo matemático.
- ✓ Gráfico de un modelo matemático sin escalas o unidades.

III.3.1.2.d. *Recursos utilizados en la elaboración de un gráfico cartesiano.*

Para la elaboración de los gráficos cartesianos, con el fin de facilitar la atribución de significados, se utilizan diferentes recursos, algunos de tipo presentacional y otros de tipo organizacional.

Recursos presentacionales para la graficación. Constituyen un conjunto de recursos que contribuyen a:

- ✓ Dar sentido a la curva que identifica la relación entre los dos conjuntos de medidas correspondientes a las variables, lo que permite el establecimiento de patrones (Roth y col., 1999).
- ✓ Reducir la flexibilidad interpretativa;
- ✓ Permitir al lector reconstruir a partir del gráfico la situación real (el fenómeno).

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

Profundicemos en el análisis de algunos de estos recursos:

- ✓ **Etiquetas.**
Conjuntamente con los títulos permiten cumplir una función presentacional ya que actúan como la macroestructura al identificar las variables que covarían, lo que permite reconocer el tema, leyes, principios y teorías desde las cuales se interpreta el gráfico.

Las etiquetas permiten al lector a) descubrir la naturaleza del espacio y sus dimensiones y b) la atribución de significados tipológicos. La selección de las variables a graficar (que determinan las etiquetas) en los ejes de coordenadas depende de los paradigmas que se adopten (contexto paradigmático) y los datos brutos solo se grafican después de decidir en qué contexto paradigmático nos moveremos en asociación con los instrumentos que se utilizarán (Roth y col., 1999).

- ✓ **Escalas.**
La escala nos refiere a la situación concreta, el experimento. Permite el mapeo de las medidas realizadas con los instrumentos en el espacio del gráfico (Roth y col., 1999). Facilita crear una ilusión de continuidad entre el fenómeno (mundo representado) y el gráfico (mundo representante), continuidad que no es transparente dada la relación de arbitrariedad que existe entre el mundo representado y los signos utilizados para su representación (mundo representante). Por otro lado, en los gráficos se representan las medidas lo que permite definir un nuevo espacio métrico que relaciona el gráfico con los

instrumentos. Para la construcción de este tipo de gráficos es frecuente utilizar escalas de diferentes tipos a) linear/linear, b) linear/log; c) log/linear y d) log/log.

✓ **Unidades.**

Igual que las escalas, las unidades nos remiten a un contexto situacional específico. El sistema de medidas permite representar los órdenes de magnitud.

✓ **Puntos.**

Los puntos y líneas nos sitúan en el contexto sintagmático. Los puntos en el gráfico se convierten en unidades de análisis, que representan un individuo o una cosa, y es este individuo o cosa, lo que el lector debe recuperar a partir de la lectura del gráfico

✓ **Líneas.**

La síntesis en el gráfico cartesiano la constituye la línea (curva uniforme), la cual se construye a partir de los puntos que representan las medidas. Aunque cada punto se fundamente en datos reales, constituye una nueva entidad en un nuevo espacio que se ha generado a partir de las abscisas y las etiquetas (Roth y col., 1999). El lector debe reconstruir el mundo representado (realidad) a partir del mundo representante (gráfico) utilizando los puntos y las líneas. Por tanto, la línea y los puntos facilitan el proceso de atribuir significados topológicos (covariación). Esta línea marca una relación funcional entre dos conjuntos de medidas que muestran relaciones conceptuales que responden a una función matemática

A partir del uso de los diferentes recursos se construye una presentación, en la que se establecen aseveraciones y desde la que se pueden construir argumentos. Esto es la causa de la complejidad para la comprensión o la atribución de significados. A continuación se presenta un caso concreto de los diferentes significados presentacionales.

Función de los recursos presentacionales. Las etiquetas, las escalas, las unidades, los puntos y las líneas nos permiten “textualizar” la información del gráfico. Así, a partir del gráfico de solubilidad construido a partir de datos empíricos, es posible leer:

✓ *Valores de las variables en un punto, igual que en las tablas.*

Por ejemplo a partir de la Figura 8 (p. 30) es posible afirmar que la solubilidad del cloruro de amonio, NH_4Cl , a $20\text{ }^\circ\text{C}$ es $37\text{ g}/100\text{ g}$ de agua, afirmación que también puede expresarse señalando que a $20\text{ }^\circ\text{C}$ se disuelven 37 g de cloruro de amonio en 100 g de agua.

✓ *Tendencias en la variación de la solubilidad respecto a la temperatura.*

Para algunas sustancias, por ejemplo, K_2SO_4 y KNO_3 , la solubilidad de la sal aumenta a medida que aumenta la temperatura. Sin embargo, el efecto es más marcado para el nitrato de potasio que para el sulfato de potasio. No para todas las sustancias se encuentra una relación de aumento de solubilidad al aumentar la temperatura. De hecho, en el caso del Li_2SO_4 y el SO_2 , encontramos el

efecto contrario, al aumentar la temperatura aumenta la solubilidad del compuesto.

✓ *Generalizaciones.*

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

Recursos Orientación

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

✓ **Títulos y Texto Principal.**

Atribuir significado a los gráficos es un proceso de gran dificultad si el gráfico se presenta aislado, por lo que los gráficos se acompañan normalmente de títulos y un texto principal.

Los títulos se constituyen en una ayuda que busca centrar al lector para facilitar el proceso de lectura del gráfico porque le permiten precisar el contexto presentacional. Esto contribuye a disminuir la flexibilidad de la interpretación, generalmente, orienta sobre la fuente de los datos y llama la atención a espacios del gráfico de importancia para atribuir significados. En algunos casos el título puede proveer instrucciones para su lectura (Roth y col., 1999).

Destacamos que el gráfico es parte integral del texto y junto con el texto principal delimita el contexto paradigmático y situacional. Además, proporciona pistas sobre los aspectos relevantes del gráfico, así como restricciones a considerar; permite generar interpretaciones que integran el gráfico a un marco teórico constituyéndose en una ayuda que ofrece el autor al proceso de comprensión.

✓ **Color, formas y tamaños de los puntos; color, forma y espesor de las líneas.**

En las representaciones gráficas el autor orienta al lector sobre los aspectos de la información que considera relevantes utilizando diferentes recursos gráficos, como son la distribución de los espacios, diferenciación de colores, líneas de diferente grosor, color o aspectos diferentes como líneas continuas, punteadas, etc. Estos recursos buscan “ayudar” al lector en el proceso de reconstruir la situación o el fenómeno. Son utilizados con el propósito de disminuir la flexibilidad de interpretación, la cual es prácticamente inevitable y sólo puede restringirse en la medida en que al autor proporciona recursos que permitan reducir el rango de situaciones a partir de las que se construye el gráfico.

El color puede ser utilizado como recurso para representar información cuantitativa (se utilizan los matices o saturación, por ejemplo, más oscuro mayor valor). Es un recurso muy limitado porque *no representa con exactitud* valores cuantitativos, por lo que no debe ser utilizado como única fuente de datos cuantitativos. También se usa el color asociado a la tarea de marcar las variables (es su uso más común). Se recurre, con mucha frecuencia, al uso del color para mostrar elementos en grupo. El objeto de recurrir al color como recurso semiótico responde a la necesidad de disminuir la demanda en la memoria de trabajo ya que facilita la comparación, especialmente cuando se comparan gráficos diferentes (Shah y Hoeffner, 2002).

Los gráficos cartesianos pueden ser leídos como la “condensación geométrica de una tabla” y a través de la semiótica visual, permiten representar covariaciones entre medidas continuas, por lo que a partir de su “lectura” es posible: a) obtener información sobre los valores de las variables en un punto; b) nos muestra “tendencias” y “dependencias funcionales”; c) es posible inferir “patrones” (Lemke, 1998b).

✓ **Espacio.**

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

En síntesis, y a manera de aplicación, analicemos el gráfico de solubilidad (Figura 18 de este trabajo, p.73). Los resultados se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7: 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 sitúa en un área específica de conocimiento desde donde se atribuyen significados; es el marco de referencia desde el que habla el emisor. En este caso trata la formación de soluciones y reporta de manera cuantitativa la cantidad de soluto que se disuelve en una cantidad fija de agua, es decir, la solubilidad.
Contexto Situacional	Nos plantea la aplicación de los paradigmas a situaciones concretas, en este caso diferentes sales y gases.
Intertextualidad	Se construye a partir del título o subtítulo y los textos introductorios que acompañan la figura funcionan como organizadores. Contribuye a definir el paradigma y la situación.

Presentacionales	Organización	Estructuras	<p>Macroestructura: (debemos construirla con la ayuda del título y el gráfico)</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 la T, y compuestos que disminuyen su solubilidad al aumentar la T. De igual manera la magnitud del cambio también varía dependiendo de la naturaleza del compuesto (estructura de generalización). <p>Microestructura:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Clasificación: podemos situar los compuestos en dos grupos: los que tienen $\Delta\text{solubilidad} > 0$ al aumentar T y los que tienen $\Delta\text{solubilidad} < 0$ al aumentar la T ✓ Causa Efecto: al cambiar el valor de la variable independiente (T) se produce un cambio en el valor de la variable dependiente (solubilidad).
		Etiqueta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Solubilidad de la sal/100 g agua ✓ Temperatura
	Orientación	Escalas	Tipo linear/linear con variaciones de 20 unidades en ambas variables: solubilidad y temperatura.
		Unidades	<p>Relaciona con balanzas y termómetros (contexto situacional).</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La solubilidad: g sal/100 g agua, ✓ Temperatura: ° Centígrados.
	Sintagmas	Puntos	<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 agua. Si se usa 50 g de agua debe disolverse una cantidad igual o mayor de 25,5 g de KCl.
		Línea	<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 de una hipérbola o una parábola, indicando variación exponencial como la del KNO₃

III.3.1.2.e. Gráficos cartesianos abstractos.

Los gráficos cartesianos abstractos se caracterizan por no contar con algunos de los recursos citados, como escalas y unidades (Lemke, 1998b).

Este tipo de gráficos sólo puede mostrar las relaciones conceptuales porque en el gráfico no se especifica el dato, a partir del cual se construye; en este tipo de gráficos no es posible “textualizar” la información como en los gráficos anteriores, pero es posible plantear un nuevo tipo de “textualización” por medio de la Matemática, donde las relaciones pueden responder a líneas rectas ($y=ax+b$), parábolas ($y=a/x$) e hipérbolas ($y=ax^2$).

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

Los gráficos abstractos, a través de la semiótica visual, permiten representar covariaciones entre medidas continuas. Su “lectura” nos muestra “tendencias” y “dependencias funcionales”, además permite inferir “patrones” (Lemke, 1998b).

Sin embargo, de la lectura de este tipo de gráficos no es posible obtener información sobre los valores de las variables en un punto determinado.

III.3.1.2.f. Fuentes de datos en los gráficos.

En general, es posible afirmar que los gráficos reflejan, aunque no de manera explícita:

- ✓ Una visión de mundo (ontológica) que especifica: a) las cosas y sus aspectos que conforman el universo en estudio; b) la relación entre cosas.
- ✓ Una manera de construir el conocimiento (epistemología) desde el dato empírico o desde la teorización. Esto permite diferenciar dos tipos de gráficos, el primero responde a modelos teóricos, por ejemplo, la distribución de probabilidades de un orbital. Estos gráficos son útiles en procesos de construcción deductivos. Un segundo tipo de gráficos responde a datos empíricos, por ejemplo, el gráfico de solubilidad. Estos resultan útiles en procesos inductivos en los que el modelo se construye a partir de los datos (Roth y Bowen, 1999).
- ✓ Una visión paradigmática que determina los conceptos involucrados, las variables (etiquetas) y sus relaciones, lo cual determinara el gráfico abstracto (si responde a un modelo teórico) o el gráfico con valores (si responde a una construcción empírica) que se obtienen, las condiciones de aplicación o de no-aplicación.

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

III.3.1.3. Los Diagramas y los Diagramas de Estructura

Los diagramas son representaciones externas tipo pictóricas que pueden guardar una relación de analogía o una relación más arbitraria con el mundo que representan.

Para su construcción se utilizan recursos sintagmáticos, como líneas y puntos, y recursos intertextuales como los títulos. También es frecuente utilizar colores de la misma intensidad o de intensidades diferentes. En ocasiones los colores son usados para dar sentido tridimensional. Las líneas cerradas se usan para establecer límites, y da la idea de sistema cerrado. Las líneas alrededor de un objeto se usan para dar sentido de movimiento. Todas estas reglas son establecidas culturalmente.

Los diagramas en que la relación con el mundo representante es más arbitraria se pueden llamar diagramas abstractos; tienen una semiótica visual muy parecida a los gráficos abstractos (no utilizan las escalas como recursos semióticos). Por consiguiente, pueden ser combinados en una misma representación pictórica para ser leída como dos partes diferentes. En estas representaciones se utiliza como recurso sintagmático una fina línea de puntos (función organizacional) que integra visualmente ambas representaciones. Este tipo de integración requiere equivalencia en las variables que representan las líneas tanto en el diagrama como en el gráfico (Lemke, 1998b),

La reconstrucción de los diagramas que mantienen una relación de analogía con la representación es un proceso más fácil de realizar por parte de los estudiantes que cuando la relación entre la representación y lo representado es arbitraria. Sin embargo, es preciso destacar que aún cuando las relaciones sean analógicas, se necesita el conocimiento de las reglas que se siguen para construir el diagrama (Roth, 2002).

Los diagramas de estructura.

Los diagramas de estructura se utilizan en Química para representar el mundo microscópico. Sin embargo, constituyen un sistema de símbolos que no es transparente porque implica asumir un modelo teórico: la materia está formada por átomos. Esto implica la dependencia de los diagramas de estructura de la teoría atómica.

A partir de una representación en la que se han utilizado puntos de tinta de diferentes colores para su elaboración, el lector debe realizar un trabajo de lectura para reconstruir un espacio bidimensional. Formas particulares de combinar estos puntos nos permiten generar texturas y volúmenes a partir de las cuales el lector puede reconstruir espacios tridimensionales, así como reconocer instantes de tiempo particulares (Han y Roth, 2006).

Las exigencias que plantean los postulados de Dalton¹⁰, llevan a establecer un modelo en el que se usan, entre otros, los siguientes recursos semióticos:

- a) *Representación de átomos.* Representación de los átomos por figuras geométricas de diferentes tamaños y colores. Generalmente se utilizan círculos a los que por efecto de sombras se da profundidad para asemejar esferas. En el caso del lenguaje químico se establecen códigos en los que se usan colores particulares para representar cada tipo de átomos. A manera de ejemplo, el blanco se asocia al hidrógeno, el negro al carbono, el rojo al oxígeno, el verde al cloro. Debemos resaltar que este tipo de reglas se utilizan, en particular, en los libros de texto, es decir, responden a representaciones pedagógicas.
- b) *Representación de moléculas.* Las moléculas pueden representarse como: a) unidades individuales (un solo círculo) o b) unidades complejas en las que se recurre a varios círculos de diferentes tamaños y colores (si se trata de átomos diferentes) y unidos entre sí por medio de líneas, como el caso de la Figura 21 en la que se representa la molécula de tetróxido de nitrógeno como círculos diferentes y unidos entre sí. En la representación de la molécula de tetróxido y dióxido de nitrógeno (Figura 21), las esferas son de

¹⁰ Los postulados de Dalton establecen (Brown y col.2004): a) cada elemento se compone de partículas extremadamente pequeñas llamadas átomos; b) todos los átomos de un elemento dado son idénticos; los átomos de elementos diferentes son diferentes y tienen propiedades distintas (incluida la masa); c) los átomos de un elemento no se transforman en átomos diferentes durante las reacciones Químicas; los átomos no se crean ni se destruyen en las reacciones Químicas; d) cuando se combinan átomos de más de un elemento se forman compuestos y un compuesto dado siempre tiene el mismo número relativo de la misma clase de átomos.

tamaño muy parecido porque los átomos de nitrógeno y oxígeno tienen un tamaño aproximado, las esferas rojas representan el átomo de oxígeno, mientras que las azules representan átomos de nitrógeno. Esta es una representación que enfatiza la estructura de las moléculas de N_2O_4 y NO_2 . En el N_2O_4 la relación de combinación de los átomos para formar la molécula es 2(N): 4(O). En el dióxido la relación es 1(N):2(O)

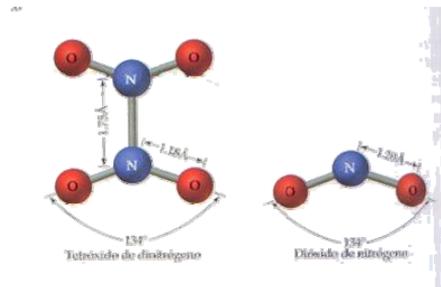


Figura 21: Representación molécula tetróxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno, con énfasis en representar la estructura.

- c) *Representación de estados de la materia.* Para construir una REP en la que se diferencien los estados de la materia, se utiliza como recurso la distancia entre las moléculas como determinante del estado de la materia. En la Figura 22, tomado de Han y Roth (2006) no sólo se asocia distancia, sino también movimiento.

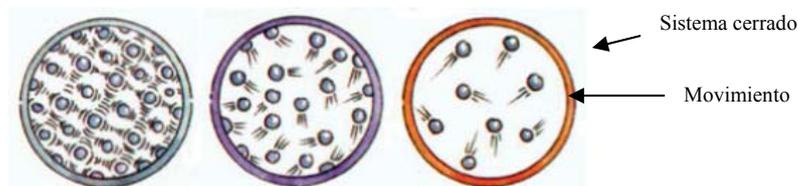


Figura 22: Representación de moléculas de agua en estados diferentes: sólido, líquido y gaseoso. Se utilizan REP tipo Diagrama Estructura.

Sin embargo, recurrir a la separación entre las esferas para indicar que en el gas las moléculas están más separadas que en el sólido, constituye una representación con limitaciones porque la separación entre las moléculas no se muestra a las distancias establecidas en los modelos conceptuales. Por ejemplo, la distancia promedio entre las moléculas del gas, a 1 atm de presión y temperatura ambiente es de 10 veces su diámetro (de Voss y Verdonk, 1996; citado en Han y Roth, 2006).

- d) *Representación de movimiento molecular.* Un recurso que se utiliza para indicar el movimiento de las moléculas es la línea alrededor de las moléculas. En la Figura 22 en el sólido estas líneas además se utilizan para indicar fuerzas de interacción. Para denotar movimiento es posible que se utilicen sombras o una especie de cola. El énfasis en estos símbolos se utiliza para indicar mayor velocidad (Han y Roth, 2006). Un ejemplo, lo

encontramos en la representación propuesta por Han y Roth y que incluimos a continuación en la Figura 23.



Figura 23: Marcas para representar movimiento en libros de texto. Tomado de Han y Roth (2006)

- e) *Representación de un sistema cerrado.* Los límites representados por los círculos externos nos indican sistema cerrado.
- f) *Representación de cambios de estado.* La distancia entre partículas iguales suele ser empleada para indicar cambios de estado. En este tipo de cambios en sistemas cerrados se debe respetar la conservación, por lo que el número de partículas deben coincidir.
- g) *Relación representaciones nivel macro y micro.*
En los textos de Química cada vez se hace más frecuente utilizar representaciones que combinan el nivel macroscópico con el nivel microscópico y el simbólico, lo cual en algunos casos se logra tomando un sector de la representación macroscópica y haciendo una “ampliación” que muestra el nivel microscópico.

Un ejemplo del uso de este recurso en los textos de Química se muestra en la Figura 24.

- h) *Representación de procesos a través del tiempo:* A partir de la Figura 24 también es posible observar un recurso que resulta muy utilizado para hacer referencia a procesos que se desarrollan a través del tiempo. Con este fin, se emplean fotos separadas, presentadas en secuencia continua para marcar variaciones a lo largo del tiempo. Este tipo de representación requiere una lectura de izquierda a derecha. A la descripción del proceso contribuyen diferentes ayudas como marcar cada figura con letras *a, b, c*, indicando secuencia y orden. Se complementa el recurso con el uso de los títulos y subtítulos y las etiquetas o textos que cumplen una función explicativa (de presentación, organización y orientación).

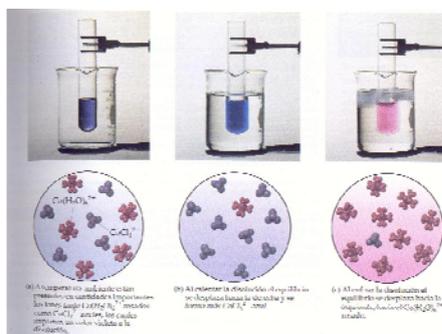


Figura 24: Ejemplo de recursos semióticos utilizados para relacionar nivel macro con nivel micro. (Tomada de Brown y col., 2004; Fig. 15.15, p. 599)

III.3.1.4. *Las fotografías*

Las fotografías, entendidas como representaciones del mundo real, son representaciones pictóricas y guardan una relación tipo reproductiva entre el referente (la “cosa” o idea) y el signo (la representación). A diferencia de los otros tipos de representaciones prácticamente no utiliza los espacios en blanco. En consecuencia, están cargadas de información, mucha de ella irrelevante, de manera que orientar al lector sobre los aspectos a considerar resulta clave para la comprensión de la REP. La cantidad de detalles que conforman la fotografía proporciona un espacio que puede ser considerado como prolongación del mundo natural, lo cual debe permitir el establecer una conexión entre el mundo real y la situación que se quiere representar (Pozzer y Roth, 2003). Pueden entenderse como un registro mecánico de la realidad (Pozzer y Roth, 2004).

Las fotografías son utilizadas con frecuencia en los libros de texto en ciencias, pero su lectura no está exenta de problemas. En general, aportan más información de la que es central para la construcción del discurso. Esta información superflua contribuye a ampliar el número de posibles interpretaciones. El *texto* proporciona las pistas que dirigen la atención del lector indicando “qué mirar” y contribuyendo a reducir la densidad del campo visual. Sin embargo **el texto no “repite” la fotografía, lo complementan**. Para Pozzer y Roth (2003, p.1090) “*el texto al estar co-presente con la fotografía proporciona la pedagogía para leer la imagen fotográfica, permitiendo disminuir el infinito número de interpretaciones posibles*”

Frente a una fotografía es posible preguntarnos ¿Cuál es su contenido? ¿Qué significa? ¿Por qué se presentan en secuencia? Las respuestas a estas preguntas dependen de las posibilidades de uso de los recursos semióticos que acompañan la fotografía, entre ellos, el texto y las leyendas. Entre los diferentes recursos semióticos tenemos: el título del tema (o subtema), el texto principal, la leyenda de la fotografía y la secuencia de fotografías.

Recursos Semióticos

✓ **El título y los subtítulos.**

En los libros de texto las fotografías no se presentan en forma aislada. Forman parte de un capítulo utilizado para la presentación de un tema particular, el cual está definido por el título. Por ejemplo en el texto Química la Ciencia Central, Brown y col. (2004) nos presentan en el capítulo 15, p. 577, el tema Equilibrio Químico. Este título funciona como recurso semiótico porque prepara al lector sobre el tema a desarrollar (Pozzer y Roth, 2003), a través de un proceso de activación de los conocimientos que tiene sobre el tema, que permite poner en funcionamiento la intertextualidad.

✓ **El texto principal.**

El texto principal permite presentar las ideas del autor respecto a un hecho, un concepto, o una teoría (Pozzer y Roth, 2003). El texto orienta la selección de la representación pictórica apropiada porque el autor se propone que la REP funcione como argumento de apoyo a lo que quiere presentar.

✓ **La Leyenda**

Es el recurso que orienta al lector a focalizar su atención en un aspecto definido de la fotografía al proporcionar pistas para su lectura de manera que se produzca comprensión (Pozzer y Roth, 2003). La leyenda cumple la función de contribuir a comprender e interpretar la fotografía.

La fotografía y la leyenda debemos entenderlas como dos textos diferentes (uno verbal y otro visual), que conforman una unidad interdependiente, actuando como recurso semiótico para la construcción de significado. Por ejemplo, en la Figura 18, la leyenda nos indica que la variable que modificamos es la temperatura: en a) se está a temperatura ambiente; en b) calentamos y en c) enfriamos. Observar las fotografías después de leer la leyenda nos lleva a observar que el primer beaker está vacío (temperatura ambiente); el segundo beaker está lleno de agua (la cual debe haber sido previamente calentada) y el tercer beaker tiene agua más hielo.

Dependiendo de la información que aporta la leyenda, las fotografías pueden cumplir cuatro funciones diferentes (Pozzer y Roth, 2003), funciones que se cumplen en acción sinérgica con los otros recursos semióticos.

Función Decorativa: no requieren de referencias en texto ni tampoco de leyenda.

Función Ilustrativa: la leyenda permite identificar un objeto o un fenómeno, pero no se proporciona ninguna otra información.

Función Explicativa: la leyenda permite identificar un objeto o fenómeno lo que se acompaña de una explicación o clasificación de los mismos.

Función Complementariedad: la leyenda permite identificar un objeto o fenómeno, acompañada de una explicación o clasificación de los mismos. Además, proporciona nueva información que no está disponible en el texto principal sobre el objeto o fenómeno.

✓ **La Secuencia de fotografías**

Otro recurso importante a considerar tiene que ver con la organización en la representación. En el caso de la Figura 18, la secuencia de fotografías nos da la idea de proceso, momentos diferentes, secuencias que deben ser comparadas. En este caso el cambio en la temperatura desplaza la reacción a la formación de compuestos con diferentes colores (nivel macroscópico), lo que se relaciona con las estructuras de los compuestos (nivel microscópico), induciendo al autor al uso de diagramas de estructura para promover que el lector interconecte ambo niveles.

✓ **Recursos tipográficos**

Identificar las fotografías con letras (a), (b)..., o números (1), (2)..., o el uso de flechas, proporciona pistas que orientan al lector a los detalles que el autor quiere resaltar

III.3.1.5. Síntesis.

En síntesis, podemos afirmar que los autores utilizan diferentes recursos para construir la presentación de un paradigma y su aplicación a una situación concreta (representación de un contenido, que constituye su representación interna de un campo de conocimiento). A fin de lograr esto utilizan diferentes recursos semióticos, como relación explícita con el texto principal, leyendas, diferentes

recursos tipográficos como: negritas, colores. Un resumen de los recursos y funciones se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8: El discurso de la ciencia: de la forma de comunicarlo y la atribución de significado.

Funciones del discurso		Papel	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Permite construir el tópico aportando aseveraciones y argumentos ✓ Las aseveraciones y argumentos se refieren a los procesos, a las relaciones o a las condiciones de aplicación o no aplicación. ✓ Combina recursos textuales (lingüísticos) con recursos no textuales (imagísticos) ✓ En las representaciones pictóricas la función presentacional facilita la textualización. 												
		Recursos	<p><i>Superestructura:</i> señala la Organización general tema, como en tablas de contenido. Los títulos y subtítulos ayudan a cumplir esta función</p> <p><i>Macroestructura:</i> busca relacionar el todo con las partes, por ejemplo en el resumen o introducción o las conclusiones</p> <p><i>Microestructura:</i> es el nivel local del discurso. Se da en las oraciones y párrafos, para lo que se utilizan estructuras retóricas (las encontramos en las representaciones lingüísticas y en las pictóricas). En una misma representación pueden coexistir diferentes estructuras.</p> <p style="text-align: center;"><i>Estructuras Retóricas</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Representaciones lingüísticas</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Representaciones pictóricas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Generalización ✓ Enumeración ✓ Clasificación ✓ Causa/efecto ✓ Problema/solución </td> <td> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Diagramas</td> <td style="width: 50%;">Generalización, clasificación</td> </tr> <tr> <td>Fotografías</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tablas</td> <td>Causa/Efecto, clasificación, comparación</td> </tr> <tr> <td>Gráficos Cartesianos</td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> </tbody> </table>	Representaciones lingüísticas	Representaciones pictóricas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generalización ✓ Enumeración ✓ Clasificación ✓ Causa/efecto ✓ Problema/solución 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Diagramas</td> <td style="width: 50%;">Generalización, clasificación</td> </tr> <tr> <td>Fotografías</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tablas</td> <td>Causa/Efecto, clasificación, comparación</td> </tr> <tr> <td>Gráficos Cartesianos</td> <td></td> </tr> </table>	Diagramas	Generalización, clasificación	Fotografías		Tablas	Causa/Efecto, clasificación, comparación	Gráficos Cartesianos	
			Representaciones lingüísticas	Representaciones pictóricas											
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generalización ✓ Enumeración ✓ Clasificación ✓ Causa/efecto ✓ Problema/solución 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;">Diagramas</td> <td style="width: 50%;">Generalización, clasificación</td> </tr> <tr> <td>Fotografías</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tablas</td> <td>Causa/Efecto, clasificación, comparación</td> </tr> <tr> <td>Gráficos Cartesianos</td> <td></td> </tr> </table>	Diagramas	Generalización, clasificación	Fotografías		Tablas	Causa/Efecto, clasificación, comparación	Gráficos Cartesianos							
Diagramas	Generalización, clasificación														
Fotografías															
Tablas	Causa/Efecto, clasificación, comparación														
Gráficos Cartesianos															
Papel	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se concreta en tres niveles diferentes: a) Superestructura (orden global); b) Macroestructura (aporta el significado global, lo que permite jerarquizar las ideas) y c) la microestructura (denota las proposiciones o ideas y sus relaciones). ✓ Organiza la superestructura y la macroestructura, lo que permite definir el género 														
	Recursos	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%; text-align: center;">Representaciones lingüísticas</th> <th style="width: 50%; text-align: center;">Representaciones pictóricas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lingüísticos</i> : uso estructuras retóricas ✓ <i>Ayudas para la lectura:</i> destacar títulos y subtítulos, resumen ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, subrayados </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lingüísticos</i> : uso estructuras retóricas ✓ <i>Ayudas gráficas:</i> uso de colores, sombras, grueso y tipo de líneas, ✓ <i>Ayudas para la lectura:</i> destacar títulos y subtítulos ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, subrayado. Divisiones en la representación, por ej. Fig. 1 (a) y Fig. 1(b) ✓ <i>Caso Química destaca, de manera explícita, conexión mundo macroscópico y microscópico</i> </td> </tr> </tbody> </table>	Representaciones lingüísticas	Representaciones pictóricas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lingüísticos</i> : uso estructuras retóricas ✓ <i>Ayudas para la lectura:</i> destacar títulos y subtítulos, resumen ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, subrayados 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lingüísticos</i> : uso estructuras retóricas ✓ <i>Ayudas gráficas:</i> uso de colores, sombras, grueso y tipo de líneas, ✓ <i>Ayudas para la lectura:</i> destacar títulos y subtítulos ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, subrayado. Divisiones en la representación, por ej. Fig. 1 (a) y Fig. 1(b) ✓ <i>Caso Química destaca, de manera explícita, conexión mundo macroscópico y microscópico</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Ayudas gráficas:</i> uso de colores, sombras, grueso y tipo de líneas, ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, Divisiones en la representación ✓ <i>Destacar explícitamente la conexión mundo macroscópico y microscópico (caso Química)</i> 								
		Representaciones lingüísticas	Representaciones pictóricas												
<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lingüísticos</i> : uso estructuras retóricas ✓ <i>Ayudas para la lectura:</i> destacar títulos y subtítulos, resumen ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, subrayados 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lingüísticos</i> : uso estructuras retóricas ✓ <i>Ayudas gráficas:</i> uso de colores, sombras, grueso y tipo de líneas, ✓ <i>Ayudas para la lectura:</i> destacar títulos y subtítulos ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, subrayado. Divisiones en la representación, por ej. Fig. 1 (a) y Fig. 1(b) ✓ <i>Caso Química destaca, de manera explícita, conexión mundo macroscópico y microscópico</i> 														
Papel	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Orienta la atribución de significados destacando lo que el autor considera importante 														
	Recursos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Lingüísticos</i> : como uso de conectadores, palabras claves, destacar énfasis, llamar la atención ✓ <i>Ayudas para la lectura:</i> destacar títulos y subtítulos, resumen ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Ayudas gráficas:</i> uso de colores, sombras, grueso y tipo de líneas, ✓ <i>Ayudas tipográficas:</i> tamaño de las letras, estilo de las letras, orientación de la página en el espacio, Divisiones en la representación ✓ <i>Destacar explícitamente la conexión mundo macroscópico y microscópico (caso Química)</i> 												
		Papel	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Orienta la atribución de significados destacando lo que el autor considera importante 												

		Representaciones lingüísticas		Representaciones pictóricas	
Naturaleza de contenidos	TIPOLOGICOS	papel	Colocar en categorías	Variables (gráficos o tablas), átomos que intervienen (diagramas estructura), Procesos (fotos)	
	TOPOLOGICOS	Recursos	Símbolos convencionales de aplicación general como Palabras, Símbolos y formas. Entonación, en el lenguaje hablado	Efectos composicionales como Tamaño relativo, lugar, variación del color o saturación de colores	

Contexto disciplinar Comunidad de discurso	PARADIGMÁTICO	Papel y recursos	Define el contexto paradigmático en el que se trabaja un contenido específico. En oportunidades es posible inferir si se trata de una construcción deductiva o inductiva
	SITUACIONAL		Refiere a la aplicación del paradigma a una situación concreta. En las representaciones lingüísticas puede presentarse de manera descriptiva o como la resolución de un problema. En las representaciones pictóricas se da como resultado de un experimento o como una generalización (en los gráficos abstractos por ejemplo)
	INTERTEXTUALIDAD (desde el mismo texto)		El objeto de estudio requiere del uso de múltiples representaciones que no deben entenderse como diferentes maneras de "hablar" sobre ese objeto, sino como maneras de "hablar" sobre aspectos diferentes de ese objeto
	SINTAGMA		Letras, organizadas en palabras, oraciones, párrafos, signos de puntuación

III.3.2. REGLAS DEPENDIENTES DE LA COMUNIDAD DE DISCURSO DE LOS QUÍMICOS. LA NATURALEZA DEL MUNDO REPRESENTADO.

III.3.2.1. Los modelos conceptuales como representaciones externas.

Los significados en los campos de conocimiento están asociados a las teorías, las cuales están definidas por los contextos paradigmáticos y situacionales que se expresan en los diferentes sistemas representacionales utilizados por las ciencias.

Un tipo particular de representaciones externas, de gran interés en el área de la ciencia, lo constituyen los modelos conceptuales, caracterizados por ser herramientas diseñadas por los investigadores, los profesores u otros profesionales para facilitar la comprensión o la enseñanza de los sistemas físicos (Norman, 1983). Es decir, son modelos compartidos por comunidades de científicos¹¹, profesionales y profesores. La enseñanza de las ciencias se centra en el análisis, discusión y comprensión, de los paradigmas compartidos por las comunidades de científicos, y desde las ciencias cognitivas nos interesamos por los procesos que conducen a compartir significados implícitos en los modelos conceptuales.

Los modelos conceptuales son representaciones externas precisas y completas que son coherentes con un conocimiento científicamente aceptado (Greca y Moreira, 2002). Así, encontramos que la teoría cinética de los gases constituye un modelo conceptual coherente con la idea de que la materia está formada por partículas.

Estos modelos conceptuales se expresan por medio de un lenguaje de características propias, el lenguaje científico, que constituye un sistema cultural de recursos semióticos¹² con componentes particulares. La atribución de significados depende de la lectura simultánea de todos los componentes porque los diferentes sistemas actúan de manera sinérgica para la construcción de significados. Estos modelos conceptuales resultan al considerar cada concepto científico de manera simultánea como un signo en la semántica verbal del discurso, en el sistema operacional de acciones significativas, en el sistema representacional visual y en el sistema simbólico matemático (Lemke, 1998a). En este punto es conveniente recordar una diferencia básica entre los modelos conceptuales, que son representaciones externas, de los modelos mentales, que son representaciones internas.

Para Lemke (1998a) los conceptos científicos no representan una realidad que pre-existe, más bien constituyen un medio para interpretar nuestra experiencia en el mundo, un mundo que para ser descifrado debe ser modelado. En este proceso los conceptos son elementos en un sistema de signos en los que los significados son producto de la integración de diferentes sistemas representacionales conformados

¹¹ la semiótica social a que refiere Lemke(1998a) es definida como un proceso para atribuir significados dando sentido a la práctica y las actividades como procesos sociales porque para Lemke el conocimiento científico es “algo que aprendemos como miembros de una comunidad y que tendemos a realizar de una manera característica que permite identificar a esa comunidad”

¹² entendida la semiótica como el estudio de la atribución de significados utilizando recursos culturales diversos, por ejemplo, sistemas de palabras, imágenes, símbolos, acciones (Lemke, 1998a)

por: signos en la semántica verbal del discurso, signos en un sistema representacional visual, signos en un sistema semiótico matemático y signos en un sistema operacional de acciones. El poder de los conceptos científicos deriva del hecho de que desde los diferentes sistemas semióticos es posible multiplicar los significados.

Los **modelos conceptuales** son herramientas o “ayudas” diseñadas para la comprensión o enseñanza de los sistemas físicos (Norman, 1983). Podemos decir que son representaciones externas compartidas por comunidades de científicos, profesionales y profesores. Cuando tenemos **modelos conceptuales de los sistemas físicos**, éstos se caracterizan por:

- ✓ Ser modelos precisos, consistentes y completos de sistemas físicos inventados para que sirvan de medios para facilitar la construcción modelos mentales.
- ✓ Ser inventados por las personas que operan con modelos mentales.
- ✓ Ser compartidos por comunidades de conocimiento.
- ✓ Buscar ser completos y estables mientras no cambian los paradigmas sobre los que se sustentan. Son científicos.
- ✓ En el caso de algunos modelos conceptuales, tener estructura análoga a la estructura de los estados del mundo que representan. Otros modelos presentan una estructura proposicional o arbitraria, por ejemplo, el modelo atómico.

Como hemos señalado, la construcción del discurso, para “hablar” sobre estos modelos conceptuales recurre al uso de diferentes sistemas de representaciones externas: las lingüísticas y las pictóricas. Las pictóricas, en ciencias, se pueden concretar en forma de:

- a) Expresiones matemáticas, mostrando relaciones entre variables ($PV=nRT$);
- b) Analogías, como la de “pintar-borrar” para equilibrio químico, desde la perspectiva cinética propuesta por Garritz y que se muestra en la Fig. 25.



Esta analogía se utiliza como fundamento para la explicación los aspectos cinéticos. Representa el equilibrio químico por la longitud de la línea que se pinta y que se borra a la misma velocidad.

El autor equipara esta analogía con una de tipo mecánico en la que se transfieren recipientes llenos de agua de un tanque a otro

Esta analogía (mecánica) es cuestionada desde el punto de vista didáctico (Johnstone y col, 1977)

Figura 25: Analogía para representar el equilibrio químico (Tomado de Garritz (1997), The painting-sponging analogy for Chemicals equilibrium. *Journal Chemical Education*, 74, 544-545.

- c) Artefactos materiales como una estructura molecular tipo ball-stick (Figura 26).



Molécula de futamida

Figura 26: Estructuras moleculares tipo ball-stick

- d) Diferentes tipos de Representaciones Pictóricas, como las que se muestran en la Fig. 27

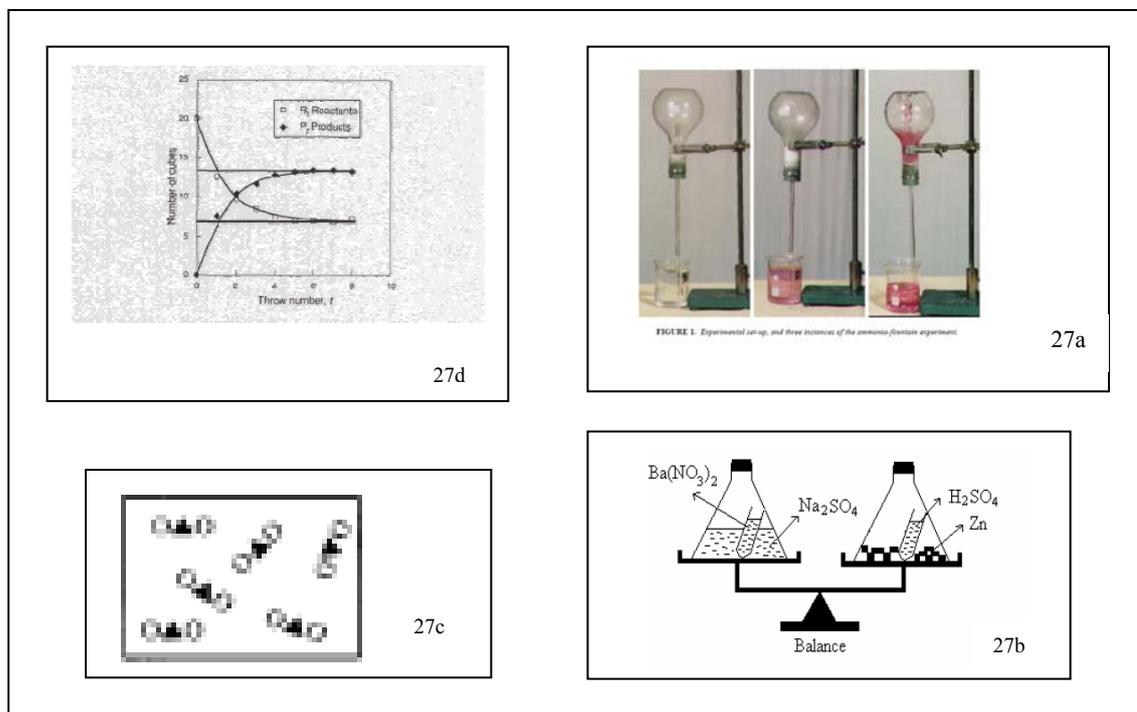


Figura 27: Diferentes formatos de representaciones pictóricas (27a: tomado de Kampourakis y Tsapralis (2003) Chemistry Education Research and Practice; 27b: tomado de Ösmen y Ayas (2003) Chemistry Education Research and Practice; 27c tomado de Journal Chemical Education; 25d tomado de Edmonton y Lewis (1999) Journal Chemical Education, 76, p.502)

A continuación, utilizando como punto de partida las representaciones, profundizaremos en aquellas que son utilizadas en el área de la Química.

III.3.2.1. Clasificación de las representaciones externas con base en la naturaleza del mundo representado y los modelos conceptuales. Los niveles de representación en Química: macroscópicas, microscópicas y de proceso.

Johnstone (1993) reconoce tres niveles de representación en el caso particular de la Química, que se corresponden con los tres componentes básicos de esta ciencia:

- ✓ La *macroQuímica*: lo fenomenológico, lo que percibimos (lo concreto de los fenómenos, es decir, lo que podemos ver, tocar, oler);
- ✓ La *submicroQuímica*: que se refiere a los modelos conceptuales, es decir, las teorías, principios, conceptos (la conceptualización de lo molecular, lo atómico y lo cinético) y por último

- ✓ El *componente simbólico* de la Química, **desarrollado** por los químicos para expresarse en los niveles macro, micro y de proceso. Este componente simbólico permite hacer traslaciones entre los diferentes niveles. En una representación estos niveles pueden utilizarse de manera individual o en forma integrada. Aumentando el nivel de complejidad de la representación cuando se integran. De manera individual se utilizan en las fórmulas, de manera integrada se utilizan en las ecuaciones y la estequiometría. Un auxiliar importante del componente simbólico utilizado en Química lo constituye la Matemática. A continuación, en la Fig. 28, se presenta un ejemplo de la combinación de diferentes niveles en una misma representación.

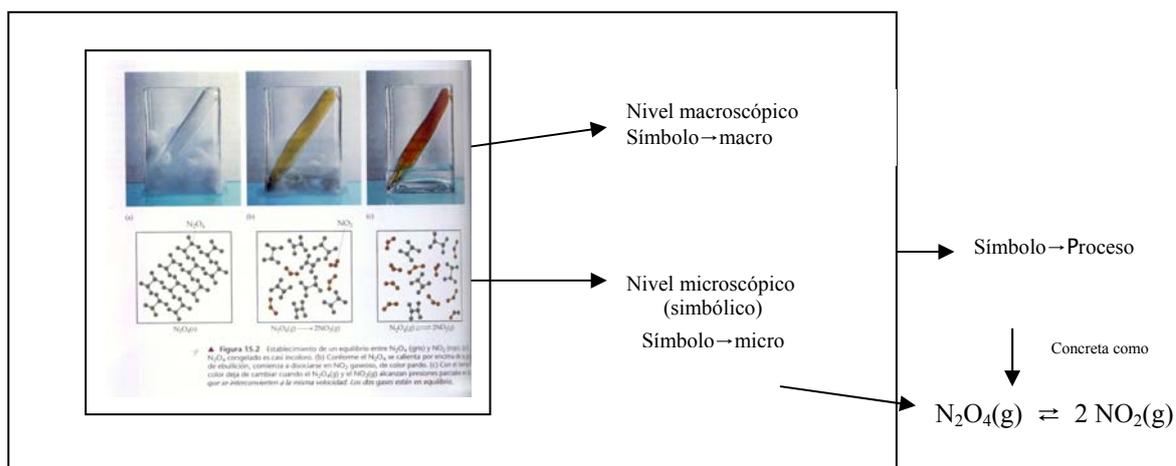


Figura 28: Los niveles de representación en una representación pictórica utilizada en el área de Química (Tomada de Brown y col., 2004, Fig. 15.2; p. 576)

Por otra parte, las representaciones externas pueden clasificarse, atendiendo a la relación entre el símbolo y el nivel en que se expresa la relación (macro, submicro, proceso), de acuerdo con lo propuesto por Dori y Hameiri (2003), en:

- ✓ **Representación Símbolo → macro:** correspondiente al nivel sensorial, perceptible.
- ✓ **Representación Símbolo → micro:** establece relaciones a través de la representación de las partículas que intervienen en la representación.
- ✓ **Representación Símbolo → proceso:** la representación que sintetiza un proceso químico utilizando símbolos agrupados en una reacción.

Sin embargo consideramos conveniente, para efectos de nuestro trabajo ampliar esta clasificación de las representaciones externas. Proponemos la siguiente clasificación:

Un primer nivel lo encontramos cuando se reconoce:

- El nivel de la representación macroscópico, el microscópico y el proceso.
- El formato de la representación: lingüística, pictórica.

Un segundo nivel, nos permite subdividir las representaciones de categorías generales en subcategorías de acuerdo a:

- a) Tipo de clasificación según la función que cumple en el proceso de lectura-interpretación-comprensión: ilustración, gráfico o diagrama
- b) La relación mundo representado/mundo representante: simbólica-analógica, simbólica-abstracta y naturalista-analógica

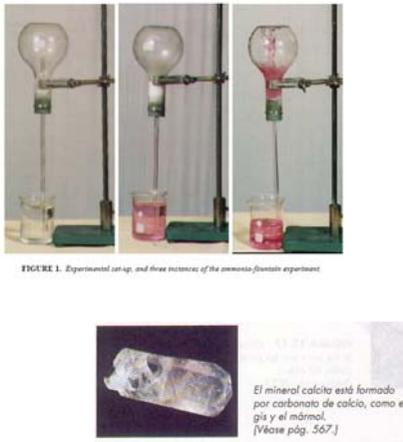
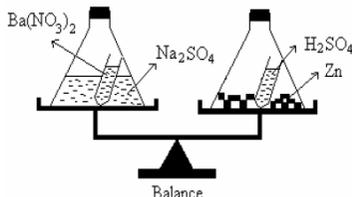
III.3.2.2. Clasificación de las representaciones pictóricas que utilizaremos en este trabajo.

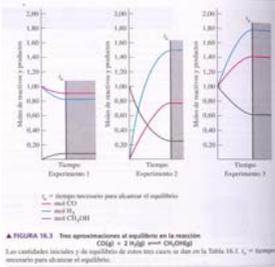
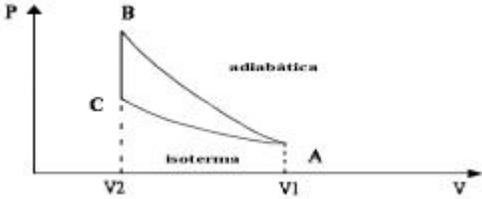
A continuación, en la Tabla 9, se presenta una clasificación de las representaciones externas en Química que proponemos para efectos de este trabajo, y que integra:

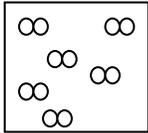
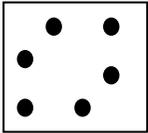
- ✓ Nivel de representación (macro, micro, proceso), dada por la importancia de estos niveles para la comprensión del lenguaje en Química.
- ✓ Comprensión (diagrama, gráficos, mapas, ilustraciones) porque permite anticipar qué “buscar” en la representación.
- ✓ Signo porque permite reconocer la relación entre la representación y lo que ella representa.
- ✓ La relación representado-representante que puede ser de semejanza o abstracta.

Proponer esta clasificación tiene como propósito hacer explícitos diferentes tipos de significados, de manera que cada componente pueda orientar el proceso de lectura-interpretación-comprensión, y así, facilitar el proceso de atribución de significados.

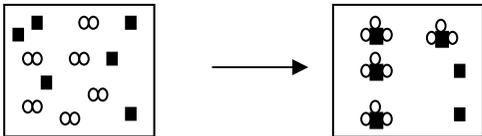
Tabla 9: Clasificación de las representaciones externas atendiendo a la naturaleza de los contenidos químicos

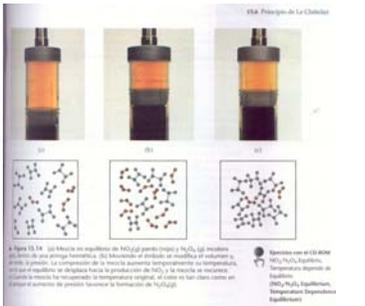
NIVEL	TIPO DE REPRESENTACIÓN	TIPO FUNCIÓN COMPRENSIÓN	TIPO FUNCIÓN SIGNOS	EJEMPLO	FUNCIÓN
MACROSCÓPICA	LINGÜÍSTICA Conjunto de símbolos, con una estructura arbitraria que refiere a fenómenos observables		SIMBÓLICA/ABSTRACTA Representación de un fenómeno observable que usa una señal simbólica lingüística en la que la relación entre el signo y lo que el signo representa es arbitraria	La descomposición del carbonato de calcio ocurre en el interior de cilindro, el cual tiene un émbolo móvil. El sistema, cilindro, pistón y la mezcla de reacción, se mantiene a temperatura constante. En la superficie exterior del pistón se aplica una presión atmosférica constante como resultado de la presión que ejerce la atmósfera. Inicialmente el cilindro sólo contiene carbonato de calcio(s) y dióxido de carbono (g) (estado inicial). Cuando el sistema ha alcanzado el equilibrio, el cilindro contiene una mezcla de carbonato de calcio (s), óxido de calcio (s) y dióxido de carbono (g) (estado final)	Permite describir, clasificar, generalizar
	PICTÓRICA Representación que utiliza símbolos o iconos (por medio de los cuales se puede inferir información relacional a partir de las características estructurales) para referirse a fenómenos observables	ILUSTRACIÓN fotografías	SEÑAL NATURALISTA/ANALÓGICA Representación de un fenómeno observable que usa una señal analógica en la que la relación entre la señal y lo que la señal representa no es arbitraria, por el contrario, muestra una relación espacial reproductiva (tipo copia fiel) de un objeto o de un fenómeno <i>Puede representar un proceso como en este ejemplo una situación puntual</i>		Permite describir los fenómenos a nivel macroscópico, y posibilita observar cambios de colores, de formas, de estado
		CROQUIS (dibujo)	ICÓNICA/ ANALÓGICA Representación de un fenómeno observable que usa signos tipo icónicos de tipo analógica en la que la relación entre el signo y lo que éste representa es analógica <i>Puede representar un proceso como en este ejemplo una situación puntual</i>		Permite describir, generalizando, una situación o experimento, eliminando los detalles que no aportan información relevante.

		<p>GRÁFICO gráfico ejes de coordenadas</p> <p>SIMBÓLICA/CONCRETA</p> <p>Representación de un fenómeno observable que usa un signo de tipo simbólico (gráfica) para mostrar relaciones numéricas o cuantitativas entre variables que se miden en el nivel macroscópico La relación entre el signo y lo que el signo representa es arbitraria</p> <p>Incluye escalas, unidades lo que permite relacionar la representación con la situación</p> <p><i>representa procesos</i></p>	 <p>Un sistema termodinámico pasa por los estados A-B-C-A como indica la figura.</p>	<p>Muestra relación matemática entre variables que permiten describir un fenómeno, ayudan a destacar las propiedades topológicas observando las formas de las líneas.</p> <p>Las etiquetas permiten atribuir significados tipológicos.</p>																														
		<p>GRÁFICO gráfico ejes de coordenadas</p> <p>SIMBÓLICA/ABSTRACTA</p> <p>Representación de un fenómeno observable que usa un signo de tipo simbólico (gráfica) para mostrar relaciones numéricas o cuantitativas entre variables que se miden en el nivel macroscópico La relación entre el signo y lo que el signo representa es arbitraria</p> <p><i>representa procesos</i></p>	 <p>Si durante todo el proceso el sistema transfiriere 12 Kcal, calcule la cantidad de trabajo realizado sobre el sistema.</p>	<p>Muestra relación matemática entre variables que permiten describir un fenómeno, ayudan a destacar las propiedades topológicas observando las formas de las líneas.</p> <p>Las etiquetas permiten atribuir significados tipológicos.</p>																														
		<p>GRÁFICO tabla</p> <p>SIMBÓLICA/ABSTRACTA LINGÜÍSTICA/MATEMÁTICA</p> <p>Representación de un fenómeno observable que usa un signo de tipo simbólico (numérica) para mostrar relaciones numéricas o cuantitativas entre variables que se miden en el nivel macroscópico La relación entre el signo y lo que el signo representa es arbitraria</p> <p><i>representa procesos</i></p>	<p>15.2. Constante de equilibrio 581</p> <p>Tabla 15.3. Presiones parciales iniciales y de equilibrio (P) de N₂O₄ y NO₂ a 100°C</p> <table border="1" data-bbox="1061 943 1570 1046"> <thead> <tr> <th>Experimento</th> <th>Presión parcial inicial de N₂O₄ (atm)</th> <th>Presión parcial inicial de NO₂ (atm)</th> <th>Presión parcial de equilibrio de N₂O₄ (atm)</th> <th>Presión parcial de equilibrio de NO₂ (atm)</th> <th>K_{eq}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.0</td> <td>0.612</td> <td>0.0429</td> <td>0.526</td> <td>6.45</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.0</td> <td>0.919</td> <td>0.0857</td> <td>0.744</td> <td>6.46</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.0</td> <td>1.22</td> <td>0.136</td> <td>0.944</td> <td>6.46</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.612</td> <td>0.0</td> <td>0.136</td> <td>0.944</td> <td>6.46</td> </tr> </tbody> </table>	Experimento	Presión parcial inicial de N ₂ O ₄ (atm)	Presión parcial inicial de NO ₂ (atm)	Presión parcial de equilibrio de N ₂ O ₄ (atm)	Presión parcial de equilibrio de NO ₂ (atm)	K _{eq}	1	0.0	0.612	0.0429	0.526	6.45	2	0.0	0.919	0.0857	0.744	6.46	3	0.0	1.22	0.136	0.944	6.46	4	0.612	0.0	0.136	0.944	6.46	<p>Organiza los datos de manera que facilita la comparación y análisis permitiendo la atribución de significados topológicos, a partir de las entradas se asignan significados tipológicos.</p>
Experimento	Presión parcial inicial de N ₂ O ₄ (atm)	Presión parcial inicial de NO ₂ (atm)	Presión parcial de equilibrio de N ₂ O ₄ (atm)	Presión parcial de equilibrio de NO ₂ (atm)	K _{eq}																													
1	0.0	0.612	0.0429	0.526	6.45																													
2	0.0	0.919	0.0857	0.744	6.46																													
3	0.0	1.22	0.136	0.944	6.46																													
4	0.612	0.0	0.136	0.944	6.46																													

MICROSCÓPICA	<p style="text-align: center;">LINGÜÍSTICA</p> <p>Conjunto de símbolos, con una estructura arbitraria que refiere a la estructura atómica de la materia</p>	<p style="text-align: center;">SIMBÓLICA- LINGÜÍSTICA</p> <p>Representación de una sustancia por medio de símbolos que permitan establecer la estructura de las sustancias haciendo referencia a partículas. La relación entre el símbolo y lo que el símbolo representa es arbitraria y depende del modelo conceptual</p>	<p>Elemento químico es “una sustancia constituida por átomos que tienen el mismo número atómico”¹³</p>	<p>Permite la generalización, comparación, clasificación dependiendo de la estructura retórica</p>																	
		<p style="text-align: center;">LINGÜÍSTICA- MATEMÁTICA (FÓRMULAS)</p> <p style="text-align: center;">SIMBÓLICA (Lingüística-matemática)</p> <p>Representación de una sustancia por medio de símbolos que permitan establecer la estructura de las sustancias haciendo referencia a partículas</p>	<p>Los elementos químicos pueden representarse por símbolos</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Elemento</th> <th style="text-align: left;">Símbolo</th> <th style="text-align: left;">Estructura</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hidrógeno</td> <td>H</td> <td>H₂</td> </tr> <tr> <td>Oxígeno</td> <td>O</td> <td>O₂</td> </tr> <tr> <td>Carbono</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>Cu</td> <td>Cu</td> </tr> <tr> <td>Helio</td> <td>He</td> <td>He</td> </tr> </tbody> </table>	Elemento	Símbolo	Estructura	Hidrógeno	H	H ₂	Oxígeno	O	O ₂	Carbono	C	C	Cobre	Cu	Cu	Helio	He	He
	Elemento	Símbolo	Estructura																		
Hidrógeno	H	H ₂																			
Oxígeno	O	O ₂																			
Carbono	C	C																			
Cobre	Cu	Cu																			
Helio	He	He																			
<p style="text-align: center;">PICTÓRICA</p> <p>Representación que utiliza iconos que refiere a la estructura atómica de la materia (por medio de los iconos se puede inferir información relacional a partir de las características estructurales)</p>	<p style="text-align: center;">DIAGRAMA -ESTRUCTURA</p> <p style="text-align: center;">SIMBÓLICA (análoga al modelo conceptual)</p> <p>Representación de una sustancia por medio de signos que permitan establecer la estructura de las sustancias haciendo referencia a partículas. Podemos decir que estos signos son iconos porque guardan una relación de analogía con el modelo conceptual</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Gas oxígeno,</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Gas Helio,</p> </div> </div>	<p>Muestra las relaciones estructurales en las diferentes sustancias químicas. Facilita describir la estructura de las sustancias o procesos que se representan</p> <p>A partir de estas representaciones es posible inferir información cualitativa o cuantitativa.</p>																		

¹³ según Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1990. Cita en Pozo y col., 1991

PROCESO	LINGÜÍSTICA-MICROSCÓPICA	LINGÜÍSTICA-MATEMÁTICA (ECUACIONES QUÍMICAS)	SIMBÓLICA (lingüística-matemática)	<p>Representación de un cambio por medio de símbolos que permitan establecer la estructura de las sustancias que intervienen en el cambio y especificar el cambio mediante la ruptura y formación de enlaces entre las partículas que constituyen las sustancias. Esta representación exige respetar algunas reglas, por ejemplo, que el número total de átomos debe conservarse y que la proporción en que se combinan los átomos en un compuesto no cambia</p>	<p>La representación de un cambio químico por medio de una reacción química.</p> <p>Energía + $\text{CaCO}_3 (\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO} (\text{s}) + \text{CO}_2 (\text{g})$</p> <p>Un segundo tipo de representación de este tipo se encuentra en las reacciones que representan mecanismos de reacción, por ejemplo.</p>	<p>Muestra el re-arreglo en la estructura de las sustancias que intervienen en una reacción química</p> <p>Su escritura debe cumplir con los postulados de la teoría atómica</p> <p>Facilita describir la estructura de las sustancias o procesos que se representan</p> <p>A partir de estas representaciones es posible inferir información cualitativa o cuantitativa</p> <p>Permite tanto la descripción como la explicación</p>
	PICTÓRICA (DIAGRAMA)-MICROSCÓPICA	DIAGRAMA-ESTRUCTURA	SIMBÓLICA (lingüística-matemática) (anológica al modelo conceptual)	<p>Representación de un cambio por medio de iconos que permitan establecer la estructura de las sustancias que intervienen en el cambio y especificar el cambio mediante la ruptura y formación de enlaces entre las partículas que constituyen las sustancias.</p>	<p style="text-align: center;">$2 \text{S} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$</p> 	<p>Muestra el re-arreglo en la estructura de las sustancias que intervienen en una reacción química</p> <p>Su escritura debe cumplir con los postulados de la teoría atómica</p> <p>Facilita describir la estructura de las sustancias o procesos que se representan</p> <p>A partir de estas representaciones es posible inferir información cualitativa o cuantitativa</p> <p>Permite tanto la descripción como la explicación</p>

	Combinación de representaciones macroscópicas-microscópicas		Cualquier combinación de las anteriores	 <p>Figura 13.14. (a) Mezcla en equilibrio de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ y $\text{NO}_2(\text{g})$. (b) Mezcla en equilibrio de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ y $\text{NO}_2(\text{g})$ después de un aumento de temperatura. (c) Mezcla en equilibrio de $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ y $\text{NO}_2(\text{g})$ después de un aumento de temperatura. La comparación de la mezcla de aumento de temperatura con la mezcla original muestra un desplazamiento en el equilibrio hacia la producción de NO_2 a la reacción en equilibrio. Cuando la mezcla se devuelve a la temperatura original, el color se vuelve idéntico al original y se restablece el equilibrio. (b) $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ y $\text{NO}_2(\text{g})$ en equilibrio. (c) $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ y $\text{NO}_2(\text{g})$ en equilibrio.</p> <p>Identifique con el CD-ROM: N_2O_4, NO_2, Equilibrio, Le Chatelier, Equilibrio de Equilibrio, N_2O_4, NO_2, Equilibrio, Temperatura, Equilibrio, Equilibrio.</p> $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$	
--	--	--	---	---	--

III.3.2.3. Los significados en las representaciones químicas. Significados cualitativos y cuantitativos en un contexto paradigmático.

Los químicos expresan los fenómenos macroscópicos observables utilizando un sistema de signos que no guardan una relación de analogía con lo que representan. Constituyen un sistema de símbolos¹⁴ particular, que es verdaderamente sistema multirepresentacional. Como sistema de símbolos, utiliza reglas específicas (convenciones) para atribuir significados. Estas reglas corresponden a las reglas de representación (Markman, 1999; cita en Greca, 2000) que se concretan en diferentes formatos: textuales y no-textuales.

Para cada representación es posible atribuir significados desde un contexto dado que delimita el paradigma, la situación, los sintagmas a utilizar y los recursos intertextuales que conducen a la atribución de significados. En el caso de la Química, el contexto paradigmático viene determinado por las leyes, principios y la teoría atómica, aplicada en situaciones concretas, lo que permite definir el contexto situacional. Ambos contextos facilitan la atribución de significados. Sin embargo, destaca en Química el desarrollo de un sistema simbólico propio, sintagmas, que no puede ser ignorado en el proceso de atribución de significados. Este sistema tiene características de representaciones lingüísticas, gráficas y matemáticas. De la combinación de estos sistemas simbólicos se infieren dos grupos de significados diferentes: cualitativos y cuantitativos.

III.3.2.4.1. *Los significados en las representaciones externas en Química.*

El lenguaje químico es un “ejemplo emblemático de lengua polisintética” (Borsese, 1994) que solo puede ser captada si se conoce la Química. Está conformado por dos componentes: la nomenclatura y los símbolos. Es un lenguaje que se caracteriza por permitir: a) la descripción de sustancias y fenómenos; b) la clasificación y la sistematización; c) el diseño de sustancias. Para cumplir estas funciones la comunidad de químicos han dado nombres a las cosas pero además se asocia a los nombres símbolos que reflejan la constitución de las sustancias que representan.

Puede entenderse como un sistema de representaciones múltiples, que utiliza todos los recursos semióticos de los que dispone. El *significado de este sistema de representaciones puede ser captado en la medida que el lector conozca el cuerpo de conocimientos que maneja la Química*. Se trata de una relación dialéctica: el uso apropiado de la macrolengua permite aprehender la microlengua, el uso de la microlengua permite recorrer la macrolengua para aprehender las semejanzas, diferencias, inferencias, analogías, etc. (Borsese, 1994).

La Química, al igual que otros campos disciplinares, constituye, como lenguaje, un sistema cultural de recursos semióticos¹⁵ variados. Este sistema se expresa a través de diferentes tipos de lenguaje: a) un sistema de palabras, b) el lenguaje de la

¹⁴ **Símbolo** es la representación de una relación constante entre dos elementos en una cultura determinada, los significados de los símbolos se asignan mediante el establecimiento de convenciones.

¹⁵ Para Lemke la semiótica es el estudio de la atribución de significados utilizando recursos culturales diversos, por ejemplo sistemas de palabras, imágenes, símbolos, acciones.

representación visual, c) el lenguaje del simbolismo matemático, y d) el lenguaje de las operaciones experimentales. Desde la enseñanza debemos dar protagonismo al estudiante para que pueda utilizar todos estos lenguajes de manera significativa (Lemke, 1998a).

Como ya hemos señalado, este cuerpo de conocimientos se presenta en diferentes formatos representacionales, de manera que, la comprensión del texto de Química requiere poder atribuir significados a los diferentes sistemas de representación. Para ello es preciso:

- ✓ Conocer la lengua en la que el texto de Química se expresa y simultáneamente, conocer el lenguaje propio de la Química, lo que algunos autores denominan la “microlengua”, es decir, la lengua de la especialización en un campo determinado (Borsese, 1994).
- ✓ Reconocer el sistema de signos (lingüísticos, matemáticos, icónicos) en que se expresa la microlengua.
- ✓ Reconocer el nivel en que se expresa la representación (macroscópico, microscópico, proceso) el sistema de signos y símbolos.

Estos requisitos para la comprensión son producto de la naturaleza de la Química como campo de estudio, campo en el que es frecuente trabajar con fenómenos científicos que no son observables a través de experiencias directas; en otras palabras, fenómenos que no son posibles de percibir pero a los que se pueden atribuir significados. Un caso particular lo constituye la estructura molecular. En este sentido no es difícil aceptar que la Química es un campo de estudio básicamente representacional o simbólico (Kosma y Russell, 1997). Dentro de estas representaciones se encuentra el sistema simbólico específico desarrollado para representar los cambios químicos, los diagramas de estructura molecular, los modelos tridimensionales que se utilizan como representación de los fenómenos estudiados a escala molecular (Hoffman y Laszlo, 1991).

El dominio de este lenguaje por parte de los estudiantes, constituye un verdadero problema didáctico entendiéndolo que es un lenguaje cuyo papel es proveer la descripción de sustancias y fenómenos a la vez de conectar esta descripción a los fenómenos y las teorías que permiten explicarlos (Borsese, 1994). El dominio de este lenguaje demanda de los estudiantes el desarrollo de competencias comunicacionales y competencias representacionales.

De acuerdo con Kosma, Chiu, Russell y Mark (2000, cita en Wu y Krajcik, 2006), desarrollar competencias representacionales significa tener capacidad para: a) Generar representaciones para un propósito particular, b) usar las representaciones para dar explicaciones, c) usar las representaciones en un contexto social para comunicar la comprensión. Esto implica poder relacionar y transferir representaciones. Según Roth y Bowen (2001) esto incluye trasladar o matematizar las experiencias físicas en representaciones gráficas y utilizar las representaciones para resolver problemas. En síntesis y de acuerdo con Lemke (1994) el desarrollo de competencias representacionales significa poder operar con un complejo aparato representacional, que posibilite razonar o calcular dentro de una comunidad de discurso.

Contenido semántico de las representaciones externas (simbólicas) en Química:

Se asocian diferentes significados a las representaciones simbólicas. Un primer grupo de significados informa sobre los aspectos cualitativos, como las sustancias que intervienen, características y propiedades de estas sustancias. Un segundo grupo apunta a los significados cuantitativos, cuántos gramos de esa sustancia intervienen en la reacción, proporción estequiométrica de la reacción. Los significados cualitativos son de tipo descriptivo y pueden referirse a descripción de propiedades o a la descripción de procesos. Los significados cuantitativos refieren a la estructura (bien puede ser estructura de una sustancia o de varias que intervienen en un proceso), o bien a la cantidad (en g, mol, partículas) de esa sustancia.

✓ ***Significado cualitativo asociado a propiedad.***

La nomenclatura aporta información cualitativa relativa a las propiedades de la materia que ese símbolo representa (Borsese, 1994)

- a) Para los químicos el símbolo **Al**, utilizado para denotar al aluminio, también da información sobre las propiedades metálicas que ese elemento tiene;
- b) Igualmente la palabra **metal** es un término que denota un paquete de propiedades como brillo, ductibilidad, color, capacidad de conducir electricidad, capacidad de conducir calor.

✓ ***Significado cualitativo asociado a proceso.***

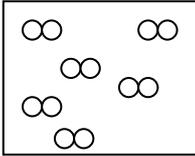
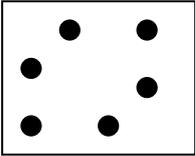
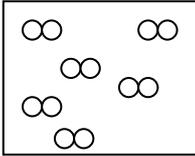
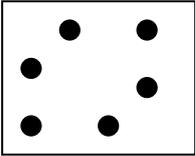
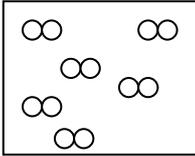
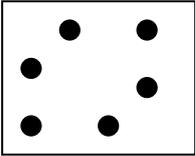
Este significado apunta en dos direcciones. En primer lugar, apunta a un nivel macroscópico que describe el proceso en términos de los experimentos. Nos referimos a la descripción de un proceso químico, por ejemplo, un sistema cerrado introducido en un baño de agua con el objeto de mantener la temperatura constante. Para este experimento es posible contar con representaciones macroscópicas en formatos distintos: lingüísticas y pictóricas. Las representaciones pictóricas correspondientes a este nivel macroscópico son de tipo analógico y tratan de reproducir las características físicas del sistema.

Un segundo nivel, al que apunta el significado cualitativo, está asociado al proceso que refiere a lo microscópico, es decir, a las entidades o partículas que intervienen en el proceso y la ruptura y formación de enlaces que lo acompañan: las reacciones químicas. Este segundo nivel centra su atención en la estructura molecular como se muestra en la Tabla 10.

✓ ***Significado cuantitativo asociado a estructura: descripción de sustancias.***

A partir de las estructuras químicas es posible conocer: a) el tipo de átomos y b) la relación en que se combinan los átomos para formar una sustancia, lo cual se muestra en la Tabla 10...

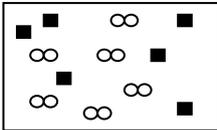
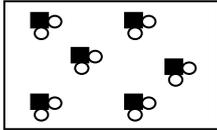
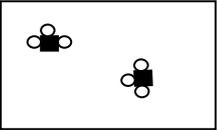
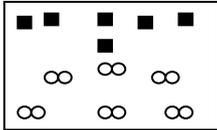
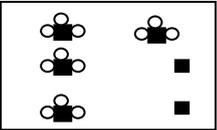
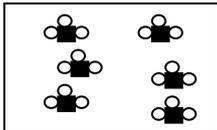
Tabla 10: Representaciones asociados a estructuras

<p>REPRESENTACIÓN EXTERNA (LINGÜÍSTICA) DEL CONCEPTO DE ELEMENTO</p>	<p>Elemento químico es “una sustancia constituida por átomos que tienen el mismo número atómico”¹⁶</p>																	
<p>REPRESENTACIÓN EXTERNA (SIMBÓLICA) DEL CONCEPTO DE ELEMENTO.</p>	<p>Los elementos químicos pueden representarse por símbolos</p> <table border="0"> <tr> <td>Elemento</td> <td>Símbolo</td> <td>Estructura</td> </tr> <tr> <td>Hidrógeno</td> <td>H</td> <td>H₂</td> </tr> <tr> <td>Oxígeno</td> <td>O</td> <td>O₂</td> </tr> <tr> <td>Carbono</td> <td>C</td> <td>C</td> </tr> <tr> <td>Cobre</td> <td>Cu</td> <td>Cu</td> </tr> </table>	Elemento	Símbolo	Estructura	Hidrógeno	H	H ₂	Oxígeno	O	O ₂	Carbono	C	C	Cobre	Cu	Cu		
Elemento	Símbolo	Estructura																
Hidrógeno	H	H ₂																
Oxígeno	O	O ₂																
Carbono	C	C																
Cobre	Cu	Cu																
<p>REPRESENTACIÓN EXTERNA (PICTÓRICA) DEL CONCEPTO DE ELEMENTO de uso frecuente en libros de texto (Novais, 1996)</p>	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;">  <p>Gas oxígeno, O₂</p> </td> <td style="text-align: center;">  <p>Gas Helio, He</p> </td> </tr> </table>			 <p>Gas oxígeno, O₂</p>	 <p>Gas Helio, He</p>													
 <p>Gas oxígeno, O₂</p>	 <p>Gas Helio, He</p>																	

✓ *Significado cuantitativo asociado a estructura: descripción de procesos.*

Un ejemplo de las representaciones en el nivel microscópico es utilizado por Nuremberg y Pickering (1987) para representar la siguiente situación:

La ecuación para la reacción es $2 S + 3 O_2 \rightarrow 2 SO_3$. Considere una mezcla formada por azufre y oxígeno en un recipiente cerrado, el azufre es representado por el símbolo S(■) y el oxígeno por el símbolo O₂ (○○) El estado inicial puede representarse como aparece en el primer recuadro. A continuación se plantea la pregunta ¿Cuál de los siguientes recuadros representa el producto de la mezcla?

 <p>Estado Inicial</p>	<p>a</p> 	<p>d</p> 
	<p>b</p> 	<p>e</p> 
	<p>c</p> 	

La respuesta e es la única correcta.

Dado que estas representaciones están cargadas de teorías, sólo a partir de la(s) teoría(s) subyacente(s) a la representación es posible determinar si la

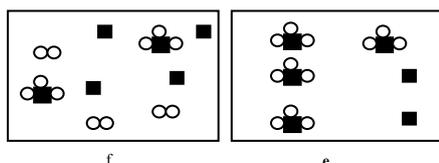
¹⁶ según Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1990. Cita en Pozo y col., 1991

representación es correcta. Analicemos las representaciones a, b, c y d, a la luz de la teoría involucrada en la representación: Teoría Atómica de Dalton (1808).

Representación	Significado de la representación	En Relación con Teoría Atómica Dalton
A	Implica que se producen 6 moléculas de SO ₂ en lugar de SO ₃	Para un compuesto dado el número relativo de una clase de átomos es constante, luego SO ₂ es diferente de SO ₃
B	No se produce cambio	
C	Se ha utilizado más azufre del que realmente se dispone	Los átomos no son creados ni destruidos en las reacciones químicas
D	Han “desaparecido” 4 átomos de azufre y 6 átomos de oxígeno	Los átomos no son creados ni destruidos en las reacciones químicas
E	4 átomos de S han reaccionado con 6 moléculas de oxígeno 2 átomos de S no reaccionan. Se forma el compuesto SO ₃	Los átomos no son creados ni destruidos en las reacciones químicas. Los dos átomos de S que no reaccionan forman parte del sistema al finalizar la reacción.

- ✓ **Significado cuantitativo asociado a los modelos: la dualidad modelo teórico (reacción completa, 100% transformación), realidad práctica (reacción completa y rendimiento menos 100% transformación)**

Consideremos las siguientes representaciones, la f y la e, que no contradicen la teoría atómica, por lo tanto, ambas son correctas.



La representación f es correcta aunque no se utiliza porque representa una de las infinitas posibilidades de reacción incompleta. Las representaciones a utilizar no sólo deben reflejar las partículas que intervienen. Además, deben representar una situación ideal: la reacción completa.

III.4. LOS PROCESOS QUE USAN LA REPRESENTACIÓN

A lo largo de este trabajo hemos sostenido que aprender ciencias implica apropiarnos del discurso de la disciplina lo cual tiene como requisito previo apropiarse del lenguaje disciplinar. En este apartado, estudiaremos los procesos de Lectura-Interpretación-Comprensión; procesos básicos a realizar por el lector para apropiarse de los discursos disciplinares.

Las comunidades discursivas utilizan un conjunto de herramientas culturales para construir el conocimiento, entre ellas, destaca el sistema de signos con los que se construye el lenguaje. En áreas específicas de conocimientos, el lenguaje conforma lo que Borsese (1994) llama microlengua. Ésta, en un campo disciplinar, se utiliza para generar hipótesis, presentar datos, hacer predicciones, argumentar; en fin, construir un discurso disciplinar.

En el caso particular del lenguaje químico podemos afirmar que se trata de un lenguaje utilizado para hablar sobre la materia y sus transformaciones, desarrollando, a tal efecto un sistema de signos que permite (Borsese, 1994):

- ✓ Describir los fenómenos y sustancias que intervienen en los procesos de cambio químico.
- ✓ Conectar esta descripción a las teorías y principios que proveen las explicaciones.

Alineados con esta lógica podemos afirmar que el lenguaje se constituye en el mediador que nos permite “hacer” ciencia y “hablar” ciencia en los términos descritos por Lemke (1993, p.11),

“Hablar ciencia significa hacer ciencia a través del lenguaje. Significa observar, describir, comparar, clasificar, analizar, discutir, hipotetizar, teorizar, cuestionar, desafiar, argumentar, diseñar, experimentar, seguir procedimientos, juzgar, evaluar, decidir, concluir, generalizar, informar, escribir, leer, es decir, los procesos involucrados en el hacer ciencia.”

La escuela, como organización social, cumple el papel de democratizar el discurso disciplinar al plantearse como objetivos, entre otros, que los estudiantes conozcan y dominen la microlengua de un campo disciplinar con el propósito de poder “hablar” y “hacer” dentro de ese campo; para lograrlo utiliza diversos medios, entre ellos el texto escolar y el discurso del profesor.

Estos medios son utilizados por el aprendiz para realizar un trabajo individual frente a los contenidos. Trabajo que se inicia cuando el estudiante es expuesto a los contenidos y se transforma en aprendizaje a partir del “trabajo” que debe realizar para apropiarse de ellos.

Frente al texto el lector debe realizar los procesos de lectura, interpretación y comprensión. Estos procesos no son triviales en los campos disciplinares, por eso, la importancia de estudiar cómo se producen.

El carácter multimodal del lenguaje científico favorece integrar diferentes tipos de representaciones para hablar sobre un fenómeno (Lemke, 1998); esta integración propicia crear nuevos significados por la interacción de los diferentes formatos semióticos en los que se presenta el discurso: lingüístico, pictórico, matemático (Ametller y Pintó, 2002). En este sentido, Márquez y Prat (2005, p.435) sintetizan los planteamientos de Lemke de la manera siguiente:

“...la imagen y el texto no son complemento uno de otro, ni dan como significado final una suma, una adición del valor de cada componente sino que el significado de la palabra puede ser modificado por la imagen y viceversa, dando un resultado nuevo, al que llama multiplicativo, fruto de la interacción de los dos lenguajes. Texto e imagen en un mismo contexto no son redundantes, en el sentido de que representen dos maneras de expresar las mismas ideas, sino que nos conducen a interpretaciones conjuntas de las cuales obtenemos un nuevo significado”

Este papel multiplicador de significados de las REP se logra porque contribuyen:

- a) A la construcción de argumentos,
- b) A la reconstrucción de los fenómenos,
- c) Como prueba de la existencia del fenómeno, al ser utilizado como recurso retórico en las publicaciones científicas (Latour, 1987);
- d) A predecir lo que sucedería en situaciones futuras reales o hipotéticas.

La lectura de textos científicos, demanda del lector competencias específicas de tipo **representacionales** (Wu, 2003; Lemke, 1994) que les permita operar con las REP. Entendemos que “operar” con las REP es una práctica que debe permitir construir, interpretar, razonar, criticar (Wu y Krajck, 2006, 2006a; Lemke, 1994), en fin, se trata de utilizar las representaciones pictóricas para construir y/o refutar el discurso, sea este propio o de otros.

Sin embargo, encontramos una gran limitación en lo pedagógico; la ciencia escolar utiliza como recurso semiótico el discurso multimodal para presentar los contenidos, sin prestar la suficiente atención al hecho de que operar con representaciones pictóricas exige la realización de un proceso para atribuir significados que es diferente al proceso utilizado para atribuir significado a las representaciones lingüísticas o pictóricas utilizadas en el lenguaje cotidiano. Reconocer esta realidad nos coloca frente al complejo desafío de tener que construir una representación pedagógica que se proponga dar respuesta a la necesidad de alfabetizar para operar con representaciones pictóricas, entendida la alfabetización como el manejo de las reglas que permiten hacer la transferencia entre la representación y el fenómeno.

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 de la escuela, es un recurso fundamental para el aprendizaje de las ciencias. Por esto, centramos nuestro interés en el proceso de lectura de libros de texto en un área específica de conocimiento: la Química y dentro de ésta, el equilibrio químico.

Con frecuencia se utilizan los conceptos lectura, interpretación y comprensión como equivalentes, asumiendo que la realización de uno de los procesos implica la realización de los otros, tal como se muestra a continuación:

“...leer un gráfico tradicionalmente se entiende como “interpretación””
(Roth y Bowen, 2001, p.3)

“...interpretación es la acción mediante la cual un estudiante gana sentido o significado a partir de un gráfico (o una porción de él)”
(Leinhardt y col., 1990, p.8),

Este tratamiento indiferenciado dificulta el establecimiento de límites que permitan delimitar cada proceso.

La interpretación de un discurso, construido a partir de un sistema de representaciones múltiples, implica un procesamiento no lineal en el que la interacción *texto nuevo/texto nuevo*¹⁷ es de gran importancia. Esta interacción implica hacer uso, durante el proceso de lectura, de los recursos semióticos ofrecidos por el autor.

Las REP se acompañan de recursos semióticos como el texto principal, en que se inserta la REP; pero al construirse según las reglas correspondientes ofrecen al

¹⁷ La interacción texto nuevo/texto conocido se denomina intertextualidad (Lemke, 1993) y constituye un recurso clave al procesar los textos con el propósito de aprender.

lector recursos semióticos propios como: a) los títulos, y subtítulos, las leyendas, las etiquetas de las tablas o gráficos; b) la organización del sistema de signos en la página y c) los recursos tipográficos como negritas, subrayado, colores.

Este tipo de recursos permite al lector, previa realización de un trabajo de lectura, transformar: la línea de un gráfico en covariación entre variables; signos con diferentes formas y/o colores se utilizan para reconstruir un espacio bidimensional. De igual manera le permite transformar signos con diferentes texturas en espacios tridimensionales (Myers, 1990; cita en Han y Roth, 2006).

El trabajo de lectura se realiza con el propósito de establecer una relación de isomorfismo entre la materialidad del mundo y la materialidad del texto, en otras palabras, entre la representación y el fenómeno.

Al estudiar el proceso de atribución de significados desde la semiótica social, Roth (2002) y Roth y Bowen (2001), sostienen que el dominio de los sistemas de representaciones está vinculado a una práctica que se facilita dentro de una comunidad de discurso, lo que se constituye en una experiencia de enculturación cuyo resultado debe ser la alfabetización científica. En nuestra opinión, Roth y su grupo redimensionan el papel de la escuela al concluir que el dominio de las reglas específicas se facilita cuando el “hacer” se produce en contexto.

El estudio de los procesos de lectura, interpretación y comprensión son de gran importancia; a través de ellos el lector puede reconstruir la intencionalidad del autor (“armar el rompecabezas”), 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?, ¿cuáles son las variables que intervienen?, ¿cómo depende una variable respecto a otra?, ¿se puede generalizar la dependencia? .

Apropiarse del discurso constituye un requisito previo a la aplicación de los modelos conceptuales con el fin de resolver problemas nuevos. No es de extrañar que entre las comunidades de profesores exista la idea de que comprender se expresa como la aplicación del conocimiento a nuevas situaciones; sin embargo, se reconoce como un verdadero problema pedagógico el que los estudiantes logren aplicar el conocimiento a la resolución de problemas.

III.4.1. LECTURA-INTERPRETACIÓN-COMPRENSIÓN COMO DIÁLOGO AUTOR-LECTOR

El proceso de lectura debe entenderse como un proceso diferente al de escritura. Podemos diferenciar los procesos de escritura y lectura examinando los productos de ambos procesos. *Escribir* un texto equivale a producir un nuevo signo *exteriormente* (representación externa) mediante el uso de diferentes recursos semióticos. En contraposición *leer* es producir un nuevo signo *interiormente* (representación interna) a partir de los recursos semióticos que proporciona el texto (Kress, Leite-García y van Leeuwen, 2003).

El autor diseña el discurso de manera que pueda ayudar al lector a re-construir su representación conceptual (Tomlin, Forrest, Pu y Kim, 2003) razón por la cual la

lectura de un texto debe realizarse con mucha atención porque están cargadas de las significaciones del autor. El trabajo de lectura es equivalente al trabajo que realiza el que produce el texto (Kress y col., 2003).

Desarrollamos los procesos de lectura, interpretación y comprensión como el producto de un “diálogo” autor-lector; aunque es difícil establecer límites, pues son procesos que transcurren en simultáneo, trataremos de diferenciarlos a partir de los productos que producen. Para ello, recurrimos al modelo de lectura propuesto por Roth y Bowen (2001), el cual asume que el lector debe realizar diferentes operaciones con el propósito de establecer una relación entre los signos (representaciones) y el fenómeno o idea que los signos representan, relación que es mediada por la producción de interpretantes. Las relaciones a establecer son S/I, S/R y R/I o combinaciones de las mismas.

Las operaciones a realizar son:

- a) Identificar los signos (S) relevantes;
- b) Producir interpretantes (I) como paso previo para describir un estado de cosas en el mundo,
- c) Establecer una relación Signo/Fenómeno(R)/Interpretantes, la cual es dependiente del contexto (c) y de las reglas establecidas por la comunidad discursiva (r).

En la línea de pensamiento de Roth y colaboradores (Roth y Bowen 2001; Roth, 2002; 2004) los conceptos de signo, referente e interpretantes, se entienden como:

- ✓ SIGNO (S) es una entidad material que sustituye o está en lugar de una “cosa”. Los signos son negociados a partir de las interacciones sociales.
- ✓ REFERENTE (R), se refiere a un fenómeno-situación, o la idea que es sustituida por el signo.
- ✓ INTERPRETANTES (I) es otro signo que permite elaborar una relación entre el signo original y el referente (Roth, 2004), y que se traduce en los “comentarios” o “afirmaciones” que se producen a partir del procesamiento de la representación pictórica (Roth, 2002). Es posible afirmar que son signos sinónimos del signo S que se construyen a partir de características específicas de la representación. Los interpretantes son elaborados por el lector, y su función es permitir establecer la relación S/R con más facilidad.

Una diferencia importante, a tener en cuenta, la encontramos al preguntarnos ¿quién elabora S o el I?. Mientras el Signo y el Referente se establecen en el texto o la representación pictórica, es decir, son generados por el autor del texto, los interpretantes deben ser producidos por el lector con el propósito de facilitar la construcción de la relación S/R dentro del contexto (c) de la disciplina y respetando las reglas (r) establecidas por los contextos paradigmáticos y representacionales. Los interpretantes son el producto del proceso de interpretación que realiza el lector durante la lectura, proceso que se denomina semiosis.

Como ya se ha señalado, en la interacción autor/texto/lector es frecuente hablar de tres procesos que en ocasiones se utilizan como equivalentes lectura, interpretación y comprensión. Sin embargo, profundizar en los conceptos de lectura, interpretación y comprensión no es tarea fácil, toda vez que los límites que

diferencian uno de otro son muy difusos. A continuación desarrollaremos algunos conceptos y modelos trabajados en la bibliografía y, finalmente, recopilaremos en una tabla las diferentes definiciones con el propósito de realizar una síntesis que nos permita delimitar estos procesos, entendiendo, que se producen como resultados de movimientos bidireccionales y, muchas veces, simultáneos.

La lectura, con el objetivo de aprender implica, un proceso de elaboración e interpretación de la información con el propósito de organizar y dar sentido a la información que se nos presenta; esto, requiere un proceso previo de alfabetización, dada la arbitrariedad de las relaciones S/R en la mayoría de las REP utilizadas en ciencias. Alfabetización científica que debe entenderse con dos significados diferentes (Lemke, 1994):

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

Esta última podemos considerarla como: a) las competencias representacionales descritas por Wu (2003), b) las operaciones descritas por Wu y Krajcik (2006) y c) los niveles de comprensión enunciados por García y Perales (2007); aspectos que serán desarrollados en el siguiente apartado.

Lectura para ganar sentido o atribuir significados.

Desde la perspectiva de la semiótica social, Roth y Bowen (2001) estudian el proceso de “lectura de un gráfico cartesiano” con la finalidad de atribuir significados, proceso que llaman interpretación. Compartimos la visión de estos autores de que la lectura de un texto debe ser caracterizada como una práctica dependiente del área de contenido disciplinar, el texto se asume como mediador. En consecuencia, el desarrollo de habilidades de tipo general, aunque necesarias, no resultan suficientes para que se produzca comprensión en campos específicos de conocimientos.

Es necesario diferenciar las **competencias genéricas**, que permiten leer y escribir en la lengua nativa, de las **competencias específicas** que permiten “leer” en un campo disciplinar; ambas son necesarias al enfrentarnos a un texto en un contexto disciplinar.

En este sentido, producto de los resultados de las investigaciones realizadas del tipo experto-experto¹⁸, los autores señalan: “*la enseñanza de habilidades de graficación descontextualizadas pierde su legitimidad*” (Roth y Bowen, op. citada p.1); y además destacan:

“Cuando los científicos no están familiarizados con un gráfico, aunque el gráfico sea de un texto introductorio de su propia

¹⁸ Describen el proceso de lectura de un gráfico a un experto de amplia experiencia en el campo académico pero que trabaja en un campo disciplinar diferente al tema que plantea el gráfico y un segundo experto (con menos credenciales académicas) que trabaja en el área de contenido del gráfico.

disciplina, frecuentemente no se plantean una interpretación estándar aceptada colectivamente.” (Roth, 1998; cita en Roth y Bowen, 2001; p.2).

Cuando el lector no maneja el área de contenido del gráfico encuentran problemas para su interpretación:

“Algunas de las dificultades que enfrentan, mientras leen el gráfico, son del mismo tipo identificados para los estudiantes de middle y high school” (Roth y Bowen, 2001; p.2).

En este punto, es preciso retomar que los signos y el texto (entendido como un signo complejo) no tiene un significado a priori, más bien, el significado deriva del contexto en que se utilizan los signos y **es siempre una reconstrucción abierta** (Roth, 2002) resultante de un proceso individual del lector. Estos procesos a su vez se asocian a productos como construcción, interpretación, razonamiento entre otros (Wu y Krajcik, 2006); productos resultantes de una práctica que frecuentemente se realiza a partir de textos multimodales en los que las representaciones pictóricas constituyen una parte integrante, muy importante, del discurso.

En una primera aproximación podríamos hablar de **lectura**, como el proceso que debe hacer posible reconstruir la dinámica interna del texto multimodal, de manera que devuelve al texto la habilidad de proyectarse a sí mismo fuera de la representación (Roth y Bowen, 2001).

La lectura, interpretación y comprensión son procesos que de manera intencionada debe realizar el lector para producir *sentido y significado*; dos conceptos que es preciso diferenciar porque no son sinónimos.

Sentido.

Entenderemos como **sentido**, reconocer los sentidos abstractos y conceptuales propios de las palabras, las oraciones, y el discurso. El sentido no es propiedad del discurso, es el resultado de procesos internos que realiza el lector. Más bien, debe ser entendido, como *“algo que los usuarios del lenguaje **asignan** al discurso”* (van Dijk, 2003, p.31).

Sentido es el lugar que el signo toma respecto a otro signo que define su papel en el juego del lenguaje (Roth y Bowen, 2001); para dar sentido es necesario establecer una relación entre el signo y los interpretantes, **S/I**.

Equivale a realizar un proceso mediante el cual el lector produce *Interpretantes*, entendidos como signos sinónimos¹⁹ o equivalentes en el marco de una comunidad de discurso. La producción de interpretantes corresponde a producir representaciones internas por lo que es un proceso que no tiene límites en cuanto al número que puede producir el lector.

¹⁹ Representaciones internas que luego puede traducir en representaciones externas al expresar en forma oral o escrita

Significado

Cuando el autor del texto construye un discurso refleja en él una representación conceptual del asunto que expone; esta representación es el “**significado**” (Tomlin y col., 2003). A partir de estas representaciones externas, construidas por el autor del texto, el lector debe, a su vez, construir una representación conceptual, es decir, debe atribuir **significado**, para ello “*usará la información extraída del texto junto con otras informaciones...*”²⁰(Tomlin y col., 2003, p.117). Además de utilizar lo que explícitamente plantea el autor, el lector recurre a su conocimiento previo y la experiencia que ha acumulado sobre el tópico que trata el texto.

En síntesis, el lector debe construir una representación conceptual que implica comprender los antecedentes, los eventos prácticos y existenciales contra lo que cualquier cosa puede ser articulada (en lenguaje, gestos o acciones) y hacerse inteligible (Roth, 2004; p.21). La comprensión de esta red de relaciones es lo que se conoce como significado.

En términos de las relaciones S/I/R, el significado implica establecer dos relaciones diferentes: la relación S/I (sentido) más la relación S/R (referencia). La relación S/R implica relacionar los signos al referente (fenómeno o idea)

Las diferencias entre sentido y significado pueden establecerse en términos del producto o de la diferencia de los procesos que realizan los expertos.

Encontrar sentido es el resultado de una suma de eventos psicológicos, cuyo producto es relacionar el signo con los interpretantes, S/I, lo cual tiende a infinito ya que cada signo puede ser asociado a diferentes interpretantes. En un contexto disciplinar específico se reduce el espacio de producción de interpretantes cuando trabajamos dentro de un modelo conceptual.

Atribuir significado es una construcción social de origen convencional (Moreira, 2003), por lo que encontrar la referencia, relacionar el gráfico con la situación, S/R, solo puede producir un resultado correcto o incorrecto, en el marco de una comunidad de discurso.

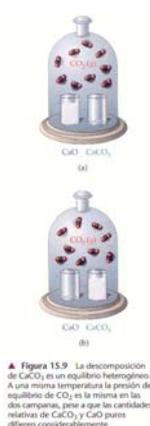
En el caso de los expertos en un área de contenido específica, la REP y **la situación se fusionan** porque:

- a) Comprenden el fenómeno que se significa;
- b) Comprenden la estructura del dominio;
- c) Están familiarizados con las reglas que conectan el fenómeno con la representación;
- d) Están familiarizados con las diferentes modalidades de representación por lo cual trasladan sin dificultad una representación a otra.

Un lector experto, en el campo disciplinar del texto que lee, es capaz de saltar del texto a la cosa sobre la que el texto habla (Roth y Bowen, 2001), estableciéndose un isomorfismo entre la representación y la situación. Por ejemplo, la lectura (realizada por un experto) de la representación que mostramos a continuación

²⁰ La intertextualidad como recurso para atribuir significados.

(Figura 29), requiere producir diferentes interpretantes, algunos de los cuales, en el contexto de equilibrio químico, pueden ser:



SENTIDO (RELACIÓN S/I)

INTREPRETANTES contruidos a partir de la “lectura” de REP

- ✓ Se trata de un sistema cerrado
- ✓ Los gases ocupan el volumen del recipiente
- ✓ El volumen de los gases es constante
- ✓ El sistema está a temperatura ambiente
- ✓ La temperatura no cambia
- ✓ Son dos sistema diferentes, ambos tienen los mismos componentes,
- ✓ En A la cantidad de CaCO_3 (s) es mayor que la cantidad de carbonato de calcio en B
- ✓ En ambos sistemas la cantidad de dióxido de carbono es la misma
- ✓ $K_p = P_{\text{CO}_2}$

SIGNIFICADO (RELACIÓN S/I + RELACIÓN R/S)

En la descomposición del carbonato de calcio para producir óxido de calcio y dióxido de carbono, a la misma temperatura, independientemente del estado inicial del que se parta, por ejemplo más carbonato que óxido, o más óxido que calcio, siempre que el sistema esté cerrado, la cantidad de dióxido de carbono que se produce no varía, por lo que la presión del dióxido de carbono es constante (moles, volumen del recipiente, temperatura son constantes). Esta situación se describe como una situación de equilibrio que se representa por un número $K_p = P_{\text{CO}_2}$ equilibrio, ...

Figura 29: Ejercicio de Lectura de la representación pictórica de la descomposición del CaCO_3

III.4.2. MODELO SEMIÓTICO DE LECTURA DE ROTH Y BOWEN (2001). VISIÓN ATÓMICA DEL PROCESO.

El proceso de lectura de REP, tipo gráfico cartesiano, se produce realizando dos subprocesos: estructuración y fundamentación (Roth, 2002).

Durante la **estructuración** el lector busca identificar la estructura del texto, es decir, se hace un trabajo de lectura al interior del gráfico. En esta fase la representación es el referente que se estructura utilizando recursos atencionales y perceptuales. El producto de este proceso es la identificación de los elementos constitutivos y la estructura del texto. Encontramos modelos de este producto en la identificación de los cambios de pendiente, las intercepciones con las abscisas, la identificación de diferencias y elaboración de signos sinónimos: Interpretantes.

Una vez que se aíslan los rasgos resaltantes y se transforman en Interpretantes, éstos pueden ser leídos como un nuevo signo que refiere a un fenómeno externo. Conectar este signo con el referente, es lo que el autor denomina **fundamentación** (grounding), es decir, el lector lee el signo como un enunciado particular del mundo. Por ejemplo, en la figura anterior (Fig.29), un interpretante podría ser: “los recipientes son iguales”, “el volumen de los gases es constante”.

Desde esta perspectiva interpretar un signo significa: definir una porción del mundo que sirve como vehículo para denotar otra parte del mismo. Las dificultades de comprensión pueden derivarse de cualquiera de los dos procesos.

El problema del lector es establecer una relación entre cuatro parámetros: referente, signo, reglas (r) y contexto (c), $\{R, S, r, c\}$, que son los que determinan el contenido del signo en una comunidad discursiva particular.

Roth (2002), describe el proceso de lectura de un gráfico como un caso específico de un proceso más general de lectura de signos; proceso que, como ya hemos

señalado, se realiza en dos etapas. En primer lugar, el lector debe estructurar perceptualmente el campo visual para construir el signo mismo así como su interpretación (producir un interpretante). El segundo proceso, es un proceso dialéctico en el que se producen movimientos SIGNO-REFERENTE y REFERENTE-SIGNO, lo que permite, establecer el fundamento referencial de los signos. La investigación semiótica considera sólo los procesos interpretativos SIGNO-REFERENTE.

La lectura y percepción²¹ de una representación pictórica, por ejemplo, la lectura de un gráfico cartesiano, está guiada por el horizonte interpretativo y las competencias del lector para realizar la práctica textual en el contexto de una comunidad científica (Roth y Bowen, 1999).

De manera que *la lectura de una representación pictórica, implica encontrar lo que la representación nos dice sobre algún aspecto del mundo*. Este proceso está mediado por el contexto en el que se inserta la representación y las convenciones generales y específicas que regulan y restringen el uso de los signos. Desde esta perspectiva, comprender el texto depende de que el lector conozca los signos y tenga experiencia en el dominio o área de conocimiento en la que se utiliza el signo (Roth, 2002).

Los marcos conceptuales son los que proporcionan al lector las pistas a considerar, o descartar, como aspecto relevante de la información de la REP o alguna parte específica de la misma. Así, las unidades en un gráfico que representa la variación del volumen de un gas ideal en función de su presión interna, nos permite visualizar dimensiones de los equipos en los que se encuentra confinado el gas.

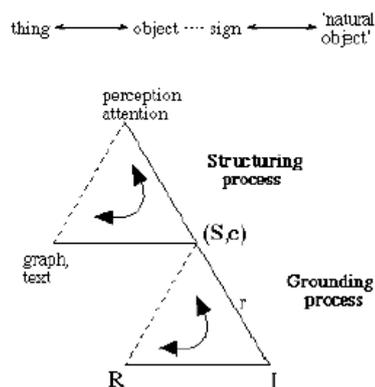
Reafirmamos que el propósito es generar un isomorfismo entre el fenómeno y la representación del mismo, sea ésta matemática, gráfica o de cualquier otro tipo.

La lectura transparente de una representación pictórica se producirá en la medida que el lector pueda establecer una relación entre la representación y la situación a quien la representación sustituye; para que esta lectura transparente se produzca el lector debe estar familiarizado con: el signo, el fenómeno, la transformación que permite relacionar un signo particular con el fenómeno y con las convenciones, asumidas culturalmente, que condicionan el uso de los signos (Roth, 2002).

A continuación profundizamos en el estudio de los subprocesos de estructuración y fundamentación.

²¹ **Percepción** se entiende como un proceso a través del cual se elabora e interpreta la información de los estímulos para organizarla y darle sentido, es el producto de una compleja labor de análisis y síntesis.

Estrategias de percepción que se utilizan: a) captación/actividad; b) búsqueda asistemática/búsqueda sistemática; c) amplitud/selectividad (capacidad de centrarse en un aspecto sencillo de una situación compleja) y d) ignorar información irrelevante y centrarse en atributos definitorios o esenciales



Sentido (S/I)
Significado (S/I + R/S)

De acuerdo con Roth y Bowen (2001) en el triángulo superior el análisis perceptual S' permite delinear un posible signo objeto I' a partir del texto R' . La salida de este proceso se convierte en el signo S , grounding, que sustituirá una posible parte del mundo R como es descrita por el interpretante I (en el triángulo inferior). La producción de Interpretantes I está limitada por el contexto, c , y las restricciones, r , en que se usa el signo

Figura 30: Modelo Semiótico de Lectura (según Roth y Bowen, 2001)

Como hemos adelantado, Roth y Bowen (2001) plantean un modelo semiótico de lectura que implica dos procesos a) estructuración y b) fundamentación; procesos que se repiten de manera cíclica y que se muestra en la Fig.30 (tomada de Roth y Bowen, 2001).

Actividad de Estructuración

En la **estructuración** el lector explora y analiza el gráfico y el texto que lo acompaña (título, subtítulos, leyendas) para construir interpretantes (Roth, 2001). Para realizar este proceso utiliza como referencia gráficos y textos conocidos de modo que reduce el espacio interpretativo a partir de los procesos de percepción y atención.

El trabajo de estructuración es función del conocimiento que tenga el lector, tanto de los signos como del área de conocimientos en que se inserta la representación. Mientras menos familiaridad con el gráfico, más énfasis debe colocar el lector en el proceso de estructuración, lo que exige, un compromiso del lector para desvelar las relaciones planteadas por el autor.

Actividad de Fundamentación (Grounding)

En el proceso de **fundamentación** el lector debe relacionar los signos producidos durante la estructuración, con el objeto material o con otros signos, para establecer una conexión entre el signo (S), el referente (R) y el interpretante (I), esta relación es del tipo $R = f_r(S, c)$ (Roth y Bowen, 2001).

Los interpretantes, a su vez, dependen de dos tipos de restricciones adicionales: el contexto (" c ") y las reglas (" r "). Los interpretantes dependen del contexto, " c ", el cual es delimitado por el área disciplinar, el significado de la representación lingüística "estado" depende si se usa en el contexto de la Química, la Historia y la Geografía.

Pero la producción de I también depende de las normas que derivan del uso de lenguajes particulares, como son, el matemático o el químico, por lo tanto, revisten

un carácter más cultural; estas normas deben ser conocidas por el lector. Veamos un ejemplo, al escribir compuestos químicos, CO_2 , los subíndices indican la proporción en que se combinan los átomos: un átomo de carbono se combina con dos de oxígeno.

En la fase de fundamentación, la lectura de un gráfico debe entenderse como un proceso dialéctico en el que se debe establecer una relación entre el signo (S) y el referente (R) que implica una construcción sintética entre el posible referente a partir del símbolo, $S \rightarrow R$, y una reducción analítica de la situación familiar en signos, $R \rightarrow S$, a partir de la experiencia que tenga el lector. Este proceso dialéctico permite reedificar tanto el signo como el referente para producir comprensión.

Recordemos que, dependiendo del tipo de representación, la relación signo-referente puede ser más o menos arbitraria y convencional. Mientras más arbitraria sea esta relación, el proceso de atribución de significados será más dependiente del conocimiento que el lector tenga sobre las convenciones. En ciencias corresponden a los modelos conceptuales que facilitan la producción de los interpretantes, de ahí, la dependencia del proceso de comprensión de los contenidos disciplinares.

En síntesis, el proceso de fundamentación, para Roth y Bowen (2001), debe entenderse como un proceso que permite establecer una relación entre cuatro factores $\{R, S, c, r\}$ del tipo $R = f_r(S, c)$. Para producir el Interpretante el lector debe generar un nuevo signo que reemplace el signo original de modo que se establezca más fácilmente la relación S/R.

Durante la lectura de un gráfico, establecer la relación $S \rightarrow R$ y $R \rightarrow S$, implica un doble proceso: de interpretación y de traducción (Roth y Bowen, 2001). Coinciden con este planteamiento Han y Roth (2006) al sugerir que la lectura implica la realización de un trabajo de interpretación en dos niveles:

- a) Al interior de la representación pictórica, que llama *Estructuración* y
- b) Entre la representación pictórica y el texto, que se llama *Translación*. Los movimientos de translación son de diferente naturaleza y dependen de la REP que estemos leyendo. De manera general estos movimientos pueden ser del tipo $\text{REP} \rightarrow \text{REL}$, del tipo $\text{REP}_1 \rightarrow \text{REP}_2$ o del tipo $\text{REP} \rightarrow \text{R}$ (Han y Roth, 2006). La lectura de algunas REP pueden demandar del lector combinaciones de estos movimientos, por lo que la lectura de las REP es un proceso complejo.

Sin embargo, para Roth (2004), realizar la translación entre el sistema de signos y la situación debe ser entendida como establecer dos relaciones absolutamente diferentes:

- a) Entre los signos y los interpretantes, **S/I**, (otros signos que permiten elaborar la relación original S/R de manera más fácil); relación que hemos llamado sentido.
- b) Entre el signo (representación pictórica) y el referente (situación), **S/R**, relación que llama referencia. **Sentido + Referencia** es el significado, que refleja la representación conceptual del escritor sobre el punto que trata.

Como mostramos en la Figura 31, relacionar los signos a la situación implica generar dos relaciones: a) **dar sentido**, entendida como establecer una relación **S/I** y b) **ganar significado** que a su vez implica establecer dos relaciones, **S/I** (sentido) y **S/R** (referencia) (Nöth, 1990, citado en Roth, 2004). Ambas relaciones son dirigidas y condicionadas por el contexto (c) disciplinar en el cual se produce la representación, que en definitiva impone las reglas (r) de representación y es ampliamente influenciada por los conocimientos previos del lector.

Interpretar una representación significa construir una descripción situacional a partir de una representación que no es la “realidad” -es un recorte de la realidad- (Roth y Bowen, 2001); esta relación es mediada por la producción de interpretantes, por los conocimientos y la experiencia del lector.

El establecer la relación puede exigir, por parte del lector, más o menos trabajo de lectura, dependiendo del grado de similitud de la representación con la realidad que representa, lo cual, es función de la relación **S/R** (analogía vs arbitrariedad) que guarde la representación con el referente. Recordemos que en la medida que nos situemos en el continuo representacional:

Fotografías → **expresiones/matemáticas** (Pozzer y Roth, 2003)

Esta relación se hace más abstracta y, por lo tanto, más dependiente del contexto paradigmático, situacional y sintagmático definido por la comunidad discursiva y las reglas establecidas por ella que, en definitiva, es quien determina el contexto en el cual debe producirse la interpretación.

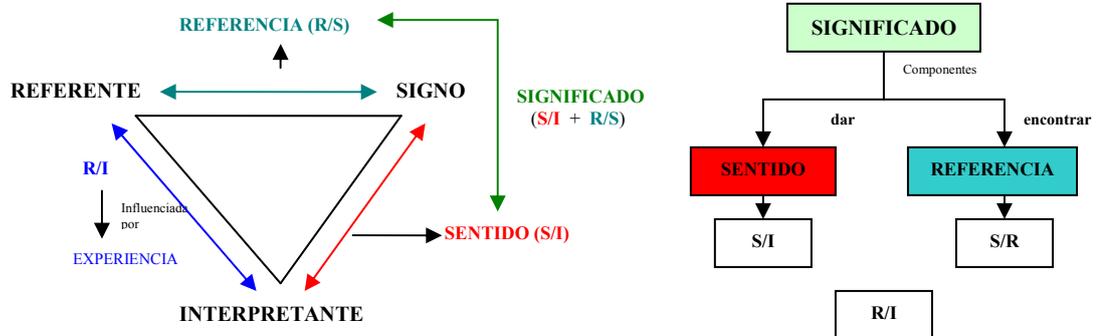


Figura 31: Interpretación como interrelación entre R/I/S que busca dar sentido y ganar significado.

Como ya hemos señalado, cuando el significado se trabaja desde la referencia, **S/R**, el producto sólo puede ser correcto o incorrecto, es decir, se establece o no, la relación representación pictórica-situación. Sin embargo, cuando la trabajamos como sentido, **S/I**, la relación entre la representación pictórica y los interpretantes, a la representación pueden asociarse infinitos signos sinónimos, interpretantes, que encuentran su origen en el conocimiento individual, el conocimiento colectivo (de una comunidad de discurso) o de la práctica (Roth, 2004).

El estudio de la práctica interpretativa muestra que los científicos construyen sus interpretaciones utilizando un proceso cíclico que les permite elaborar un

isomorfismo entre el referente (mundo, idea) y la representación (Roth y Bowen, 1999), estableciéndose una relación de equivalencia entre el signo y el referente

SIGNO \longleftrightarrow REFERENTE

En las ciencias experimentales, establecer esta relación depende de la experiencia y familiaridad que el **lector** tenga con la situación experimental, por ejemplo, conocimiento de equipos, dimensiones, diseño experimental; los modelos teóricos; los datos relacionados con esos modelos, y la representación que se quiere “leer”, es decir, la relación S/R es dirigida por la teoría y la experiencia vinculada a la aplicación de la teoría.

Esta relación S/R puede establecerse en la medida que se pueda conectar con la relación S/I (sentido), que como ya señalamos es ilimitada, pero cuyo espacio se ve reducido cuando la representación se inscribe en un campo disciplinar, de manera que la posibilidad de producir interpretantes es limitada por la inserción de la representación pictórica en el marco de una disciplina, en la que se han consensuado teorías y prácticas.

El trabajo para producir relaciones S/I se conoce como semiosis y corresponde al “*trabajo de lectura*” que debe realizar el lector para interpretar la representación pictórica. Este trabajo es mediado por una tercera relación entre el referente y el interpretante (**R/I**), la cual, resuelve la familiaridad entre el intérprete y el objeto o idea denotado por el signo (Roth y Bowen, 1999). Esta relación puede ser considerada como situaciones analógicas que ayudan al lector al realizar el trabajo de interpretación.

El proceso cíclico de relacionar signo-referente, se elabora en la medida que se establecen las relaciones: a) **R/I** que permite sintetizar la **experiencia fenomenológica** (de descripción) y b) la relación **S/R** que resume la **experiencia hermenéutica** (de interpretación).

Roth y Bowen (1999), a partir del estudio del trabajo de interpretación de un gráfico, muestran que comprender el referente del signo requiere de una comprensión narrativa del referente y una familiaridad del discurso, tema, y propósito de los signos dentro de una comunidad discursiva; para lo cual es preciso que el lector integre en una elaboración reflexiva los recursos textuales adjuntos al gráfico que desempeñan el papel de proporcionar instrucciones que orientan acerca de dónde mirar y cómo leer la exposición que el gráfico presenta; los paradigmas asumidos por la disciplina orienta la selección de: a) cuáles aspectos son relevantes y cuáles no y b) entre los aspectos relevantes los que deben ser procesados.

De manera general, podemos entender como **comprensión** de un texto escrito el producto de realizar un proceso inferencial, interactivo y constructivo, a través del cual el lector elabora el significado del texto (Donís, Morles y Urquhart, 1992), destaca el hecho que el proceso de comprensión en áreas disciplinares implica compartir los significados de la comunidad científica, por lo que se deben conocer los signos y tener experiencia en el dominio en que se inserta el signo (Roth, 2002)

Sin embargo, en la literatura hemos encontrado otros significados para este término, que se transcriben en la Tabla 11.

Asumiremos el concepto de comprensión, entendido como **el producto de la interpretación correcta, en el marco de una comunidad de discurso** (Roth, 2004).

A manera de Síntesis

Profundizar en los conceptos de lectura, interpretación y comprensión no es tarea fácil, toda vez que los límites que diferencian uno de otro son muy difusos, tal como puede derivarse de las definiciones que recopilamos en la bibliografía y que sintetizamos en la Tabla 11. A continuación, mostramos cómo cada uno de estos conceptos se interrelacionan entre sí a partir de las definiciones.

Tabla 11: Conceptos lectura, interpretación y comprensión

LECTURA

Roth y Bowen (2001, p.3)	<i>“La actividad de leer un gráfico es tradicionalmente entendida como “interpretación””</i>
Han y Roth (2006, p.12)	<i>“El proceso de lectura permite relacionar el texto material (signos) con el mundo circunstancial (referente) lo cual implica se realice el proceso de interpretación.”</i>
Roth (2002, p.3)	<i>“Implica buscar lo que es el gráfico (quasi texto) dice sobre un aspecto del mundo, para lo cual se debe estar familiarizado con : a) los signos (palabras y conceptos), b) los objetos naturales a los que sustituye el signo y c) las convenciones que regulan y condicionan el uso del signo”</i>
Roth y Bowen (2001)	Proceso que debe hacer posible reconstruir la dinámica interna del texto multimodal, de modo que devuelva al texto la habilidad de proyectarse a sí mismo fuera de la representación.
Orlandi (1996)	<i>Es un proceso de construcción de sentidos</i>
Roth (2001, p.3)	Toda lectura implica realizar una interpretación y una translación, ésta última entendida como la interpretación entre dos formatos de representación diferentes.

INTERPRETACIÓN

Leinhardt y col. (1990, p.8)	<i>“...es la acción por medio de la cual un estudiante construye el sentido o gana significado para un gráfico o una parte de él”.</i>
Roth y Bowen (2001)	Es el producto de la lectura de un gráfico con el propósito de atribuir significados
Roth y Bowen (2001)	Implica construir una rica descripción situacional a partir de la representación para lo cual deben realizarse dos procesos a) dar sentido y b) ganar significado.
Roth (2002)	Los interpretantes son el producto del proceso de interpretación, su producción depende del contexto y de las reglas de representación.
Roth y Bowen (1999)	Translación de los sistemas de signos a la situación que los signos representan.
Roth y Bowen (2001)	Construir una descripción situacional a partir de una representación que no es la realidad, esta relación es mediada por la producción de interpretantes, los conocimientos y la experiencia previa del lector
Han y Roth (2006)	Para realizar una interpretación en el marco de una disciplina debe realizarse una translación que permita encontrar la referencia (S/R) o encontrar el sentido.
Han y Roth (2006)	Es un proceso en el cual el lector debe relacionar el texto material -signos- con el mundo circunstancial -el referente-

COMPRESIÓN

Han y Roth (2006)	El producto del trabajo de lectura con el propósito de producir sentidos y significado
Roth (2002)	La comprensión es un proceso interactivo y constructivo a través del cual el lector construye el significado, requiere conocer los signos y tener experiencia en el dominio en que se inserta el signo.
Roth (2004)	Comprender es el producto de la <i>interpretación correcta</i> , en el marco de una comunidad de discurso, lo cual exige: a) relacionar los signos (la representación pictórica) con la situación (el fenómeno), para los expertos esta relación es casi

	automática de allí que representación y situación se fusionan, y b) relacionar los signos (S) con las reglas (r) de lo que depende que la translación sea aceptada dentro de la comunidad discursiva.
Lemke (1998a)	Comprender es como armar un rompecabezas, en el que las piezas se corresponden a lo que sabemos y que hemos aprendido, dentro o fuera del contexto escolar; lo que hemos leído; los problemas que hemos resuelto, lo cual debemos armonizar con lo que podemos aprender. Requiere constantemente integrar, trasladar, comparar, sintetizar información que se nos presenta en diferentes formatos, es decir, a partir de un discurso que se caracteriza por ser multimodal.
(Roth, 2004).	“Comprender un Gráfico” significa ser capaz de encontrar la referencia, S/R, o elaborar el sentido, S/I, es decir interpretar, lo que una comunidad de discurso ha establecido de antemano o puede aceptar como una nueva interpretación válida.
(Johnson, 1987, citado en Roth, 2004)	Comprensión se puede entender como la apropiación intelectual de símbolos abstractos que se relacionan con un estado de cosas en el mundo
Moreira (2003)	Se comprende cuando se “...es capaz de explicar situaciones con sus propias palabras, cuando es capaz de resolver problemas nuevos”.
Wu (2003).	La comprensión de conceptos químicos implica que el estudiante debe coordinar entre y a través de diferentes representaciones para buscar la relación entre la representación y su experiencia. En la reconstrucción de estas representaciones desempeña un importante papel el recurso de la intertextualidad.
Treagust y col. (2003)	Los niveles macro, micro y simbólico permiten significados en dos niveles de comprensión: a) Comprensión Instrumental , conocer cómo, que implica conocer las reglas y b) Comprensión Relacional , conocer el por qué, que lleva a conocer qué hacer y por qué, aquello que en Química exige conocer y manejar los niveles microscópicos y simbólico.

INTEGRACIÓN DE PROCESOS (LECTURA-INTEGRACIÓN-COMPRESIÓN)

Roth y Bowen (2001):	Puede considerarse como el proceso mediante el cual el lector a) Identifica los signos relevantes; b) Produce los interpretantes que le permite describir un estado de cosas en el mundo, c) Establece la relación Signo/Fenómeno/Interpretantes la cual es dependiente del contexto (c) y de las reglas establecidas por la comunidad discursiva (r). El lector debe establecer una relación entre el signo y el fenómeno considerando el contexto y las reglas, {R,S,c,r}, esta relación es del tipo $R = f_r(S,c)$ (Roth y Bowen, 2001).
Han y Roth (2006, p. 26)	La lectura del texto (REP+REL) requiere de varios tipos de trabajo por parte del lector: a) Estructurar cada inscripción y texto b) Transponer c) Traducción (relacionar inscripción y el texto) d) Interpretar el significado (relacionar el texto material -signos- con el mundo circunstancial -el referente-.

Aunque entendemos que estos procesos que no se producen de manera aislada y en etapas definidas y compartimentalizadas, sino más bien como movimientos integrados y dialécticos, a los fines de este trabajo podríamos diferenciar los procesos de lectura, interpretación y comprensión a partir de los productos de la siguiente manera:

	PROCESO DIRIGIDO A...	PRODUCTO	REQUISITOS
LECTURA	<i>Reconstrucción</i> de la dinámica interna del texto para reconocer lo que la representación dice sobre un aspecto del mundo,	Identificar signos	a) Conocer signos b) Conocer convenciones culturalmente aceptadas c) Conocer objetos y/o fenómenos d) Conocer las transformaciones que permite relacionar Signo/fenómeno
INTERPRETACIÓN	Producir <i>Interpretantes</i> , lo que facilita establecer relaciones S/R Los Interpretantes se producen con el objeto de dar sentido (S/I) y ganar significado (S/I + S/R)	Interpretantes	
COMPRESIÓN	Si el significado (S/I + S/R) es el aceptado en el marco de una comunidad de discurso $R = f_r(S,c)$	Significado dentro de una comunidad	

III.4.3. LA PRÁCTICA A PARTIR DE LAS REPRESENTACIONES PICTÓRICAS. VISIÓN MOLAR DEL PROCESO.

Analizar el proceso de lectura/interpretación/comprensión desde los productos, implica revisar qué cosas es capaz de hacer el lector a partir de los recursos semióticos que aporta el autor del texto.

En este sentido, Wu (2003) habla de un lector que ha desarrollado competencias representacionales si es capaz de: 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.

En un trabajo posterior (Wu y Krajcik, 2006a) definen diferentes modalidades de práctica (operaciones) que pueden realizarse con las representaciones pictóricas. Se trata de una práctica que debe producir diferentes productos, a saber: construcción, interpretación, razonamiento, presentación y crítica. A continuación, en la Tabla 12, se presenta la descripción de cada una de estas prácticas.

Un lector capaz de realizar estas operaciones puede considerarse como un lector alfabetizado, en el sentido propuesto por Lemke (1994), es decir, un lector debería tener habilidad para construir, interpretar, razonar, presentar, criticar la información que aportan los diferentes tipos de REPs.

Tabla 12: Práctica Inscriptural, definiciones y ejemplos (Tomado de Wu y Krajcik, 2006a)

<i>PRÁCTICA</i>	<i>DEFINICIÓN</i>	<i>EJEMPLO</i>
Construcción	Acciones, discurso, comportamiento e información puestas de manifiesto cuando se recurre a la R con el propósito de utilizarla: Hacer un plan , Utilizar un instrumento, Generar registros, Transformar señales o REP o Leer de manera materializada	Planificar y diseñar REP Registrar lecturas Transformar una representación en otra de tipo diferente Incorporar o combinar diferentes REP en un documento único (por ej. una página web) Capturar información a partir de una REP Modificar una REP ya elaborada
Interpretación	Acciones, discurso, comportamiento e información utilizadas para: Generar el significado de una REP Dar sentido al fenómeno, concepto o datos representados por la REP	Examinar la consistencia de los datos Identificar patrones a partir del REP Buscar razones para explicar los patrones de los datos Comparar los hallazgos para predecir o para establecer estándares Atribuir significado a los componentes de una inscripción
Razonamiento	Acciones, discurso, comportamiento e información puestas de manifiesto cuando se recurre a la R con el propósito de utilizarla: Para Iniciar una discusión Como mediadora entre un concepto y un fenómeno Como evidencia que soporte sus argumentos Como recurso para soportar sus preguntas o su investigación	Usar las REP para predecir Soportar argumentos Ilustrar ideas Conceptualizar un fenómeno Manipular la REP para nuevas comprensión Elaborar conclusiones
Presentación	Acciones, discurso, comportamiento e información puestas de manifiesto cuando se recurre a la R con el propósito de utilizarla: Explicar una R elaborada	Describir y proveer significado a los componentes de una inscripción Explicar las relaciones entre componentes Elaborar ideas a partir del feedback Clarificar confusiones para próximas presentaciones a partir de la discusión
Crítica	Acciones, discurso, comportamiento e información puestas de manifiesto cuando se	Pedir aclaratorias y explicaciones Indicar componentes perdidos

	<p>recurre a la R con el propósito de utilizarla como punto de partida o referencia para: Hacer comentarios Dar feedback Determinar la calidad o exactitud de la R</p>	<p>Sugerir cambios de componentes y categorías Indagar por aclaratorias o respuestas Indicar componentes que faltan Sugerir cambios de componentes y/o categorías Hacer preguntas basadas en la R Hacer preguntas sobre las conclusiones extraídas a partir de la R</p>
--	--	---

De igual manera, García y Perales (2007) describen las siguientes operaciones (ver Tabla 13):

Tabla 13: Variables de las que depende la comprensión de REP tipo Gráficas Cartesianas (Tomado de García y Perales (2007))

Nivel comprensión de la información	Variable (operación)	Estructura de las tareas indicadoras
<p><i>Explícito</i> (con información mostrada de forma directa o indirecta)</p>	<p><i>Identificación de variables (Iv).</i> Determinar el nombre de las variables y clasificarlas como dependientes o independientes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Identificar y clasificar adecuadamente cada una de las variables: implica la ejecución simultánea de estas dos tareas indicadoras.
	<p><i>Lectura de datos (Ed)</i> Leer los valores de las variables relacionadas en la gráfica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Extrapolar el valor que pueden tomar las variables en puntos no representados en las líneas gráficas pero pertenecientes a la misma. Comparar el valor tomado por las variables en dos puntos diferentes que pueden pertenecer a dos curvas o a una misma línea gráfica. Identificar un punto en la línea gráfica para el cual se cumplen determinadas condiciones.
	<p><i>Asignación de título (At)</i> Determinar cuál puede ser el título de la gráfica</p>	<ul style="list-style-type: none"> Formular un título para la gráfica en el que se incluyan las variables, el sistema o fenómeno referido y/o el contexto en el cual se relacionan; o como mínimo de dos de estos aspectos.
<p><i>Implícito</i> (requiere del establecimiento de relaciones entre variables y del pensamiento proporcional)</p>	<p><i>Identificación de la relación (Ir)</i> Expresar el tipo de relación existente entre las variables</p>	<ul style="list-style-type: none"> Determinar cuál es la expresión algebraica más adecuada para describir la relación expuesta por la gráfica cartesiana. Determinar cómo varía una variable en relación con la otra. Formular una consecuencia directa del comportamiento observado en las variables, ya sea en la totalidad o en un segmento de la línea gráfica.
	<p><i>Clasificación de la relación (Cr)</i> Identificar patrones y tendencias en la gráfica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el tipo de proporcionalidad que se presenta entre las variables relacionadas en el caso de relaciones proporcionales. Establecer cuál será su comportamiento de acuerdo con lo descrito en la gráfica en el caso de relaciones no proporcionales.
	<p><i>Reconocimiento de términos (Rt)</i> Reconocer los distintos tipos de términos usados en el interior de las gráficas cartesianas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Manejar, decodificar y/o definir las convenciones, términos de leyendas o símbolos que acompañan la gráfica.
<p><i>Conceptual</i> (Requiere de la generalización y la transferencia de las relaciones encontradas)</p>	<p><i>Elaboración de síntesis conceptuales (Sc)</i> Construir conclusiones a partir de la información aportada por la gráfica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Elaborar conclusiones pertinentes y con un buen nivel de generalización. Para ello se puede requerir sólo de las variables y el fenómeno referido en la gráfica o de otros conceptos diferentes a las variables.
	<p><i>Elaboración de Explicaciones (Ee)</i> Explicar fenómenos a partir de la información aportada por la gráfica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Formular explicaciones que claramente relacionen el fenómeno a explicar con los patrones de comportamiento de las variables expuestas en la gráfica.
	<p><i>Elaboración de predicciones (Ep)</i> Predecir el comportamiento de variables en fenómenos relacionados con la gráfica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Determinar el valor de una de las variables a partir de la aplicación de una expresión algebraica. Estimar el valor de las mismas. Comparar los valores estimados de parámetros relacionados con los valores de las variables. Predecir el comportamiento de un sistema relacionado a través del uso de la analogía

		<p>global basada en la gráfica base.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Su ejecución es correcta cuando la predicción realizada está soportada por algún procedimiento operativo de tipo matemático o por una justificación adecuada
--	--	---

III.4.4. LOS RESULTADOS DEL PROCESO DE LECTURA DESDE LA PRÁCTICA (CASO: LOS GRÁFICOS CARTESIANOS).

La lectura de los gráficos es un proceso que puede ser clasificado (Roth, 2002) en un continuo que varía entre los extremos transparente y problemático. A continuación diferenciamos lectura transparente, lectura competente y lectura problemática entendiendo que “lectura” implica los tres procesos descritos (lectura/interpretación/comprensión).

Lectura transparente

El proceso de lectura es *transparente* cuando el lector puede fusionar el gráfico y el fenómeno que el gráfico representa (Roth, 2002); (representado-representante; signo-referente); para establecer este link es necesario que el lector esté familiarizado tanto con el gráfico como con la parte del mundo al cual el gráfico se refiere. Es decir, tiene como requisito:

- a) Dominio experiencial en el área de contenido en la que se inscribe el gráfico. Este dominio tiene que ver con la “materialidad del mundo” por lo que conecta con los fenómenos (R) o experimentos.
- b) Dominio expresivo del sistema representacional utilizado (lingüístico y pictórico).
- c) Dominio relacionado con los sistemas de signos (S) utilizados para hablar sobre esta materialidad
- d) Dominio del sistema de reglas que permite realizar traslaciones entre el dominio experiencial y el dominio expresivo, las cuales pueden ser del tipo R/S o R/F.

En síntesis, se produce una *lectura transparente* cuando los signos (mundo representante) y la “cosa” a la que el signo se refiere (mundo representado) es familiar para el lector. Para establecer esta relación es preciso conocer el sistema de reglas (convenciones) que regula y restringe el uso de los signos. Cuando esto ocurre, el lector **salta** del sistema de signos que conforma el texto a la “cosa” que el texto representa, que es lo que llamamos *interpretación* (o comprensión).

Por esto, la interpretación (comprensión) de un texto implica conocer los signos y tener experiencia en el dominio (dominio del contenido empírico) en el que se utilizan estos signos. Si el lector no cuenta con la experiencia tendrá dificultad para comprender el texto. Cuando el proceso de lectura es transparente el lector es capaz de asociar a cualquier característica del gráfico, sin titubear, un estado de cosas en el mundo.

Lectura competente:

Cuando el lector tiene un menor grado de familiaridad con el fenómeno y la manera de representar este fenómeno por medio de una representación, sea esta lingüística o pictórica, se ve obligado a realizar un mayor trabajo para la lectura. Este trabajo se refiere a los procesos de estructuración y fundamentación. El lector utiliza diferentes estrategias para realizar este trabajo, por ejemplo, utiliza estrategias como subrayado, resumir, reconocer estructuras, que corresponde a la fase de estructuración; el resultado de este proceso sirve de base para posteriormente establecer la relación entre los símbolos y los fenómenos, correspondiente al proceso de fundamentación.

Para realizar este proceso el lector puede utilizar dos vías: a) construir la descripción de la posible situación a la que se refiere la representación (o una parte de ella) y b) trasladar la descripción de una situación conocida para comprobar si esta descripción es consistente con la lectura de la representación.

En este movimiento dialéctico se reedifican (o reconstruyen) los signos (como resultado del proceso de estructuración que es básicamente un proceso perceptual) y el fenómeno (proceso de fundamentación).

Esto plantea como requisito para la lectura transparente del gráfico, por una parte el conocimiento de las convenciones (o reglas) pero además también exige estar familiarizado con el fenómeno natural o hipotético que el gráfico representa.

La lectura competente de un gráfico no es un problema de edad, depende del conocimiento del contexto y del área de contenido en la que el gráfico es usado como recurso semiótico.

Lectura problemática.

Se produce cuando el lector no está familiarizado con el gráfico, el fenómeno o la traslación representación/fenómeno.

En este caso, el trabajo se concentra en realizar el proceso de estructuración de la representación más que en establecer la relación entre la representación con el fenómeno, lo que limita la comprensión porque el lector centra la atención en rasgos que parecen relevantes, desde la percepción, generando prejuicios que terminan por conducir a lecturas científicamente incorrectas (Roth, 2002).

En el transcurso de nuestro trabajo hemos estudiado el proceso de lectura que realizan los estudiantes.

Consideremos el problema que recogemos en el ejemplo 1.

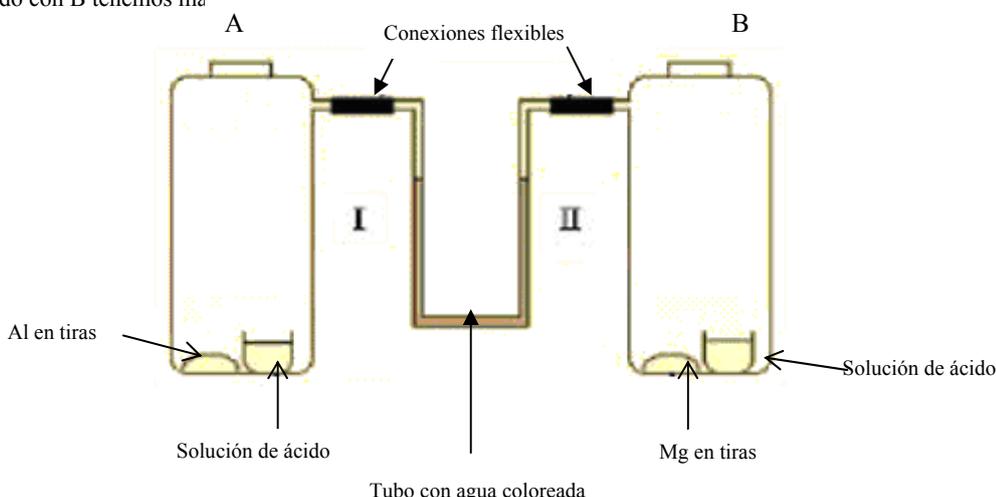
Una lectura transparente del gráfico debería permitir establecer las siguientes relaciones a partir de la “lectura” del diagrama que acompaña el problema:

- ✓ Identificar que los volúmenes de los recipientes son iguales.
- ✓ Reconocer las condiciones: tenemos un sistema cerrado (no hay transferencia de masa con alrededores).

- ✓ Identificación del estado físico de las sustancias que intervienen (tanto reactivos como productos)
- ✓ Reconocer que dentro del sistema, antes y después de la reacción hay aire.
- ✓ Reconocer que la presión del aire en ambos recipientes, en condiciones iniciales, es igual, de allí que el nivel del líquido en el tubo U sea igual.
- ✓ Reconocimiento que se produce gas hidrógeno después de la reacción.
- ✓ Reconocer que número de moles de Aluminio es igual al número de moles de magnesio.
- ✓ Relacionar el desplazamiento del agua coloreada con variaciones en la presión producto formación de hidrógeno como producto de reacción

Ejemplo 1: Ejercicio empleado con el propósito de explorar competencias para realizar lectura transparente a partir de una Representación Pictórica tipo Diagrama

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



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

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

Sin embargo, al proponer a un grupo de 21 estudiantes (cohorte 2006) y un grupo de 13 estudiantes (cohorte 2007), que resuelvan este problema; evidenciamos que la lectura no se produce de manera transparente dada la dificultad para relacionar el mundo representante y el mundo representado; esta afirmación la sustentamos sobre la base de los resultados que se recogen en la Tabla 14.

Tabla 14: Categorías que permiten relacionar Representación/fenómeno en el Ejemplo 1

Categorías que relacionan diagrama a la situación física	Respuestas correctas (%) COHORTE 2006 N = 21	Respuestas correctas (%) COHORTE 2007 N = 13
Identificar que los volúmenes de los recipientes son iguales	0	0
Hacen referencia a las condiciones de ser un sistema cerrado	14	8
Identificación del estado físico de las sustancias que intervienen	5	15

Reconocen que dentro del sistema, antes y después de la reacción hay aire	0	0
Reconocen que la presión del aire en ambos recipientes, en condiciones iniciales es igual, de allí que nivel del líquido en tubo U sea igual	0	0
Reconocimiento que se produce gas hidrógeno después de la reacción	52	0
Reconocen que número de moles de Al es igual al número de moles de Mg	10	23
Relaciona el desplazamiento del agua coloreada con variaciones en la presión producto formación de hidrógeno como producto de reacción	5	0

La lectura: dificultades y retos pedagógicos.

En el ámbito de la escuela el discurso de una disciplina 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).

Es preciso puntualizar que al hablar de lectura nos referimos al proceso de lectura con el propósito de aprender, proceso que requiere de los procesos: lectura, interpretación y comprensión del texto. Resaltamos que se trata de un texto que se ha construido utilizando de manera simultánea representaciones lingüísticas y diferentes tipos de representaciones pictóricas. La realización de estos procesos exige poder operar con los diferentes sistemas de representaciones; en este trabajo focalizamos nuestra atención a las operaciones con REP.

De manera general podemos afirmar que “leer para aprender” exige al lector: a) competencias representacionales (Wu, 2003) y b) dominio del área de conocimientos en que se inscribe el sistema multimodal de recursos semióticos con que se construye el discurso (Roth y Bowen, 2001); ambos son necesarios para atribuir significados consensuados por una comunidad de discurso específica.

Como hemos ya señalado, los estudiantes tienen dificultades para comprender y apropiarse del discurso de la Química por diferentes razones, entre ellas, porque no han desarrollado competencias representacionales que les permitan interpretar los diferentes sistemas de representaciones, como son los sistemas de representaciones pictóricas; esto se evidencia a partir de los siguientes resultados

- Tienen problemas para interpretar los sistemas de representaciones utilizadas (Ben-Zvi, Eylon y Silberstein, 1986),
- Para dar explicaciones verbales sobre los procesos químicos (Kosma y Russell, 1997) y
- Hacer translaciones entre diferentes géneros de representaciones (Keig y Rubba, 1993, en Wu 2003).
- Los estudiantes de Bachillerato y Universidad presentan una comprensión muy limitada de la información presentada por medio de representaciones gráficas, en particular, las gráficas cartesianas (García y Perales, 2007)

El trabajo de Stylianidou y Ormerod (2002) registra algunas dificultades de los estudiantes al enfrentarse a la tarea de leer representaciones pictóricas, entre las dificultades reportadas tenemos:

- a) Las asociadas al carácter molar de la representación pictórica. Al presentar mucha información en poco espacio, aunado al hecho que no se destacan elementos claves, entre los cuales se deben establecer relaciones, hace que las representaciones pictóricas requiera que se realice un complejo trabajo de lectura, lo que dificulta su comprensión y conlleva a la pérdida de parte de la información.
- b) Las asociadas al reconocimiento de estructura narrativa y conceptual. Normalmente en las representaciones pictóricas naturalistas se mezclan ambos tipos de estructuras; por lo general los estudiantes reconocen las estructuras narrativas pero no las conceptuales, es decir, las dependientes de los modelos conceptuales y las asociadas a la igualdad y/o semejanza de los símbolos utilizados en otras áreas con significados diferentes.

Otra fuente de errores para comprender las REP las encontramos vinculadas a las áreas de contenido, entre ellas:

- a) No manejan los modelos conceptuales, por lo tanto, no pueden reconocer los contextos paradigmático y situacional que sirven como marco de referencia para realizar el proceso de atribución de significados;
- b) No reconocen el papel de las representaciones pictóricas en la construcción del discurso, considerándolas simples ilustraciones y no complemento del discurso verbal (Ametller y Pintó, 2002);
- c) En muchos casos son tratadas como si no formaran parte del texto, por lo que no las “leen”. Es decir se obvia el carácter multimodal del lenguaje científico.

Desde la enseñanza es urgente encontrar una representación pedagógica que se fundamente en el conocimiento disponible en el área de representaciones y permita que los estudiantes desarrollen las competencias necesarias para a) describir y representar relaciones con tablas y gráficos; b) construir, leer, e interpretar tablas, gráficos, diagramas; c) analizar estas representaciones para identificar propiedades y relaciones.

Si el estudiante no sabe cómo realizar este proceso no puede utilizar los recursos semióticos que la representación encierra; destacamos que una representación pictórica por su carácter molar “sintetiza” mucha información en espacios muy reducidos, lo cual hace más complejo el proceso de lectura, de allí que la lectura de los textos escolares de Ciencias debe considerarse como una habilidad diferente a la lectura de textos empleados en la vida cotidiana. Es una tarea que presenta un nivel de mayor dificultad para su comprensión (Márquez y Prat, 2005).

Encontrar esta representación pedagógica, supone profundizar en las propiedades de los libros didácticos y los obstáculos que representan para aprender a partir de la lectura.

III.4.5. Síntesis

A lo largo de este capítulo se asume que la ciencia es un discurso (Lemke, 1998a) y se reconoce que el lenguaje científico es un lenguaje especializado cuyas reglas de construcción son diferentes a las que sigue el lenguaje cotidiano. Es un discurso que se construye haciendo uso de un sistema de representaciones múltiples: lingüísticas y pictóricas.

Las representaciones pictóricas forman parte integral del discurso, y en general cada tipo de REP permite “hablar” sobre aspectos específicos de los fenómenos por lo que cumplen un papel insustituible en la construcción del discurso.

Las REP son representaciones externas que permiten re-presentarnos un fenómeno o idea. Para construir una REP se hace uso de signos como puntos, líneas, sombras, colores, sobre una superficie bidimensional. Estos signos y la disposición espacial de los mismos en la superficie del papel permiten definir tamaño, forma, densidad y distribución; se constituyen en códigos que, si se conocen, pueden ser utilizados para atribuir significados cualitativos y cuantitativos.

La lectura-interpretación-comprensión de las REPs incluidas en un texto de ciencias no es un proceso trivial pues depende del conocimiento de reglas generales y específicas. En la mayoría de las REP empleadas en el contexto científico la relación signo-referente es arbitraria, las reglas sólo llegan a conocerse como producto de la incorporación en las comunidades que hacen uso de ellas. La escuela puede desempeñar un papel muy importante si se reconoce como el espacio donde se promueve la incorporación a las comunidades científicas.

El proceso de lectura se puede entender como un proceso de construcción de sentidos (Orlandi, 1996), mientras la lectura con el propósito de aprender un campo disciplinar se puede entender como un proceso de construcción significados. La construcción de significados implica la aceptación por una comunidad de discurso, lo cual, depende de las reglas y del contexto en que se produce el texto. Durante la lectura interaccionan la intencionalidad del autor, las características del texto y las potencialidades de resignificación del lector (Orlandi, 1996).

En este trabajo se intenta aumentar las habilidades del lector para atribuir significados potenciando sus habilidades para reconocer lo que las REPs dicen sobre un aspecto del mundo. Se sustenta el desarrollo de estas habilidades representacionales profundizando el conocimiento de las reglas que permiten relacionar signo-fenómeno, lo cual, debe ayudar al lector a reconstruir la intencionalidad del autor. Para reconstruir lo que el autor quiere transmitir debe contestar preguntas como ¿qué quiere decir el autor?, ¿cómo describe el texto una situación?, ¿en qué condiciones se cumple lo planteado por el autor en el texto?, ¿qué variables permiten describir el fenómeno?, ¿cómo se interrelacionan estas variables?, ¿se puede generalizar la dependencia?. Contribuye a responder estas preguntas el reconocimiento de los signos y las reglas que permiten establecer una relación con el referente.

Se propone una estrategia pedagógica que promueva el desarrollo de la habilidad para realizar una práctica que le permita construir, interpretar, predecir, argumentar, analizar, criticar los contenidos que presenta el autor a través de las REPs, para lo cual debe hacer uso de los recursos semióticos que la REP ofrece.

En este capítulo hemos desarrollado contenidos que servirán de base a la realización de este trabajo. Los planteamientos trabajados cumplirán los siguientes propósitos:

1. A partir del concepto de representación externa, y sus componentes, hemos identificado las características del mundo representante, las reglas que permiten conectar el mundo representado y el mundo representante en el campo de la Química.
2. Se profundiza en el estudio de las representaciones pictóricas, en particular los diferentes formatos: dibujo, fotografía, diagramas de estructura, gráficos cartesianos y tablas, con el propósito de fundamentar la estrategia de enseñanza sobre este conocimiento.
3. Se construye el modelo de integración de recursos para atribuir significados (MIRAS) con el propósito de hacer explícitos los elementos a considerar para reconstruir el discurso planteado por el autor. De igual manera este modelo orienta la definición de las categorías con las que sistematizaremos los resultados

Partimos del presupuesto que las limitaciones que presentan los estudiantes son producto de no haber tenido una experiencia de aprendizaje que les permita conocer cómo se “habla” y se “hace” en la comunidad, lo que es susceptible de ser enseñado.

CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLOGICO

En este capítulo nos proponemos describir:

- a) El contexto educativo en el que se realiza la experiencia.
- b) Metodología utilizada para la recolección de los datos.
- c) La metodología de intervención didáctica.
- d) La situación inicial (conductas de entrada) de los estudiantes que participan en el estudio. Esta descripción contempla la caracterización de los grupos en función de: d.1) parámetros como: género, edad, liceo de procedencia; d.2) resultados de dos instrumentos cuantitativos (razonamiento verbal y razonamiento básico) y dos instrumentos cualitativos (POPERING y FAPE); d.3) respuestas a un problema cuyo enunciado incorpora un diagrama y d.4) lectura de un texto multimodal que incluye un gráfico cartesiano y una tabla.

A manera de síntesis inicial se puntualiza algunas consideraciones teóricas que han contribuido a delimitar el problema de investigación y las características de la metodología didáctica.

La lectura para aprender exige realizar un “trabajo de lectura” que permita establecer un diálogo con el autor del texto. A partir de este diálogo el lector debe atribuir sentido y significado. Este proceso no sólo es válido para la lectura de las representaciones lingüísticas, también debe ser realizado con las representaciones pictóricas. Nuestra experiencia como docente nos ha permitido reconocer que los estudiantes durante el proceso de lectura de un texto complejo consideran que las REP son un “adorno”. Asumirlas como simple adorno los lleva a no procesarlas. Una segunda consideración que podría explicar que los estudiantes no las procesen es que no tengan habilidades para leerlas. Cualquiera de las dos produce el mismo efecto: una lectura problemática.

Entre las premisas teóricas asumidas a lo largo de este trabajo destacan las siguientes:

- a) La Ciencia es un discurso (Lemke, 1998b).
- b) Para construir el discurso en un campo de conocimientos se requiere emplear un lenguaje científico.
- c) El lenguaje científico recurre a los sistemas de representaciones múltiples: lingüísticas y pictóricas para construir el discurso.
- d) Los diferentes sistemas de representaciones **no son redundantes, se complementan** (Lemke, 1993).
- e) Las representaciones pictóricas están cargadas de contenido.
- f) Alfabetización es dependiente de las áreas de contenido (Roth y McGinn; 1997; Roth y Bowen, 2001).
- g) Se entiende alfabetización como: *Tener habilidad para utilizar un complejo aparato representacional, habilidad que es usada con el propósito de razonar o calcular dentro de un campo de conocimiento* (Lemke, 1994).
- h) Durante el proceso de lectura interaccionan dos variables con el propósito de inferir lo que el autor pretende comunicar (intencionalidad del autor). Estas

variables son: a) el sistema de representaciones externas que permiten al autor concretar su discurso (materialidad del texto) y b) las capacidades del lector para atribuir sentido y significado (posibilidades de resignificación del lector) (Orlandi, 1996).

Nos proponemos modificar las posibilidades de resignificación del lector dotándolo de conocimiento declarativo y procedimental para procesar los sistemas de representaciones externas tipo pictóricas en diferentes formatos.

A continuación se precisan algunas circunstancias contextuales muy importantes como son: el nivel educativo en el que se desarrolla la experiencia y las características iniciales de los estudiantes que participan en el ensayo.

IV.1. CARACTERIZACIÓN DEL CONTEXTO EDUCATIVO.

IV.1.1. El Contexto

Trabajamos con dos cohortes de estudiantes (2005-2006 y 2006-2007²²), inscritos en el programa de admisión integral “Samuel Robinson”, en particular trabajamos con estudiantes aspirantes a ingresar a carreras del área de ciencia y tecnología²³ en la Universidad Central de Venezuela.

El programa se inició en el año 1997 y es administrado por la Secretaría General de la UCV. A través del programa se intenta dar una respuesta académica a la problemática de admisión, pues es política de la Secretaría General dar una respuesta socialmente justa a la demanda de ingreso.

El Programa de Admisión Integral Samuel Robinson, constituye una propuesta “*que persigue mejorar la calidad y la equidad en el ingreso a la educación superior,...*” (Secretaría UCV, 2003; p. 23)

Este programa asume, entre otras, las siguientes **dimensiones** del proceso de admisión (Secretaría UCV, 2003; p. 20):

- a) La admisión es un proceso académico.
- b) La admisión tiene que ser un proceso que apunte hacia una ponderación equilibrada de las aspiraciones y potenciales individuales con las necesidades y expectativas sociales.
- c) En el proceso de admisión deben evaluarse tanto la inteligencia o razonamiento básico, la motivación, la vocación y la capacidad de compromiso o ajuste como **los conocimientos de los aspirantes**.

En función de estos lineamientos anteriores se establecen los siguientes **objetivos** para el programa (Secretaría UCV, 2003; p.24):

²² En este trabajo serán identificadas como 2006 y 2007 por ser el año en que se realizó la prueba.

²³ Son estudiantes que aspiran entrar a las carreras de Ingeniería, Computación, Química, Física, Matemática, Ciencias de la Tierra y Arquitectura. La mayoría aspira estudiar ingeniería, computación o arquitectura.

- a) Conformar un proceso académico integral de admisión que incluya el uso de instrumentos de selección no basados exclusivamente en el conocimiento, así como la realización de actividades de orientación vocacional, de iniciación, de inducción y nivelación de los estudiantes.
- b) Seleccionar estudiantes provenientes de instituciones de educación media públicas y suministrarles herramientas para que definan claramente su vocación, ingresen a las carreras escogidas y se adapten con éxito a la vida universitaria.

El **método de trabajo** seleccionado es el modelo de investigación acción, lo cual implica que “...nos movemos con un margen de incertidumbre sumamente amplio; no hay algoritmos ni procedimientos pre-establecidos que orienten las tareas. ...” (Secretaría UCV, 2003; p. 24)

“... el programa está dirigido a estudiantes de estratos sociales bajos...” (Programa Samuel Robinson, 2003; p.39) por lo que el programa se dirige a atender a los egresados de instituciones educativas de la Gran Caracas y estado Miranda. Son instituciones educativas que se caracterizan porque “...no habían tenido estudiantes que se incorporaran a la Universidad Central de Venezuela, **por ninguna de las vías de admisión vigentes en los últimos tres años (94, 95, 96)...**” (Secretaría UCV, 2003; p. 40). Estos criterios se mantienen para las cohortes 2006 y 2007 que son las cohortes seleccionadas para realizar el presente trabajo

IV.1.2. Diseño general del plan de formación.

IV.1.2.1. Fases y Dimensiones del Programa

El plan de formación se organiza en diferentes fases que pretenden abordar diversas dimensiones del proceso. Estas fases y lo que se pretende lograr en cada una de ellas se muestra a continuación en la Tabla 15.

Tabla 15: Fases y Dimensiones del programa de Formación Proyecto Samuel Robinson

FASES/ DIMENSIONES	SELECCIÓN	INDUCTIVA Módulo I	INTRODUCTORIA Módulo II	ESPECÍFICA Módulo III	TUTORÍA Y SEGUIMIENTO
SENTIDO DE PERTENENCIA	1. Asistencia a convocatoria 2. Manejo de información	3. Información 4. Comunicación y desarrollo personal	5. Supervisión académica	6. Introducción a comunidades científicas	7. Tramitación del Ingreso 8. Adaptación al grupo
POTENCIAL INTELLECTUAL	1. Pruebas Razonamiento básico 2. Razonamiento verbal	3. Estrategias cognitivas 4. Estrategias de comprensión de lectura 5. Producción escrita	6. Nivelación por áreas de conocimiento	7. Expresarse en lenguajes de las disciplinas	8. Análisis del rendimiento académico
HABILIDADES Y DESTREZAS	1. Pruebas Apercepción del éxito 2. Potenciación personal	3. Alfabetización informática 4. Introducción a la Investigación	5. Tecnologías de la Información y Comunicación 6. Métodos de la ciencia	7. Uso de los sistemas representacionales en campos específicos 8. Aplicación conocimientos para resolución problemas	9. Ejecución
RESPONSABILIDAD Y MOTIVACIÓN	1. Asistencia a proceso	2. Orientación personal y vocacional	3. Exploración vocacional	4. Decisión vocacional 5. Socialización	6. Capacidad de respuesta
DISPOSICIÓN Y	1. Asistencia a	2. Proyecto de	3. Análisis de	4. Formación	5. Logro de metas

CAPACIDAD DE COMPROMISO	proceso	vida	resultados	profesional y ciudadana	del proyecto de vida
-------------------------	---------	------	------------	-------------------------	----------------------

IV.1.2.2. Organización de las experiencias de aprendizaje

Las experiencias de aprendizaje se organizan en el tiempo de modo que se posibilite el desarrollo de competencias generales y se promuevan competencias específicas, tal y como se muestra en la Figura 32

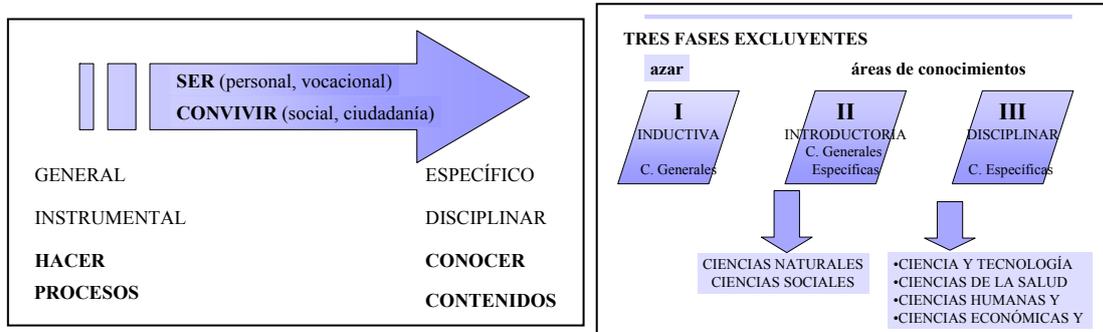


Figura 32: Organización de los contenidos a lo largo de las 3 fases en el PSR (Fuente: Archivos PSR)

IV.1.2.3. Operacionalización de las dimensiones en asignaturas (Fuente: Archivos del PSR)

Las Fases y Dimensiones del programa se concretan en un diseño curricular en el que cada asignatura cumple un propósito definido. Este diseño se muestra a continuación.

Fase I	Fase II	Fase III
Pensamiento Estratégico I Pensamiento Matemático Decisión Vocacional I Introducción a los Procesos de Lectura y escritura Abordaje de lo Social Gestión de la Información Cultura Universitaria	Pensamiento Estratégico II Matemática I Química I Física I Decisión Vocacional II Proceso Socio-Histórico Venezolano Comprensión y producción textual	Pensamiento Estratégico III Matemática II Química II Física II Decisión Vocacional III Proceso Socio-Histórico Venezolano Producción Escrita en Contextos Académicos Formación Ciudadana

IV.1.2.4. Requisitos de aprobación

El ingreso a la carrera se da en la medida que se aprueben todas las asignaturas en todas las fases, no se puede repetir ni una asignatura ni el curso completo.

IV.2. Caracterización de los estudiantes: Cohorte 2006 y 2007.

IV.2.1. Descripción Conductas Entrada a la Fase I del programa de cohortes 2006 grupos Ciencia y Tecnología 2007.

✓ Conductas Entrada Generales

A continuación describimos las conductas de entrada al inicio del programa para Cohorte 2005-2006²⁴ y Cohorte 2006-2007²⁵. Para esta descripción utilizaremos los

²⁴ Fuente: Programa Samuel Robinson

²⁵ Fuente: Programa Samuel Robinson

resultados de dos instrumentos cuantitativos (Razonamiento verbal y Razonamiento Básico) y dos instrumentos cualitativos (Popering y FAPE):

- Razonamiento Verbal (RV).** Este instrumento evalúa competencias de tipo general referidas a competencias para: Acentuación y puntuación, sinónimos, relación de pares de palabras, ordenación de párrafos y comprensión lectora (30 minutos).
- Razonamiento Básico (RB).** Este instrumento, también referido a competencias genéricas, evalúa si los estudiantes pueden representar, relacionar e inferir información y resolver problemas (30 minutos).
- POPERING (POP).** Diseñado para evaluar Necesidad de logro, Locus control, afiliación académica positiva y negativa, poder socializado, visión futura y liderazgo socializado (30 minutos).
- FAPE.** Es una prueba psicológica diseñada para evaluar Apreciación personal en torno a las áreas: familiar, educativa, vocacional y personal (1 hora). Por las características de esta prueba no se reportan los resultados.

Comparamos la media del grupo Ciencia y Tecnología con la media de la cohorte total. La cohorte como un todo está conformada por tres grupos además del de Ciencia y Tecnología, a saber: Ciencias de la Salud; Ciencias Sociales y Humanas y Ciencias económicas y Administrativas.

	N _T	N _{cohorte}	RV _{CyT}	RV _{cohorte}	RB _{CyT}	RB	POP _{CyT}	POP
	cohorte	CyT				Cohorte		Cohorte
Cohorte 2005-2006	287	32	10,28	7,57	10,28	6,45	43,51	38,43
Cohorte 2006-2007	120	13	9,69	7,49	10,76	6,56	41,28	37,9

IV.2.2. Características descriptivas cohortes 2006 y 2007 del grupo Ciencia y Tecnología.

✓ Cohorte 2006

Características: Grupo de 32 estudiantes (59,4 % hombres y 40,6 % mujeres), provenientes de 21 liceos del área metropolitana. De los 21 liceos 17 corresponden a liceos públicos (81 %) y 4 liceos son del tipo privados con subvención (19 %). Los estudiantes seleccionados no han ingresado a la UCV a través de ninguno de los diferentes mecanismos de admisión: a) Prueba Nacional de Admisión (realizada por OPSU); b) Pruebas de Admisión realizadas por la propia universidad (pruebas internas) y c) Convenios.

La edad de los estudiantes oscila entre 16 y 21 años, aproximadamente el 80 % de los estudiantes tiene edades comprendidas entre los 17 y 18 años (Tabla 16)

Tabla 16: Distribución por edades de la cohorte 2006

Edad	Número de estudiantes	%
16	1	3.33
17	8	26,7
18	16	53,3
19	2	6.7
20	1	3.3
21	2	6.7

✓ **Cohorte 2007**

Características: Grupo de 13 estudiantes del grupo de ciencia y tecnología (El 53,8 % son mujeres y el 46,2% son hombres), estos estudiantes provienen de 11 liceos del área metropolitana, de los cuales 5 clasifican como liceos públicos (45,5%) y 6 liceos son del tipo privados con subvención (54,5 %). De acuerdo con los requisitos de participación en el programa los 13 estudiantes no han aprobado ninguno de los requisitos de ingreso tanto a nivel nacional (prueba nacional) como de la propia universidad (pruebas internas).

Las edades oscilan entre 17 y 19 años (Tabla 17); el 84,3 % tienen edades comprendidas entre 17- 18 años.

Tabla 17: Distribución por edades de la cohorte 2007

Edad	Número de estudiantes	% N= 13
17	3	23,1
18	8	61,2
19	2	15,4

✓ **Síntesis descriptiva cohorte 2006 y 2007**

A continuación, en la Tabla 18, se presenta una síntesis de esta información.

Tabla 18: Síntesis descriptiva de Instituciones y Participantes

	Cohorte 2006	Cohorte 2007
Nº Estudiantes	32	13

Distribución según Género

Hombres	59,4 %	46,2 %
Mujeres	40,6 %	53,8 %

Distribución por Edades

17-18 años	80 %	84,3 %
------------	-------------	---------------

Distribución según Tipo de Institución Participante

Total liceos Participantes	21	11
Públicas	81 % (17)	45,5 % (5)
Privadas con Subvención	19 % (4)	54,5 % (6)

IV.3. METODOLOGÍA RECOLECCIÓN DE LOS DATOS

IV.3.1. Análisis de contenido

La recolección de los datos se efectuará utilizando el análisis de contenido, que es una técnica que permite estudiar y analizar una comunicación (oral o escrita) de una manera sistemática y cuantitativa, al tiempo que permite hacer inferencias válidas y confiables de datos respecto a su contexto (Krippendorff, 1982;

Hernandez, Fernández y Baptista, 1998). Para el uso de la técnica es preciso que el investigador seleccione las unidades de análisis y las categorías de análisis.

Las **unidades** de análisis son segmentos del contenido de los mensajes que son estudiados; en este trabajo seleccionaremos como unidad de análisis las respuestas a las preguntas planteadas a los estudiantes.

Las **categorías** son los niveles donde serán caracterizadas las unidades de análisis. Como interesa conocer que parte del texto se recupera durante la lectura, las categorías se construyen a partir de los textos que se suministran al lector. Debemos hacer notar que el lector dispondrá durante los ejercicios de los textos.

Las categorías son validadas a partir de la discusión con 2 expertos en el área de Química. A los expertos se les pide: a) resolver el problema y b) discutir las categorías construidas por el investigador.

Se evalúa la recuperación a partir de la lectura que hace el investigador del texto que produce el estudiante. El texto producido por el estudiante se analiza para determinar la presencia-ausencia de la categoría. Se registra en una tabla la presencia de la categoría y se determina el % de presencia de la categoría en las respuestas.

A continuación, se expone la elaboración de las categorías para los diferentes instrumentos.

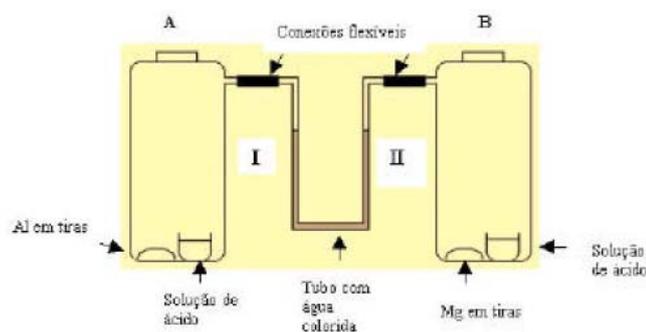
IV.3.2. Construcción de categorías para evaluación de las conductas entrada.

La construcción de las categorías de análisis se realiza siguiendo la estructura del texto; prestamos atención a la información que se deriva de la **lectura** de las representaciones pictóricas.

IV.3.2.1. *Construcción de categorías para la tarea que consiste en resolver un problema cuyo enunciado incorpora un diagrama.*

El problema:

Se sabe que el aluminio y el magnesio son sólidos y que las cantidades, expresadas en número de moles, de ambos sólidos son iguales. En el recipiente marcado con A tenemos aluminio y en el marcado con B tenemos magnesio. Si se agitan los recipientes para garantizar que el ácido clorhídrico se derrame y pueda reaccionar:



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

Para evaluar esta tarea se construyen las siguientes categorías.

Categorías que relacionan diagrama a la situación física

1. Identifican que los volúmenes de los recipientes son iguales.
2. Hacen referencia a las condiciones de ser un sistema cerrado.
3. Identificación del estado físico de las sustancias que intervienen.
4. Reconocen que dentro del sistema, antes y después de la reacción, hay aire.
5. Reconocen que la presión del aire en ambos recipientes, en condiciones iniciales es igual, de allí que nivel del líquido en el tubo U sea igual.
6. Reconocen que se produce gas hidrógeno después de la reacción.
7. Reconocen que el número de moles de Aluminio es igual al número de moles de magnesio
8. Relacionan el desplazamiento del agua coloreada con variaciones en la presión producto formación de hidrógeno como producto de reacción

IV.3.2.2. *Construcción de categorías para la tarea que consiste en construir un resumen a partir de la lectura del texto Química del medio ambiente tomado de Brown y col. (2004), (Capítulo 12 p. 376-378) (anexo 1)*

A partir del texto y con apoyo de los expertos se construyen las siguientes categorías:

Categorías para evaluación del resumen elaborado por los estudiantes a partir de la lectura

IDENTIFICACIÓN IDEAS	INTRODUCCIÓN						
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Tipo Cambio	Objetivo	Contaminación como problema	Ciudadanía responsable	Reformas Legislativas	Acciones Concretas	Principio físico químicos

IDENTIFICACIÓN VARIABLES	VARIABLES					
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Presión (P)	Volumen (V)	Temperatura (T)	Variación de temperatura (ΔT)	Altura (h)	Composición (n)

CAMBIO VALORES VARIABLES	RELACIÓN ENTRE VARIABLES (Generalización)								
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Relación T/h				Rango variación T				Relación P/h
	Disminución	Aumento	Disminución	Aumento	disminución	Aumento	Disminución	Aumento	Disminución P a mayor h
	0-11	11-50	50-85	85-	290-220	220-270	270-180	180-270	

IDENTIFICACIÓN IDEAS	NOMENCLATURA			
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Identifica regiones	Nombra región	Identifica Inflexión	Especifica reglas

VARIABLE	COMPOSICIÓN			
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Sólo nombra la variable	Identifica componentes	Identifica componente más abundante	Identifica componente menos abundante

CONSTRUCCIÓN RESPUESTA	CONSTRUCCIÓN REPRESENTACIÓN PARA DAR RESPUESTA			
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Transforma texto	Transforma gráfico	literal	Sin información específica

IV.3.3. Construcción de las categorías de análisis para evaluación de los productos de aprendizaje. El texto elaborado para efectos de este trabajo se titula: la situación de Equilibrio Químico en la reacción de interconversión N₂O₄/NO₂.

A partir del texto construido para efectos de este trabajo se elaboran las categorías de análisis. Estas categorías se agrupan de acuerdo al modelo MIRAS.

IV.3.3.1. Construcción Categorías de acuerdo al texto suministrado. Se sigue MODELO MIRAS

PARADIGMÁTICO (P)

GENERALIZACIONES para definir el concepto a diferentes niveles		... “La situación de equilibrio puede ser descrita...”			
NIVEL SIMBÓLICO (S)	Representación	... “Esta situación de equilibrio se representa mediante la siguiente reacción : $N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2 NO_{2(g)}$ en la que la doble flecha indica específicamente situación de equilibrio.”...	Párrafo 5 Línea 27, 28	lm a) ec b)df	1a 1b
		Fórmulas compuesto Diagrama estructura compuestos	Párrafo 1, 3, 5	a) F b) D	14a 14b
NIVEL MACROSCÓPICO (Ma)		... “a) macroscópicamente, utilizando propiedades físicas que se mantienen constantes (color, concentración)...”	Párrafo 6 Línea 29, 30	pf a) c b)CP	2a 2b
NIVEL MICROSCÓPICO (Mi)		... “b) microscópicamente como una situación dinámica en que la velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa por lo que el número de partículas de reactivos y productos se mantiene constante...”	Párrafo 6 Línea 30, 31, 32	a) v b) m	3a 3b
	Constante equilibrio	... “c) matemáticamente mediante un número, la constante de equilibrio.”...	Párrafo 6 Línea 32, 33	lm, k	4
PROPIEDADES CONSTANTE DE EQUILIBRIO					
	Diferentes magnitudes	... “La constante de equilibrio puede expresarse en diferentes magnitudes, por ejemplo, concentración, Kc, presiones parciales, Kp...”	Párrafo 7 Línea 34, 35	lm, CP	5
	Estado de los componentes	... “en esta expresión se consideran los reactivos y productos en estado gaseoso ...” ... “c) solo se consideran los componentes gaseosos.”...	Párrafo 7 Línea 35	Pf,e a) g b) g,l,s	6
	Condiciones para que K sea constante				
	Temperatura constante	... “a) la temperatura debe mantenerse constante ;...”	Párrafo 7 Línea 37	pf, T a) K	7
	Conocer reacción	... “b) conocer la reacción química que se produce...”	Párrafo 7 Línea 37	pf, r	8
	Conocer estequiometría	... “así como su estequiometría ”...	Párrafo 7 Línea 37, 38	pf, E	9
	Conocer	... “y el estado en que se encuentran los reactivos y los	Párrafo 7	pf, E	10

	estado de los componentes en sistema cerrado	productos, porque la manera como se escribe la constante depende de la reacción y su estequiometría ...”	Línea 38, 39		
	Presencia simultánea de reactivos y productos	... “Esta situación de equilibrio se caracteriza porque están presentes tanto reactivos como productos...”	Párrafo 8 Línea 41	s	11
	El equilibrio se alcanza desde diferentes estados iniciales	... “puede alcanzarse desde diferentes situaciones iniciales por lo que las concentraciones en equilibrio se mantienen constantes pero pueden tener diferentes valores.”...	Párrafo 8 Línea 41, 42, 43	si	12

SITUACIONAL (S)

GENERALIZACIÓN	Describe...”el proceso de interconversión de tetróxido de nitrógeno gaseoso en dióxido de nitrógeno también gaseoso,...”		Párrafo 2 Línea 7 y 8		
NIVEL MACROSCÓPICO (Ma)	Inicio interconversión	... “el N ₂ O ₄ puro y congelado se calienta por encima de su punto de ebullición (21.2 °C),...”	Párrafo 3 Línea 1	Dfe, cex a) in b) sc c) lm	15a 15b 15c
	Reacción que se sigue por cambio color	... “ cuando el gas que está en el tubo cerrado se oscurece gradualmente conforme el N ₂ O ₄ se disocia en NO ₂ gaseoso de color pardo rojizo:	Párrafo 3 Línea 9, 10	Dfe, cex a) av cc	17
NIVEL SIMBÓLICO (S)	Representación reacción	$\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightarrow 2\text{NO}_2(\text{g})$ Incoloro pardo rojizo	Párrafo 3 Línea 12, 13	Lm a) iuf b) eq df	16 a 16b
EQUILIBRIO					
NIVEL MACROSCÓPICO (Ma)	Propiedades Físicas	... “con el tiempo el color deja de cambiar,...”	Párrafo 3 Línea 14	Dfe, cex a) eq ncc	20
	Magnitudes químicas: concentración	... “Se tiene una mezcla de N ₂ O ₄ y NO ₂ en la que las concentraciones de los gases ya no cambian. ...”	Párrafo 3 Línea 14, 15	Dfe, cex a) eq ncc	21
	Establecimiento de condiciones a cumplirse				
	Presencia simultánea de reactivos y productos	... “no obstante que todavía hay N ₂ O ₄ en el tubo.”...	Párrafo 3 Línea 14	Dfe, cex, s	19
	GENERALIZACIÓN N desde propiedades físicas: color	... “Se tiene una mezcla de N ₂ O ₄ y NO ₂ en la que las concentraciones de los gases ya no cambian. ...”	Párrafo 3 Línea 14, 15	Dfe, cex a) eq ncc	21
	GENERALIZACIÓN N desde magnitudes: concentración	“...La condición en la cual las concentraciones de todos los reactivos y productos en un sistema cerrado dejan de cambiar con el tiempo se denomina equilibrio químico. ”...	Párrafo 3 Línea 15, 16 y 17	Dfe, cex a) eq ncc	21
NIVEL MICROSCÓPICO (Mi)	Explicaciones en nivel microscópico, aproximación cinética	... “Para explicar lo que sucede en el recipiente recurrimos al concepto de velocidad de reacción...”	Párrafo 4 Línea 18	EX, v	
	Descripción situación inicial en términos de velocidad de reacción	“Inicialmente sólo tiene lugar la reacción directa, ...”	Párrafo 4 Línea 20	a) in v _{dir} max	22a
		... “pero tan pronto como se forma algo de NO ₂ , comienza a producirse la reacción inversa.”...	Párrafo 4 Línea 20, 21	EX, m a) cvcm b) kvkm	23a 23b

		...“Con el transcurrir del tiempo la velocidad de la reacción directa disminuye porque la concentración del tetróxido de nitrógeno disminuye”...	Párrafo 4 Línea 21, 22	b) av v _{dir} dism	22b
		“...mientras que, de manera simultánea, aumenta la velocidad de la reacción inversa, porque aumenta la concentración del dióxido de nitrógeno.”	Párrafo 4 Línea 22, 23		
	Descripción equilibrio en términos de velocidad de reacción	“...Llega un momento en que la reacción directa e inversa transcurre a la misma velocidad y se establece un equilibrio. El equilibrio químico se alcanza cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales.”...	Párrafo 4 Línea 23, 24, 25	c) eq v _{dir} = v _{inv}	22c
	Establecimiento de condiciones a cumplirse				
	Sistema cerrado	... “Para que se establezca un estado de equilibrio, es necesario que ni los reactivos ni los productos escapen del sistema.”...	Párrafo 4 Línea 25, 26	sc	15b
NIVEL SIMBÓLICO (S)	Representación	...“Esta situación de equilibrio se representa mediante la siguiente reacción: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ en la que la doble flecha indica específicamente situación de equilibrio.”...	Párrafo 5 Línea 27, 28		

En total son treinta y cuatro categorías con las que se organizan 5 grupos para facilitar la lectura y análisis de los datos. Estos grupos son: a) criterio paradigmático simbólico, categoría lingüística matemática; b) criterio paradigmático macroscópico cualitativo, categoría propiedad física; c) criterio paradigmático microscópico, categoría velocidad de reacción; d) criterio situacional macroscópico cualitativo, categoría descripción fenomenológica y e) criterio situacional microscópico cualitativo, categoría explicación.

a) **CRITERIO PARADIGMÁTICO SIMBÓLICO - CATEGORÍA LINGÜÍSTICA-MATEMÁTICA**

1a	Ecuación
1b	doble flecha
14a	Mi (Microscópico), Estructura, Fórmula
14b	Mi, Estructura, Diagrama
4	S (Simbólico), R(representación) lingüística matemática (Im), K (constante)
5	C (Concentración) P (Presión)
8	pf (propiedades físicas), reacción (r)
9	pf, r, estado
10	pf, Estequiometría (E)
16a	DR (descripción representacional), Mi, inicio una flecha (iuf)
16b	DR, Mi, inicio (doble flecha)

b) **CRITERIO PARADIGMÁTICO MACROSCÓPICO CUALITATIVO. CATEGORÍA PROPIEDAD FÍSICA**

2a	Ma (Macroscópico), propiedades físicas (pf), color (c)
2b	Ma, pf, Concentración (C), Presión (P)
6a	Ma, pf, estado (e), gas
6b	Ma, pf, e, g-l-s (gas, g ; líquido, l ; sólido, s)
7a	Ma, pf, Temperatura (T)
7b	Ma, pf, Tno-cte
8	S, pf, reacción (r)
9	S, ling, pf, r
10	S, pf, Estequiometría (E)

11	Ma, simultaneidad
----	-------------------

- c) **CRITERIO** PARADIGMÁTICO MICROSCÓPICO CUALITATIVO.
CATEGORÍA: VELOCIDAD-PARTÍCULAS

3a	Mi, velocidad (v)
3b	Mi, partículas

- d) **CRITERIO** PARADIGMÁTICO MACROSCÓPICO CUALITATIVO.
CATEGORÍA: DESCRIPCIÓN FENOMENOLÓGICA

13a	Ma, situación (situac) inicial (inic.).
13b	Ma, situac avance
13c	Ma, situac equilibrio
15a	Dfe, Ma, condiciones experimentales (cex), inicial
15b	Dfe, Ma, cex, avance
15c	Dfe, Ma, cex equilibrio (eq)
17	Descripción Fenomenológica (Dfe), Ma, cambio color
18	Dfe, Ma, cambio Concentración
19	Dfe, Ma, cambio Concentración
20	Dfe, Ma, eq, no cambio color (ncc)
21	Dfe, Ma, eq, no cambio Concentración (ncC)

- e) **CRITERIO** SITUACIONAL MICROSCÓPICO CUALITATIVO.
CATEGORÍA: EXPLICACIÓN

22a	Mi, velocidad (veloc) inicio
22b	Explicación (EX), Mi, v avance
22c	EX, Mi, v equilibrio
23a	EX, Mi, moléculas, cambio veloc cambio part
23b	EX, Mi, moléculas, igual veloc igual part

IV.4. DISEÑO DE LA INTERVENCIÓN

IV.4.1. Descripción general

- a) *Inserción en el Diseño.* La experiencia se realiza en el marco de la asignatura Pensamiento Estratégico III; el grupo de estudiantes formaba parte en su totalidad de la sección de Pensamiento Estratégico II. El profesor participante en ambas fases, y para ambas cohortes fue la misma persona. En paralelo a Pensamiento Estratégico III, los estudiantes cursan la asignatura Química que incluye en su programa el dictado del tema soluciones y equilibrio químico. En el momento de aplicar el instrumento “**la situación de Equilibrio Químico en la reacción de interconversión N_2O_4/NO_2** ” en la asignatura Química, ya se habían dictado ambos temas. El profesor de Química fue el mismo para ambas cohortes. La asignatura Pensamiento Estratégico tiene una carga horaria de 2 horas semanales por 10 semanas, se utilizaron 4 sesiones adicionales para pasar los instrumentos.

Reconocidas las debilidades de los estudiantes para realizar una lectura de las representaciones pictóricas que les permita atribuir significados en el marco de una comunidad, y reconociendo la dependencia de la lectura de los contenidos disciplinares, se selecciona un texto de Química General.

- b) *Los materiales.* El texto que sirvió de base para la realización de los ejercicios fue el Capítulo N° 15: SOLUCIONES, tomado del texto Hein, M. (1992). *Química*. Grupo Editorial Iberoamérica. P.375-414. Es un texto que la editorial recomienda para el nivel preuniversitario.

Descripción del texto seleccionado.

- Tema que se desarrolla: Soluciones
 - Tipo de representaciones que utiliza. Es un texto híbrido construido por el autor mediante el uso de representaciones lingüísticas y representaciones pictóricas
 - Tipo de representaciones pictóricas: tablas, Gráficos, croquis, diagramas de estructuras
- c) *Los propósitos.* Centramos nuestra atención en el desarrollo de habilidades representacionales, en los términos establecidos por Wu (2003) que implica:
- Generar representaciones para un propósito particular.
 - Utilizar las representaciones para dar explicaciones.
 - Utilizar las representaciones en un contexto social, por ejemplo, en la escuela, para comunicar comprensión y establecer relaciones entre diferentes representaciones.

IV.4.2. *Diseño de la Intervención*

La intervención se realiza de acuerdo al siguiente diseño:

ACTIVIDAD		ESTRATEGIA
a)	Presentación de la taxonomía de REP según criterio comprensión	Lectura y exposición
b)	Caracterización de los diferentes tipos de REP a trabajar, resaltando los recursos semióticos de uso más frecuente en las mismas.	Lectura y exposición
c)	Presentación de texto que contiene la representación	Lectura, trabajo individual
d)	Identificación de los contextos presentacional, organizacional y orientacional (se usa como ayuda de instrucción las preguntas anexas)	Ejercicios con preguntas anexas Confrontación de respuestas en equipos y la sección en conjunto
e)	Presentación de un problema en el que el tipo de representación utilizada es parte del enunciado del problema	Trabajo individual Confrontación de respuestas en equipos y la sección en conjunto
f)	Lectura del tipo de representación trabajado en un texto de nivel universitario	Trabajo independiente sin supervisión

A continuación se describen las actividades realizadas en las 10 semanas.

IV.4.3. **DISTRIBUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A TRAVÉS DEL TIEMPO**

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10
Conceptos introducidos	Representaciones Pictóricas. Signo(S)/referente(R) Relación S/R: analogía, abstracta	REP tipo TABLA)Tablas 15.2, p. 379 15.3, p. 382)	REP tipo Tabla Ejercicio 1	Ejercicio 2 Tabla 1	REP tipo gráfico cartesiano (Fig.15.3, p.383)	Ejercicio Gráfico Cartesiano	REP tipo Diagrama Estructura (Fig. 15.2, p. 381)	Ejercicio 4 Gráfico	REP tipo croquis (Fig. 15.6, p.393)	Ejercicio 2 recipientes
Conceptos químicos	Densidad (líquidos)	Solubilidad (reglas y valores puntuales)			Valores y variaciones de solubilidad para diferentes compuestos y a diferentes temperaturas		Proceso de disolución de NaCl en agua a nivel microscópico		Proceso de preparación de una solución desde microcosmos	
objetivos	Determinar si generan REP a partir de REL	Lectura de una Tabla libre	Identificar contextos paradigmático situacional intertextual y sintagmático Para inferir significados tipológicos y topológicos así como niveles macro micro y simbólico	Aplicación y síntesis	Lectura de gráfico de solubilidad (15.3) para Identificar contextos paradigmático situacional intertextual y sintagmático Para inferir significados tipológicos y topológicos así como niveles macro micro y simbólico	Aplicación y síntesis	Lectura del Diagrama de estructura que representa proceso de disolución (15.2, p. 381)para Identificar contextos paradigmático situacional intertextual y sintagmático Para inferir significados tipológicos y topológicos así como niveles macro micro y simbólico	Aplicación y síntesis	Identificación del contexto sin preguntas	Aplicación y síntesis
Presentación actividad	Lectura general Cap.15 Presentación del material a trabajar y se	Lectura de un texto (Tópico de Solubilidad) Lectura Punto 15.4 (p.378-	Lectura de un texto (Tópico de Solubilidad) Se dan un conjunto de	Aplicación y Síntesis a otro texto de Química (Brown) con el mismo	Lectura de un texto (Tópico de Solubilidad) en el que se encuentra insertada un	Aplicación y Síntesis	Lectura tópicos 15.5 (p.380-382) Factores de los que depende la	Aplicación y Síntesis	Lectura Concentración de las soluciones Molaridad	Aplicación y Síntesis

	realizan <i>Actividad 1</i> <i>Actividad 2</i> y <i>Actividad 3</i>	379)	preguntas anexas dirigidas a identificar los diferentes tipos de significados Se realiza <i>Actividad 4</i>	contenido químico Se realiza <i>Actividad 4</i> y 5	gráfico cartesiano. Variables: solubilidad diferentes sales, temperatura Se dan un conjunto de preguntas dirigidas a identificar los diferentes tipos de significados Se realiza <i>Actividad 6</i>		solubilidad Se realiza <i>Actividad 7</i>		Se realiza <i>Actividad 8</i>	
Tipo REP	Deben generarse croquis	Tabla (lectura a partir de la tabla)	Tabla doble entrada (lectura a partir de la tabla)		Gráfico de solubilidad /T Lectura de valores de solubilidad a partir gráfico		Diagramas de estructuras que describe el proceso de disolución en términos microscópicos		Diagrama. Descripción del proceso de preparación de una solución (equipos gravimétricos y volumétricos)	
características	Son representacione s parciales expresan la localización de diferentes partes del objeto o fenómeno representado es una parte importante del mismo. No contienen todos los elementos de lo que se representa, sino una selección de ellos con base al tamaño (escala).	Son representacione s que permiten Expresar información Organizar la data Mostrar relaciones entre variables en situaciones puntuales. Ver detalles en Fig. de este trabajo	Organización de información de tipo cualitativa (reglas generales solubilidad) Tipo cuantitativo (valores de solubilidad para diferentes sales) que se agrupan según Anión común lo que permite comparar		Con detalles en Fig. 18 de este trabajo		Se muestra la dispersión de moléculas de agua entre iones de soluto a través del diagrama de estructura		Se describe proceso de preparación de una solución 1M a partir de un soluto sólido	

	relevancia o finalidad.								
función	Presentar relaciones de correspondencia con el objeto representado ya sea en un plano estructural (paralelismo físico) o conceptual (paralelismo abstracto).	Presentar relaciones entre variables y condiciones que influyen en la solubilidad	Organizar la información para facilitar generalización Comparar variaciones de solubilidad con T para diferentes sales		Mostrar cambio de solubilidad en grandes rangos de T para diferentes sales de manera organizada en el plano cartesiano		Describir a nivel cualitativo microscópico el proceso de disolución NaCl/H ₂ O, sin referencia a T		Destacar aspectos de la técnica para preparar una solución 1 M. En particular orden y procedimiento
Contenido paradigmático	Propiedades de los líquidos, concepto de densidad, dependencia de la densidad de la temperatura	Reglas de solubilidad	Valores de solubilidad para diferentes sales a diferentes temperaturas		Solubilidad de diferentes compuestos en un amplio rango de temperatura		Proceso de solvatación de iones como parte del proceso de disolución		Descripción del proceso de preparación de soluciones
organización			Filas y columnas		Uso del plano cartesiano para organizar los valores de las variables		Uso del espacio para indicar posición y tamaño de las partículas que intervienen		Secuencia de diagramas para indicar la secuencia del proceso así como la diferencia entre los equipos
orientación			Importancia de la no generalización Recursos: valores que no siempre aumentan o disminuyen con la T		Importancia de la no generalización Recursos: líneas con pendientes diferentes, que además siguen ecuaciones diferentes				Detalles de la técnica Secuencia de pasos

IV.4.4. **Materiales utilizados para presentar los contenidos. Las REP: definición, clasificación, función. Ejercicios de Aplicación.** Para efectos de esta investigación se elabora el siguiente manual de trabajo: Introducción a las REP.
INTRODUCCIÓN A LAS REPRESENTACIONES PICTÓRICAS

Representaciones externas	Las representaciones externas son notaciones, signos o conjunto de símbolos que nos vuelven a presentar un aspecto del mundo externo en su ausencia (Eysenck y Keane, 1990); se concretan en expresiones como mapas, menús, proyectos, historias, símbolos químicos, modelos tridimensionales para representar la estructura de los compuestos, las reacciones químicas.
Tipos de representaciones externas Actividad 1 Actividad 2	<p>Eysenck y Keane (1990) diferencian dos tipos de representaciones externas: las que dependen de las palabras u otras anotaciones escritas, que se denominan representaciones lingüísticas, y las representaciones pictóricas. Las representaciones lingüísticas (REL) son representaciones de carácter atómico que se caracterizan porque la relación entre la señal lingüística y lo que la señal representa es arbitraria, son representaciones simbólicas, no analógicas. Por su parte las representaciones pictóricas (REP) son representaciones molares que aportan información espacial, en consecuencia esta representación nos “dice” más sobre el mundo que las lingüísticas porque aportan información con un sentido de conjunto.</p> <p>Las pictóricas se caracterizan porque su estructura se parece a la del mundo que representa, es decir, son analógicas; también tenemos representaciones pictóricas análogos al modelo conceptual que usa la representación; estas representaciones son más abstractas y complejas por lo que la demanda cognitiva es mayor al realizar el proceso de atribución de significados. Un tercer grupo de representaciones pictóricas más abstractas la tenemos en aquellas representaciones que la relación representación situación/representación es arbitraria, por ejemplo el caso de los gráficos cartesianos, en este tipo de representación desempeñan un papel importante las reglas para dirigir el proceso de atribución de significados.</p> <p>Ejemplos de representaciones lingüísticas son los símbolos químicos con los que se representa los elementos, carbono, C; magnesio, Mg; cobre, Cu,... mientras la representación de objetos como un termómetro o un recipiente son representaciones pictóricas analógicas.</p> <p><i>Identificar en el texto que estamos utilizando (Hein, Química, Capítulo 15, Soluciones) ejemplos de estas representaciones pictóricas.</i></p> <p><i>Clasifica las REP que identificaste en la actividad 1 de acuerdo a la clasificación anterior</i></p>
Clasificación de las REP	<p>La clasificación de las representaciones gráficas en diagramas, ilustraciones, etc., se fundamenta en los significados que pueden ser inferidos a partir de la representación, así por ejemplo de acuerdo con Postigo y Pozo, (1999) se pueden clasificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Diagrama: es una representación gráfica de contenidos conceptuales. En ella se hace explícito las interrelaciones entre los conceptos y se caracteriza por presentar la información de manera esquemática. Los contenidos son presentados en forma simbólica (verbal) con la ayuda de elementos como flechas, llaves, cuadros. Ejemplos de este tipo de diagramas lo constituyen los cuadros sinópticos, organigramas, mapas conceptuales, diagramas de flujo, entre otras. ✓ Gráficos: son representaciones que expresan una relación numérica o cuantitativa entre dos o más variables a través de distintos elementos (líneas, barras, sectores), como ejemplos se tienen las tablas de datos, gráficas de ejes de coordenadas, histogramas (gráficas de barra), sectores circulares (gráficas de torta). ✓ Mapas, planos o croquis son representaciones que expresan una relación espacial selectiva, donde la localización de diferentes partes del objeto o fenómeno representado es una parte importante del mismo. Existen relaciones de correspondencia con el objeto representado ya sea en un plano estructural (paralelismo físico) o conceptual (paralelismo abstracto). Pero la correspondencia es selectiva, es decir, son representaciones parciales porque no contienen todos los elementos de lo representado, sino una selección de ellos con base al tamaño (escala), relevancia o finalidad. Constituyen ejemplos de este tipo de representaciones los mapas, planos, dibujos esquemáticos, entre otros. ✓ Ilustraciones son representaciones que muestran una relación espacial reproductiva de un objeto o fenómeno; conservan, no solo, una correspondencia espacial con lo representado sino que es una copia fiel del mismo. Por su objetivo es importante la conservación y reproducción de todos los elementos, por ejemplo las fotografías.

Actividad 3	<i>Clasifica las representaciones pictóricas del capítulo que estamos analizando siguiendo el criterio de clasificación dado Compara esta clasificación con la realizada en la actividad 2</i>
--------------------	--

Actividad 4	<i>Selecciona una representación pictórica tipo Tabla y responde las siguientes preguntas</i>
Función Orientación <i>Contexto sintagmático</i>	Describe la tabla ¿Tipo de signos que utiliza? ¿Se utilizan negritas, colores? ¿Qué intenta destacar el autor con esos recursos?
Función organización	¿Cómo están organizados los datos? ¿Cómo lee los datos? ¿Los datos que presenta son cualitativos o cuantitativos?
<i>Contexto intertextual</i>	¿Qué tipo de estructura retórica refleja la tabla? ¿Cuándo es útil utilizar el formato de una tabla para construir el discurso?
Función Presentación <i>Contexto paradigmático</i>	¿La tabla se presenta aislada o se relaciona con el contenido del texto? ¿A cuál contenido del texto se vincula la tabla? ¿Cuáles pistas le permiten dar respuesta a las preguntas anteriores?
Significados Tipológicos	¿Cuál es el título de la tabla? ¿A qué contenido de Química hacen referencia los datos de la tabla? ¿Qué cosas ya sabes sobre esos contenidos? ¿A cuál ley, principio, hecho hace referencia la información que se presenta en la tabla?
<i>macro/micro/simbólico</i>	¿Lee los encabezados de la tabla en las columnas y las filas? ¿Qué papel cumplen los encabezados? Propiedades a las que se hace referencia en la tabla Relaciones entre las propiedades ¿Cómo varían esas propiedades? ¿La propiedad hace referencia a lo perceptible o más bien refiere al modelo atómico?
Significados Topológicos	¿En qué nivel se expresan las propiedades?
<i>Contexto situacional</i>	¿Qué información podemos inferir a partir de una celda? ¿De una fila? ¿De una columna? ¿Qué información podemos inferir a partir de la tabla en su conjunto? En qué condiciones es válida la información que presenta la tabla

Actividad 5

<p>Función Orientación <i>Contexto sintagmático</i></p> <p>Función Organización</p> <p><i>Contexto intertextual</i></p> <p>Función Presentación <i>Contexto paradigmático</i></p> <p><i>Macro/Micro/Simbólico</i></p> <p>Significados Tipológicos</p> <p>Situación-Representación</p> <p>Significados Topológicos</p> <p><i>Contexto situacional</i></p>	<p><i>Selecciona una representación pictórica tipo gráfico cartesiano y responde las siguientes preguntas</i></p> <p>Describe el gráfico cartesiano</p> <p>¿Tipo de signos que utiliza? , ¿Se utilizan negritas, colores? ¿Qué intenta destacar el autor con esos recursos?</p> <p>¿Cómo están organizados los datos? ¿Cómo lee los datos? ¿Los datos que presenta son cualitativos o cuantitativos?</p> <p>¿Qué tipo de estructura retórica refleja el gráfico cartesiano? ¿Cuándo es útil utilizar el formato de un gráfico cartesiano para construir el discurso?</p> <p>¿El gráfico se presenta aislado o se relaciona con el contenido del texto? ¿A cuál contenido del texto se vincula el gráfico? ¿Cuáles pistas le permiten dar respuesta a las preguntas anteriores?</p> <p>¿Cuál es el título del gráfico cartesiano? ¿A qué contenido de Química hacen referencia los datos que nos presenta el gráfico? ¿Qué cosas ya sabes sobre esos contenidos? ¿A cuál ley, principio, hecho hace referencia la información que se presenta en el gráfico cartesiano?</p> <p>¿En qué nivel se expresan las propiedades?</p> <p>¿Lee las etiquetas del gráfico en el eje de las <i>x</i> y el eje de las <i>y</i>? ¿Qué papel cumplen estas etiquetas?</p> <p>Construye una lista de todas las variables que se utilizan para presentar la información de la tabla. ¿Unidades en que se expresan las diferentes variables?</p> <p>Describe el experimento que da origen a los datos que se grafican en esta tabla</p> <p>Propiedades a las que se hace referencia en el gráfico cartesiano Relaciones entre las propiedades ¿Cómo varían esas propiedades? ¿La propiedad hace referencia a lo perceptible o más bien refiere al modelo atómico?</p> <p>¿Qué información podemos inferir a partir de un punto particular sobre una línea particular? Compara: ✓ La solubilidad de dos sales diferentes a la misma temperatura ✓ La solubilidad de las sales NaCl, KNO₃, Li₂SO₄ a medida que aumenta la temperatura ✓ La variación de la solubilidad para NaNO₃ y KCl entre 10 y 30 °C. ¿cuál es mayor? ¿a qué característica del gráfico puedo asociar la diferencia?</p> <p>De la información que proporciona el gráfico analiza y explica si la siguiente afirmación es correcta: “la solubilidad de las sales aumenta al aumentar la temperatura”</p> <p>¿Qué información podemos inferir a partir del gráfico en su conjunto?</p> <p>En qué condiciones es válida la información que presenta el gráfico cartesiano</p>
---	---

Actividad 6

	<p>Compare la forma de presentar los datos en la tabla y en el gráfico y establezca semejanzas y diferencias si las hubiera.</p>
--	--

Actividad 7

<p>Función Orientación <i>Contexto sintagmático</i></p> <p>Función Organización</p> <p><i>Contexto intertextual</i></p> <p>Función Presentación <i>Contexto paradigmático</i></p> <p><i>Macro/Micro/Simbólico</i></p> <p>Significados Tipológicos</p> <p>Situación-Representación</p> <p>Significados Topológicos</p> <p><i>Contexto situacional</i></p>	<p><i>Selecciona una representación pictórica tipo diagrama de estructura y responde las siguientes preguntas</i></p> <p>Describe el diagrama de estructura</p> <p>¿Tipo de signos que utiliza? , ¿Se utilizan figuras geométricas, negritas, colores, sombras?</p> <p>¿Qué intenta destacar el autor con esos recursos? , por ejemplo tamaño interacción</p> <p>¿qué diferencia encuentra entre las diferentes representaciones, por ejemplo el signo utilizado para representar el agua, Na⁺, Cl⁻</p> <p>¿Cómo está organizada la información?</p> <p>¿Cómo lee esta información?</p> <p>¿La información que presenta el diagrama de estructura es cualitativa o cuantitativa?</p> <p>¿Qué tipo de estructura retórica refleja el diagrama de estructura? ¿Cuándo es útil utilizar el formato de un diagrama de estructura para construir el discurso?</p> <p>¿El diagrama de estructura se presenta aislado o se relaciona con el contenido del texto? ¿A cuál contenido del texto se vincula el diagrama de estructura? ¿Cuáles pistas le permiten dar respuesta a las preguntas anteriores?</p> <p>¿Cuál es el título del diagrama de estructura?</p> <p>¿A qué contenido de Química hace referencia la información que nos presenta el diagrama de estructura?</p> <p>¿Qué cosas ya sabes sobre esos contenidos?</p> <p>¿A cuál ley, principio, hecho hace referencia la información que se presenta en el diagrama de estructura?</p> <p>¿En qué nivel se expresa la representación en conjunto? ¿El diagrama de estructura?</p> <p>¿A qué contenido hace referencia el diagrama de estructura?</p> <p>¿Lee las etiquetas del diagrama de estructura? ¿Qué papel cumplen estas etiquetas?</p> <p>Construye una lista de todas las variables que se utilizan para presentar la información de la representación y el diagrama de estructura.</p> <p>Describe la situación y/o experimento que da origen a la información que nos presenta la representación y el diagrama de estructura</p> <p>Propiedades a las que se hace referencia en representación y en particular el diagrama de estructura</p> <p>Relaciones entre las propiedades</p> <p>¿Cómo varían esas propiedades?</p> <p>¿La propiedad hace referencia a lo perceptible o más bien refiere al modelo atómico?</p> <p>¿Qué información podemos inferir a partir de los diagramas de estructura y su distribución espacial?</p> <p>De la información que proporciona el diagrama analiza y explica si la siguiente afirmación es correcta: “cuando un soluto se disuelve en el solvente no cambia la estructura química de los componentes de la solución”</p> <p>¿Qué información podemos inferir a partir de diagrama de estructura?</p> <p>En qué condiciones es válida la información que presenta la representación que hemos estudiado</p>
---	---

Actividad 8

<p>Función Orientación <i>Contexto sintagmático</i></p> <p>Función Organización</p> <p><i>Contexto intertextual</i></p> <p>Función Presentación <i>Contexto paradigmático</i></p> <p><i>Macro/Micro/Simbólico</i></p> <p>Significados Tipológicos</p> <p>Situación-Representación</p> <p>Significados Topológicos</p> <p><i>Contexto situacional</i></p>	<p><i>Selecciona una representación pictórica tipo dibujo esquemático ¿qué preguntas te plantearías para identificar contenidos, organización, pistas que da el autor?</i></p>
---	--

IV.4.5. *Los ejercicios realizados*

Los ejercicios se trabajan de manera que sea posible identificar las condiciones y restricciones impuestas por el problema. Se relacionan las condiciones con los modelos conceptuales con el propósito de inferir las implicaciones teóricas. A manera de ejemplo, se muestra el ejercicio 1.

Cuando el ejercicio incluye una representación pictórica se recurre a una doble estrategia: a) identificación de condiciones y relación con los modelos conceptuales; b) se realiza el análisis de la REP siguiendo el esquema descrito en el manual.

Ejercicio 1

Semana 1	Tres frascos de vidrio transparentes, los cuales están cerrados y que tienen formas y dimensiones iguales, contienen cada uno la misma masa de líquidos diferentes. Uno contiene agua, el otro cloroformo y el tercero etanol. Los tres líquidos son incoloros y no llenan completamente los frascos los cuales no tienen ninguna identificación. Sin abrir los frascos describa como haría para identificar las sustancias. La única información de la que dispone es que a temperatura ambiente la densidad de cada uno de los líquidos es: $d_{\text{agua}} = 1,0 \text{ g/cm}^3$; $d_{\text{cloroformo}} = 1,4 \text{ g/cm}^3$; $d_{\text{etanol}} = 0,8 \text{ g/cm}^3$	1. IDENTIFICAR CONDICIONES IMPUESTAS POR EL PROBLEMA	IMPLICACIONES
		✓ Recipientes de igual forma y dimensiones	✓ Volúmenes de los recipientes iguales
		✓ Recipientes cerrados	✓ no hay transferencia de masa con los alrededores
		✓ Cada uno con diferente líquido incoloro	✓ los líquidos tiene volumen definido que no depende del volumen del recipiente
		✓ Cada uno contiene la misma masa de líquidos diferentes	✓ $m_{\text{agua}} = m_{\text{etanol}} = m_{\text{cloroformo}}$
		✓ se conoce densidad de cada líquido	✓ densidad de un líquido es la relación entre la masa del líquido y el volumen del líquido $d_A = m_A/V_A$
		2. IDENTIFICAR RESTRICCIONES IMPUESTAS POR EL PROBLEMA	IMPLICACIONES
		✓ no abrir los frascos	✓ no se puede recurrir a propiedades organolépticas
✓ los frascos están a temperatura ambiente	✓ la temperatura se puede considerar constante		

Semana 4, Ejercicio 2:

1. Analice la siguiente información

Tabla x: solubilidad de solutos en función de la temperatura

Sal	Solubilidad (g sal/100 g de agua) a T 0 °C	Solubilidad (g sal/100 g de agua) a T 20 °C	Solubilidad (g sal/100 g de agua) a T 100 °C
NaCl	35,7	36	39,8
KNO ₃	13,3	37	246
Li ₂ SO ₄	35	33	28

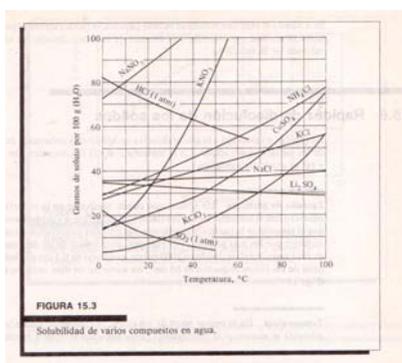
- Qué afirmaciones puede establecer respecto a la solubilidad.
- Si tiene una mezcla formada por 30 g de cloruro de sodio y 200 g de nitrato de potasio explique cómo podría aprovechar esta propiedad, la solubilidad, para separar la mezcla.

- c) Se prepara una solución a partir de 50.0 g de KNO_3 y 175 g agua. Describa el procedimiento que utilizaría para preparar una solución saturada a 20 °C.
- d) Exprese la concentración del nitrato de potasio, preparada en el aparte c, como molalidad

Semana 6, Ejercicio 3.

A partir de la información que aporta la grafica:

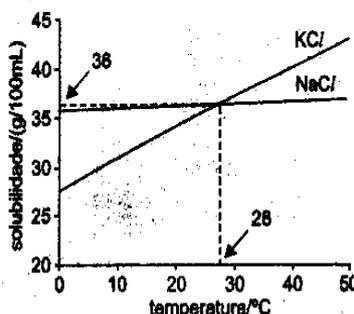
1. Escriba cinco afirmaciones que pueden inferirse a partir del grafico.
2. Construya una tabla con la información del grafico.
3. Analice las siguientes afirmaciones y diga por qué son o no correctas
 - a) A 10 °C la solubilidad del nitrato de sodio es menor que la solubilidad del sulfato cúprico
 - b) La solubilidad del sulfato de litio disminuye al aumentar la temperatura
 - c) El aumento de la solubilidad como resultado del aumento en la temperatura es mayor para el clorato de potasio que para el cloruro de potasio.
 - d) Para el cloruro de sodio la solubilidad prácticamente no varía al cambiar la temperatura.



Semana 8. Ejercicio 4

NaCl y KCl son sólidos blancos cuyas solubilidades en agua, a diferentes temperaturas, están dadas en el gráfico que se muestra a continuación.

Gráfica x: Solubilidad de diferentes compuestos en función de la temperatura



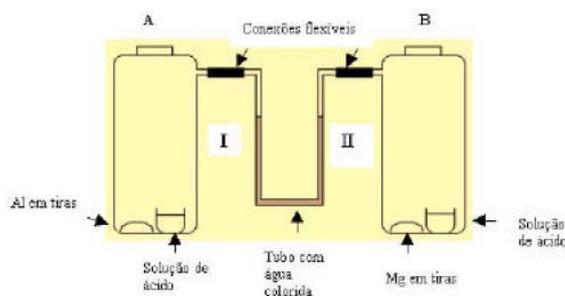
Para distinguir las sales se sugieren tres procedimientos:

1. Colocar en un recipiente 2,5 g de una sal y 10 mL de agua; en otro recipiente diferente colocar 2,5 g de la otra sal y 10 mL de agua. Agitar y mantener la temperatura en 10 °C.
2. Colocar en un recipiente 3,6 g de una de las dos sales y 10 mL de agua; en otro recipiente diferente colocar 3,6 g de la otra sal y 10 mL de agua. Agitar y mantener la temperatura en 28°C.

- Colocar en un recipiente 3,8 g de una sal y 10 mL de agua; en otro recipiente diferente colocar 3,8 g de la otra sal y 10 mL de agua. Agitar y mantener la temperatura en 45 °C.

Semana 10. Ejercicio 3:

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



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

- Describe la situación inicial y final del sistema que se representa en la representación pictórica anterior
- Escribe las ecuaciones que representan los cambios químicos que se producen en cada uno de los recipientes.
- Una vez que se produzcan las reacciones en el recipiente A y B explica si los niveles del líquido coloreado, en ambos lados del tubo en U, permanecerán igual o cambiarán. Si cambia indique su posición final. Justifique su respuesta.

IV.4.6. *Aplicación de los Instrumentos*

Finalizada la intervención se presenta a los estudiantes los siguientes instrumentos.

Con base en los libros de texto de Química general que hemos analizado construimos un texto (TEXTO 1); para la construcción del mismo sólo se utiliza como recurso semiótico la Representación Lingüística. En el texto se desarrolla el concepto de equilibrio.

En realidad se construyen 4 textos, los cuatro textos consisten en la misma representación lingüística a la que se incorpora diferentes representaciones pictóricas, así tenemos los textos caracterizados de la siguiente manera:

Texto 1	Representación Lingüística
Texto 2	Representación Lingüística + Fotografía
Texto 3	Representación Lingüística + Gráfico xy
Texto 4	Representación Lingüística + Tabla

IV.4.7. *Instrumentos*

Texto 1: Representación Lingüística

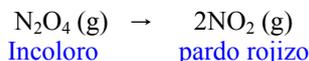
LA SITUACIÓN DE EQUILIBRIO EN LA REACCIÓN DE INTERCONVERSIÓN N_2O_4/NO_2

Los óxidos de nitrógeno, de fórmula general NO_x , forman una familia de compuestos en que la relación en que se combinan los átomos de nitrógeno y oxígeno varía. Entre los óxidos de nitrógeno tenemos: óxido nítrico (NO), el cual es un gas incoloro; dióxido de nitrógeno (NO_2), un gas marrón rojizo o naranja oscuro; trióxido de nitrógeno (N_2O_3), un gas incoloro; tetróxido de nitrógeno (N_2O_4), un gas incoloro; pentóxido de nitrógeno (N_2O_5) y óxido nitroso (N_2O), el cual es incoloro y suele

conocerse como "gas hilarante"(que provoca risa).

A continuación describimos el proceso de interconversión de tetróxido de nitrógeno gaseoso en dióxido de nitrógeno también gaseoso, proceso que se produce con relativa facilidad.

Cuando el N_2O_4 puro y congelado se calienta por encima de su punto de ebullición ($21.2\text{ }^\circ\text{C}$), 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:



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. La condición en la cual las concentraciones de todos los reactivos y productos en un sistema cerrado dejan de cambiar con el tiempo se denomina **equilibrio químico**.

Para explicar lo que sucede en el recipiente recurrimos al concepto de velocidad de reacción lo que permite afirmar:

Inicialmente sólo tiene lugar la reacción directa, pero tan pronto como se forma algo de NO_2 , comienza a producirse la reacción inversa. Con el transcurrir del tiempo la velocidad de la reacción directa disminuye porque la concentración del tetróxido de nitrógeno disminuye, mientras que, de manera simultánea, aumenta la velocidad de la reacción inversa, porque aumenta la concentración del dióxido de nitrógeno. Llega un momento en que la reacción directa e inversa transcurre a la misma velocidad y se establece un equilibrio. *El equilibrio químico se alcanza cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales.* Para que se establezca un estado de equilibrio, es necesario que ni los reactivos ni los productos escapen del sistema.

Esta situación de equilibrio se representa mediante la siguiente reacción: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ en la que la doble flecha indica específicamente situación de equilibrio.

La situación de equilibrio puede ser descrita, a) macroscópicamente, utilizando propiedades físicas que se mantienen constantes (color, concentración), b) microscópicamente como una situación dinámica en que la velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa por lo que el número de partículas de reactivos y productos se mantiene constante, y c) matemáticamente mediante un número, la constante de equilibrio.

La constante de equilibrio puede expresarse en diferentes unidades, por ejemplo, concentración, K_c , presiones parciales, K_p , en esta expresión se consideran los reactivos y productos en estado gaseoso. Sin embargo para que el número que denominamos constante de equilibrio no cambie, deben cumplirse algunas condiciones: a) la temperatura debe mantenerse constante; b) conocer la reacción química que se produce así como su estequiometría y el estado en que se encuentran los reactivos y los productos, porque la manera como se escribe la constante depende de la reacción y su estequiometría; c) solo se consideran los componentes gaseosos.

Esta situación de equilibrio se caracteriza porque están presentes tanto reactivos como productos y puede alcanzarse desde diferentes situaciones iniciales por lo que las concentraciones en equilibrio se mantienen constantes pero pueden tener diferentes valores.

1. Realiza un dibujo que permita describir físicamente el experimento realizado en el nivel macroscópico. Especifica las características del recipiente en que se realiza la reacción.
2. Escribe, utilizando una representación de bolitas, la representación de la reacción de equilibrio.
3. El experimento se realiza colocando al inicio en el recipiente tetróxido de nitrógeno se permite que la reacción avance hasta el equilibrio. Represente esa situación utilizando un gráfico cartesiano en el que se muestra como cambia la concentración de $N_2O_4(g)$ y $NO_2(g)$ en función del tiempo, a medida que la reacción avanza a la situación de equilibrio.
4. Se realizan dos experimentos diferentes.
El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1 L.

- 4.1. Se quiere construir **una tabla** que permita registrar las concentraciones iniciales de los reactivos y los productos **al inicio de la reacción y una vez que se alcance el equilibrio**, no se quiere saber el valor exacto de la concentración, indique sólo si la concentración de cada componente será mayor, menor o igual que en el experimento 1.
- 4.2. Describe utilizando una representación de bolitas la situación en el experimento 1 y el experimento 2. para hacerlo considera que:

Representamos:

Las moléculas de dióxido de nitrógeno, NO₂,
por el símbolo 

La molécula de tetróxido de nitrógeno, N₂O₄,
por el símbolo 

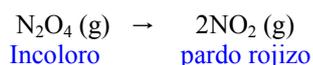
Texto 2: Representación Lingüística mas fotografía y diagrama de estructura

LA SITUACIÓN DE EQUILIBRIO EN LA REACCIÓN DE INTERCONVERSIÓN N₂O₄ /NO₂

Los óxidos de nitrógeno, de fórmula general NO_x, forman una familia de compuestos en que la relación en que se combinan los átomos de nitrógeno y oxígeno varía. Entre los óxidos de nitrógeno tenemos: óxido nítrico (NO), el cual es un gas incoloro; dióxido de nitrógeno (NO₂), un gas marrón rojizo o naranja oscuro; trióxido de nitrógeno (N₂O₃), un gas incoloro; tetróxido de nitrógeno (N₂O₄), un gas incoloro; pentóxido de nitrógeno (N₂O₅) y óxido nitroso (N₂O), el cual es incoloro y suele conocerse como "gas hilarante"(que provoca risa).

A continuación describiremos el proceso de interconversión de tetróxido de nitrógeno gaseoso en dióxido de nitrógeno también gaseoso, proceso que se produce con relativa facilidad.

Cuando el N₂O₄ puro y congelado se calienta por encima de su punto de ebullición (21.2 °C), el gas que está en el tubo cerrado se oscurece gradualmente conforme el N₂O₄ se disocia en NO₂ gaseoso de color pardo rojizo:



Con el tiempo, el color deja de cambiar, no obstante todavía hay N₂O₄ en el tubo. Se tiene una mezcla de N₂O₄ y NO₂ en la que las concentraciones de los gases ya no cambian. La condición en la cual las concentraciones de todos los reactivos y productos en un sistema cerrado dejan de cambiar con el tiempo se denomina **equilibrio químico**, esta situación se muestra en la Figura 1, que se encuentra en la hoja de preguntas.

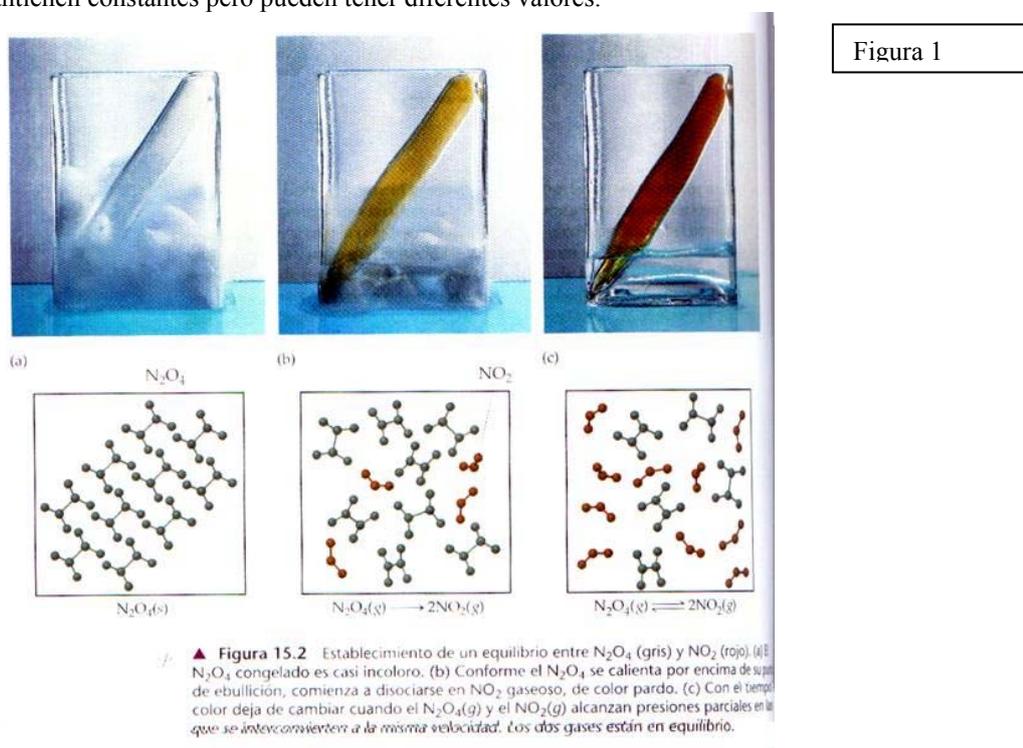
Para explicar lo que sucede en el recipiente recurrimos al concepto de velocidad de reacción lo que permite afirmar:

Inicialmente sólo tiene lugar la reacción directa, pero tan pronto como se forma algo de NO₂, comienza a producirse la reacción inversa. Con el transcurrir del tiempo la velocidad de la reacción directa disminuye porque la concentración del tetróxido de nitrógeno disminuye, mientras que, de manera simultánea, aumenta la velocidad de la reacción inversa, porque aumenta la concentración del dióxido de nitrógeno. Llega un momento en que la reacción directa e inversa transcurre a la misma velocidad y *se establece un equilibrio. El equilibrio químico se alcanza cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales.* Para que se establezca un estado de equilibrio, es necesario que ni los reactivos ni los productos escapen del sistema.

Esta situación de equilibrio se representa mediante la siguiente reacción: N₂O₄ (g) ⇌ 2 NO₂ (g) en la que la doble flecha indica específicamente situación de equilibrio.

La situación de equilibrio puede ser descrita, macroscópicamente, utilizando propiedades físicas que se mantienen constantes (color, concentración), microscópicamente como una situación dinámica en que la velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa por lo que el número de partículas de reactivos y productos se mantiene constante, y matemáticamente mediante un número, la constante de equilibrio. La constante de equilibrio puede expresarse en diferentes unidades, por ejemplo, concentración, K_c , presiones parciales, K_p , en esta expresión se consideran los reactivos y productos en estado gaseoso. Sin embargo para que el número que denominamos constante de equilibrio no cambie, deben cumplirse algunas condiciones: a) la temperatura debe mantenerse constante; b) conocer la reacción química que se produce así como su estequiometría y el estado en que se encuentran los reactivos y los productos, porque la manera como se escribe la constante depende de la reacción y su estequiometría; c) sólo se consideran los componentes gaseosos.

Esta situación de equilibrio se caracteriza porque están presentes tanto reactivos como productos y puede alcanzarse desde diferentes situaciones iniciales por lo que las concentraciones en equilibrio se mantienen constantes pero pueden tener diferentes valores.



1. Describe con tus palabras el experimento que se realiza y que se describe en la Fig. 1.
2. Después de alcanzar el estado descrito en la figura (c) continúa transcurriendo el tiempo, por ejemplo 10 horas más, incorpora a la figura un cuadro (d) que represente el estado del sistema después de 10 horas.
3. Cuáles son las características de la Figura 1 que te permiten argumentar que la reacción se realiza en un sistema cerrado.
4. El recipiente en que se realiza la reacción es de 1 L y se determina que en el sistema representado en la figura como (c), la concentración de $N_2O_4(g)$ es 0.6 M, mientras que la de NO_2 es 0.05 M. ¿Cuál será la composición al cabo de 10 horas?

5. El experimento se realiza colocando al inicio en el recipiente tetróxido de nitrógeno; se permite que la reacción avance hasta el equilibrio. Represente esa situación utilizando un gráfico cartesiano en el que se representa cómo cambia la concentración de N_2O_4 (g) y NO_2 (g) en función del tiempo, a medida que la reacción avanza a la situación de equilibrio.
6. El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol de dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol de tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1 L. Se quiere construir una tabla que permita registrar las concentraciones iniciales de los reactivos y los productos al inicio de la reacción y una vez que se alcance el equilibrio, no se quiere saber el valor exacto de la concentración, indique sólo si la concentración de cada componente Ud. considera que será mayor, menor o igual que 1.

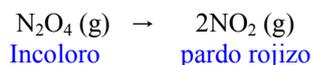
Texto 3: Representación Lingüística más gráfico cartesiano

LA SITUACIÓN DE EQUILIBRIO EN LA REACCIÓN DE INTERCONVERSIÓN N_2O_4 / NO_2

Los óxidos de nitrógeno, de fórmula general NO_x , forman una familia de compuestos en que la relación en que se combinan los átomos de nitrógeno y oxígeno varían. Entre los óxidos de nitrógeno tenemos: óxido nítrico (NO), el cual es un gas incoloro; dióxido de nitrógeno (NO_2), un gas marrón rojizo o naranja oscuro; trióxido de nitrógeno (N_2O_3), un gas incoloro; tetróxido de nitrógeno (N_2O_4), un gas incoloro; pentóxido de nitrógeno (N_2O_5) y óxido nitroso (N_2O), el cual es incoloro y suele conocerse como "gas hilarante"(que provoca risa).

A continuación describiremos el proceso de interconversión de tetróxido de nitrógeno gaseoso en dióxido de nitrógeno también gaseoso, proceso que se produce con relativa facilidad.

Cuando el N_2O_4 puro y congelado se calienta por encima de su punto de ebullición (21.2 °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:



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. La condición en la cual las concentraciones de todos los reactivos y productos en un sistema cerrado dejan de cambiar con el tiempo se denomina **equilibrio químico**. Como se muestra en la **Figura 1** marcada con la letra (b) la cual encontrará en la hoja de preguntas:

Para explicar lo que sucede en el recipiente recurrimos al concepto de velocidad de reacción lo que permite afirmar:

Inicialmente sólo tiene lugar la reacción directa, pero tan pronto como se forma algo de NO_2 , comienza a producirse la reacción inversa. Con el transcurrir del tiempo la velocidad de la reacción directa disminuye porque la concentración del tetróxido de nitrógeno disminuye, mientras que, de manera simultánea, aumenta la velocidad de la reacción inversa, porque aumenta la concentración del dióxido de nitrógeno. Llega un momento en que la reacción directa e inversa transcurre a la misma velocidad y *se establece un equilibrio. El equilibrio químico se alcanza cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales*. Para que se establezca un estado de equilibrio, es necesario que ni los reactivos ni los productos escapen del sistema. Esta situación se representa en la figura que mostramos a continuación.

Esta situación de equilibrio se representa mediante la siguiente reacción: N_2O_4 (g) \rightleftharpoons 2 NO_2 (g) en la que la doble flecha indica específicamente situación de equilibrio.

La situación de equilibrio puede ser descrita, macroscópicamente, utilizando propiedades físicas que se mantienen constantes (color, concentración), microscópicamente como una situación dinámica en que la velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa por lo que el número de partículas de reactivos y productos se mantiene constante, y matemáticamente mediante un número, la constante de equilibrio. La constante de equilibrio puede expresarse en diferentes unidades, por ejemplo, concentración, K_c , presiones parciales, K_p , en esta expresión se consideran los reactivos y productos en estado gaseoso. Sin embargo para que el número que denominamos constante de equilibrio no cambie, deben cumplirse algunas condiciones: a) la temperatura debe mantenerse constante; b) conocer la reacción química que se produce así como su estequiometría y el estado en que se encuentran los reactivos y los productos, porque la manera como se escribe la constante depende de la reacción y su estequiometría; c) solo se consideran los componentes gaseosos.

Esta situación de equilibrio se caracteriza porque están presentes tanto reactivos como productos y puede alcanzarse desde diferentes situaciones iniciales por lo que las concentraciones en equilibrio se mantienen constantes pero pueden tener diferentes valores.

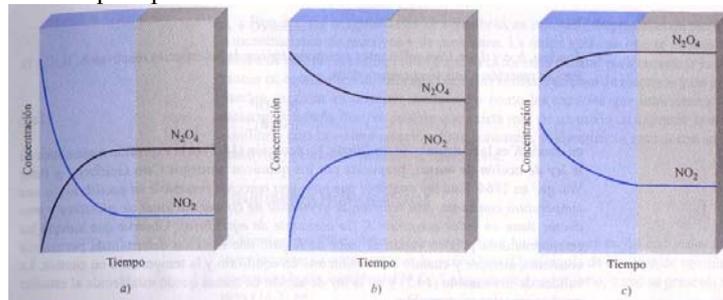
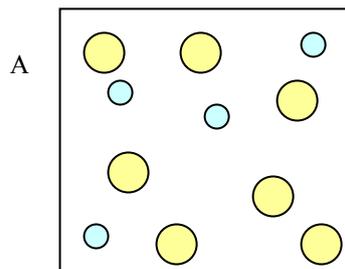


Figura 1

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.

1. Describe con tus palabras el experimento que se realiza, en un nivel macroscópico, experimento que se describe en la Figura 1(a).
2. Realiza un dibujo que permita describir el experimento representado en la Figura 1(b)
3. Analiza la Figura 1(c) si la zona gris transcurre entre valores de tiempo que varían entre 1 y 2 horas continúa las líneas azul y negra hasta 5 horas.
4. Analiza si la siguiente representación microscópica, A, representa la situación experimental descrita en la Figura 1(b) al inicio de la reacción.



Representamos:

Las moléculas de dióxido de nitrógeno, NO_2 , por el símbolo

La molécula de tetróxido de nitrógeno, N_2O_4 , por el símbolo

5. Se realiza un experimento en el que se estudia el sistema $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$, el cual a partir de una situación inicial avanza al estado de equilibrio. Si los valores experimentales de las concentraciones al inicio y una vez alcanzado el equilibrio son los que se muestran a continuación

Concentraciones iniciales (M)		Concentraciones en equilibrio (M)	
$[\text{NO}_2]$	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	$[\text{NO}_2]$	$[\text{N}_2\text{O}_4]$
0,0400	0,600	0,0523	0,594

Explica si el gráfico de la Figura (c) es una representación correcta de la variación de las concentraciones de reactivos y productos a medida que transcurre el experimento. En caso de no ser correcta ¿cuál sería el gráfico correcto?

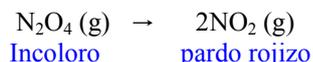
Texto 4: Representación Lingüística más Tabla

LA SITUACIÓN DE EQUILIBRIO EN LA REACCIÓN DE INTERCONVERSIÓN N_2O_4 / NO_2

Los óxidos de nitrógeno, de fórmula general NO_x , forman una familia de compuestos en que la relación en que se combinan los átomos de nitrógeno y oxígeno varía. Entre los óxidos de nitrógeno tenemos: óxido nítrico (NO), el cual es un gas incoloro; dióxido de nitrógeno (NO_2), un gas marrón rojizo o naranja oscuro; trióxido de nitrógeno (N_2O_3), un gas incoloro; tetróxido de nitrógeno (N_2O_4), un gas incoloro; pentóxido de nitrógeno (N_2O_5) y óxido nitroso (N_2O), el cual es incoloro y suele conocerse como "gas hilarante"(que provoca risa).

A continuación describimos el proceso de interconversión de tetróxido de nitrógeno gaseoso en dióxido de nitrógeno también gaseoso, proceso que se produce con relativa facilidad.

Cuando el N_2O_4 puro y congelado se calienta por encima de su punto de ebullición (21.2 °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:



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. La condición en la cual las concentraciones de todos los reactivos y productos en un sistema cerrado dejan de cambiar con el tiempo se denomina equilibrio químico. En la Tabla 1 (ver hoja de preguntas) se registra el cambio de las concentraciones para el sistema en 5 experimentos diferentes.

Para explicar lo que sucede en el recipiente recurrimos al concepto de velocidad de reacción, lo que permite, afirmar:

Inicialmente sólo tiene lugar la reacción directa, pero tan pronto como se forma algo de NO_2 , comienza a producirse la reacción inversa. Con el transcurrir del tiempo la velocidad de la reacción directa disminuye porque la concentración del tetróxido de nitrógeno disminuye, mientras que, de manera simultánea, aumenta la velocidad de la reacción inversa, porque aumenta la concentración del dióxido de nitrógeno. Llega un momento en que la reacción directa e inversa transcurre a la misma velocidad y se establece un equilibrio. *El equilibrio químico se alcanza cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales.* Para que se establezca un estado de equilibrio, es necesario que ni los reactivos ni los productos escapen del sistema.

Esta situación de equilibrio se representa mediante la siguiente reacción: $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{NO}_2(\text{g})$ en la que la doble flecha indica específicamente situación de equilibrio.

La situación de equilibrio puede ser descrita, a) macroscópicamente, utilizando propiedades físicas que se mantienen constantes (color, concentración), b) microscópicamente como una situación dinámica en que la velocidad de la reacción directa es igual a la velocidad de la reacción inversa por

lo que el número de partículas de reactivos y productos se mantiene constante, y c) matemáticamente mediante un número, la constante de equilibrio.

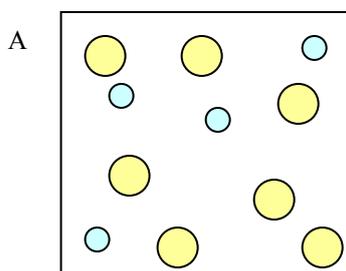
La constante de equilibrio puede expresarse en diferentes unidades, por ejemplo, concentración, K_c , presiones parciales, K_p ; en esta expresión se consideran los reactivos y productos en estado gaseoso. Sin embargo, para que el número que denominamos constante de equilibrio no cambie, deben cumplirse algunas condiciones: a) la temperatura debe mantenerse constante; b) conocer la reacción química que se produce así como su estequiometría y el estado en que se encuentran los reactivos y los productos, porque la manera como se escribe la constante depende de la reacción y su estequiometría; c) solo se consideran los componentes gaseosos.

Esta situación de equilibrio se caracteriza porque están presentes tanto reactivos como productos y puede alcanzarse desde diferentes situaciones iniciales por lo que las concentraciones en equilibrio se mantienen constantes pero pueden tener diferentes valores.

Tabla 1: El sistema $\text{NO}_2 - \text{N}_2\text{O}_4$ a 25°C

EXPERIMENTO	CONCENTRACIONES INICIALES (M)		CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)		RELACIÓN DE CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO	
	$[\text{NO}_2]$	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	$[\text{NO}_2]$	$[\text{N}_2\text{O}_4]$	$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$	$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$
1	0.000	0.670	0.0547	0.643	0.0851	4.65×10^{-3}
2	0.0500	0.446	0.0457	0.448	0.102	4.66×10^{-3}
3	0.0300	0.500	0.0475	0.491	0.0967	4.60×10^{-3}
4	0.0400	0.600	0.0523	0.594	0.0880	4.60×10^{-3}
5	0.200	0.000	0.0204	0.0898	0.227	4.63×10^{-3}

- Describe con tus palabras el experimento que produce los resultados indicados en el experimento 1 registrado en la Tabla 1.
- Realiza un dibujo de la experiencia que se describe en el experimento 3 registrado en la Tabla 1.
- Analiza si la siguiente representación microscópica, A, representa el experimento registrado en la Tabla 1 al inicio de la reacción.



Representamos:

Las moléculas de dióxido de nitrógeno, NO_2 , por el símbolo



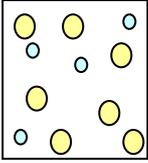
La molécula de tetróxido de nitrógeno, N_2O_4 , por el símbolo

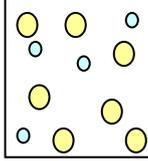


En caso de no representarla realice UD. la representación que se ajuste a esa situación experimental.

- Utiliza los datos del experimento 4 y construye un gráfico cartesiano que represente el avance de la reacción hasta llegar al equilibrio

IV.4.8. Se organizan las preguntas de manera que se agrupan las que son equivalentes. Se analizan aquellas tareas que implican **construir** una REL a partir de los textos o construir REP a partir de REL.

Tarea	1 R Lingüística	2 R Lingüística + Fotografía-Diagrama	3 R Lingüística + Gráfico Cartesiano	4 R Lingüística + Tabla
Pregunta	<p align="center">1.1</p> <p>Realiza un dibujo que permita describir físicamente el experimento realizado en el nivel macroscópico. Especifica las características del recipiente en que se realiza la reacción.</p>	<p align="center">2.1</p> <p>Describe con tus palabras el experimento que se realiza y que se describe en la Figura 1.</p>	<p align="center">3.1</p> <p>Describe con tus palabras el experimento que se realiza, en un nivel macroscópico, experimento que se describe en la Figura 1(a).</p>	<p align="center">4.1</p> <p>Describe con tus palabras el experimento que produce los resultados indicados en el experimento 1 registrado en la Tabla 1.</p>
Pregunta	<p align="center">1.2</p> <p>Escribe, utilizando una representación de bolitas, la representación de la reacción de equilibrio.</p>	<p align="center">2.2</p> <p>Después de alcanzar el estado descrito en la figura (c) continúa transcurriendo el tiempo, por ejemplo 10 horas más, incorpora a la figura un cuadro (d) que represente el estado del sistema después de 10 horas.</p>	<p align="center">3.2</p> <p>Realiza un dibujo que permita describir el experimento representado en la Figura 1(b)</p>	<p align="center">4.2</p> <p>Realiza un dibujo del experimento que se describe en el experimento 3 registrado en la Tabla 1.</p>
Pregunta	<p align="center">1.3</p> <p>El experimento se realiza colocando al inicio en el recipiente tetróxido de nitrógeno se permite que la reacción avance hasta el equilibrio.</p> <p>Represente esa situación utilizando un gráfico cartesiano en el que se muestra como cambia la concentración de $N_2O_4(g)$ y $NO_2(g)$ en función del tiempo, a medida que la reacción avanza a la situación de equilibrio.</p>	<p align="center">2.3</p> <p>Cuáles características de la Figura 1 te permiten argumentar que la reacción se realiza en un sistema cerrado.</p>	<p align="center">3.3</p> <p>Analiza la Figura 1(c) si la zona gris transcurre entre valores de tiempo que varían entre 1 y 2 horas continúa las líneas azul y negra hasta 5 horas.</p>	<p align="center">4.3</p> <p>Analiza si la siguiente representación microscópica, A, representa el experimento registrado en la Tabla 1 al inicio de la reacción.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Representamos:</p> <p>Las moléculas de dióxido de nitrógeno, NO_2, por el símbolo</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>La molécula de tetróxido de nitrógeno, N_2O_4, por el símbolo</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>En caso de no representarla realice UD. la representación que se ajuste a esa situación experimental.</p>
	<p align="center">1.4.1 = 1.4</p>	<p align="center">2.4</p>	<p align="center">3.4</p>	<p align="center">4.4</p>

Pregunta	<p>Se realizan dos experimentos diferentes.</p> <p>El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1 L.</p> <p>Se quiere construir <u>una tabla</u> que permita registrar las concentraciones iniciales de los reactivos y los productos al inicio de la reacción y una vez que se alcance el equilibrio, no se quiere saber el valor exacto de la concentración, indique sólo si la concentración de cada componente será mayor, menor o igual que en el experimento 1.</p>	<p>El recipiente en que se realiza la reacción es de 1 L y se determina que en el sistema representado en la figura como (c) la concentración de $N_2O_4(g)$ es 0.6 M mientras que la de NO_2 es 0.05 M. ¿Cuál será la composición al cabo de 10 horas?</p>	<p>Analiza si la siguiente representación microscópica representa la situación experimental descrita en la Figura 1(b) al inicio de la reacción.</p>  <p>Representamos:</p> <p>Las moléculas de dióxido de nitrógeno, NO_2, por el símbolo</p>  <p>La molécula de tetróxido de nitrógeno, N_2O_4, por el símbolo</p> 	<p>Utiliza los datos del experimento 4 construye un gráfico cartesiano que represente el avance de la reacción hasta llegar al equilibrio (Tabla al final del cuadro)</p>
Pregunta	<p style="text-align: center;">1.4,2= 1.5</p> <p>Se realizan dos experimentos diferentes.</p> <p>El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1 L.</p> <p>Describe utilizando una representación de bolitas la situación en el experimento 1 y el experimento 2. para hacerlo considera que:</p> <p>Representamos:</p> <p>Las moléculas de dióxido de nitrógeno, NO_2, por el símbolo</p>  <p>La molécula de tetróxido de nitrógeno, N_2O_4, por el símbolo</p> 	<p style="text-align: center;">2.5</p> <p>El experimento se realiza colocando al inicio en el recipiente tetróxido de nitrógeno se permite que la reacción avance hasta el equilibrio. Represente esa situación utilizando un gráfico cartesiano en el que se representa como cambia la concentración de $N_2O_4(g)$ y $NO_2(g)$ en función del tiempo, a medida que la reacción avanza a la situación de equilibrio.</p>	<p style="text-align: center;">3.5</p> <p>Se realiza un experimento en el que se estudia el sistema $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$, el cual a partir de una situación inicial avanza al estado de equilibrio. Si los valores experimentales de las concentraciones al inicio y una vez alcanzado el equilibrio son los que se muestran a continuación</p> <p>$[NO_2]_0 = 0,0400 M$ $[N_2O_4]_0 = 0,600 M$</p> <p>$[NO_2]_{eq} = 0,0523 M$ $[N_2O_4]_{eq} = 0,594 M$</p> <p>Explica si el gráfico de la Figura © es una representación correcta de la variación de las concentraciones de reactivos y productos a medida que transcurre el experimento. En caso de no ser correcta ¿cuál sería el gráfico correcto?</p>	<p style="text-align: center;">4.5</p>
		2.6		

Pregunta	<p>El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol de dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1 L. Se quiere construir <u>una tabla</u> que permita registrar las concentraciones iniciales de los reactivos y los productos al inicio de la reacción y una vez que se alcance el equilibrio, no se quiere saber el valor exacto de la concentración, indique sólo si la concentración de cada componente Ud. será mayor, menor o igual que 1.</p>
----------	--

Tabla correspondiente a la pregunta 4 del Texto D

EXPERIMENTO	CONCENTRACIONES INICIALES (M)		CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)		RELACIÓN DE CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO	
	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	$\frac{[\text{NO}_2]}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$	$\frac{[\text{NO}_2]^2}{[\text{N}_2\text{O}_4]}$
	4	0.0400	0.600	0.0523	0.594	0.0880

IV.5. Descripción conductas entrada al inicio fase II en cuanto a “Lectura representaciones Pictóricas”. Cohorte 2006, Grupo Ciencia y Tecnología.

RESUMEN A PARTIR DE LA LECTURA DE TEXTO HÍBRIDO:

Para identificar las operaciones que los estudiantes son capaces de realizar a partir de un texto híbrido (representaciones lingüísticas, más gráficos cartesianos más tablas) se suministra el texto Química del medio ambiente (anexo 1) que es un extracto de Brown y col. (2004) y se les pide a los estudiantes, a partir del texto, construir un resumen que refleje los aspectos que consideren más importantes.

A continuación ejemplos de respuestas construidas por uno de los estudiantes. La tarea consiste en construir un resume a partir de la lectura del texto. A continuación la respuesta de Ant (cohorte 2007)

El texto leído de "Química y ambiente" lo he entendido como "Efectos químicos que afectan al ambiente", donde he podido evidenciar la influencia de algunas acciones del hombre sobre el ambiente.

Asimismo, he podido constatar, como a pesar de que hay elementos que se encuentran naturalmente en el ambiente, la sobre-producción de estos, por el uso inadecuado del hombre, afecta de la misma manera al ambiente, con distintos elementos.

En la Tabla 19 y la Tabla 14 (página 92), se exponen los resultados a las pruebas de diagnóstico que se realizaron. La primera correspondiente a la lectura del texto híbrido (incluye gráfico xy y tabla) y la segunda, la resolución de problema (incorpora un diagrama)

Tabla 19: RESULTADOS ANÁLISIS CONTENIDO. Unidad de análisis: resumen elaborado a partir de la lectura del TEXTO: Química del Medio Ambiente. Cohorte 2007 (N=13)

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	INTRODUCCIÓN						
	Tipo Cambio	Objetivo	Contaminación como problema	Ciudadanía responsable	Reformas Legislativas	Acciones Concretas	Principio físico químicos
% RESPUESTAS (N=13)							
Cohorte 2007 (N=13)	15 Físico	0	38	68	8	0	0

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	IDENTIFICACIÓN de VARIABLES					
	Presión (P)	Volumen (V)	Temperatura (T)	Variación de temperatura (ΔT)	Altura (h)	Composición (n)
% RESPUESTAS (N=13)						
Cohorte 2007 (N=13)	0	0	62	0	0	0

INFORMACIÓN ASOCIADA A GRÁFICOS (generalización)

CAMBIO VALORES VARIABLES	RELACIÓN ENTRE VARIABLES (Generalización)								
	Relación T/h				Rango variación T				Relación P/h
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Disminución	Aumento	Disminución	Aumento	disminución	Aumento	Disminución	Aumento	Disminución P a mayor h
Cohorte 2007 (N=13)	0-11	11-50	50-85	85-	290-220	220-270	270-180	180-270	
	8	8	8	0	0	0	0	0	31

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	NOMENCLATURA (N=13)			
	Identifica regiones	Nombra región	Identifica Inflexión	Especifica reglas
% RESPUESTAS (N=13)				
Cohorte 2007 (N=13)	8	15	23	15

INFORMACIÓN ASOCIADA A TABLA

CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	COMPOSICIÓN			
	Sólo nombra la variable	Identifica componentes	Identifica componente más abundante	Identifica componente menos

				abundante
	% RESPUESTAS (N=13)			
Cohorte 2007 (N=13)		15	0	0

CONSTRUCCIÓN REPRESENTACIÓN PARA DAR RESPUESTA				
CATEGORÍAS DE ANÁLISIS	Transforma texto	Transforma gráfico	literal	Sin información específica
	% RESPUESTAS (N=13)			
Cohorte 2007 (N=13)	69	23	15	69

A manera de síntesis podemos afirmar que los estudiantes que participaron en la experiencia no habían desarrollado la habilidad para “leer” REPs, lo cual se confirma a partir de los comentarios escritos de los estudiantes una vez finalizado el programa (**los nombres son ficticios**).

- ✓ Mar: ...”anteriormente había trabajado con representaciones como gráficos cartesianos, tablas y figuras, **pero sólo me limitaba a buscar directamente los datos que necesitaba para realizar mi trabajo**; ahora sé identificar en las representaciones que información se puede inferir de ellas, la intención del autor, las propiedades a las que se hace referencia en las mismas, la relación que guarda con el contenido del texto, el nivel en que se expresan las propiedades, también considero que la facilidad surgió porque todas las representaciones estaban relacionadas con el tema soluciones ... cuyos contenidos ya conocía.
- ✓ Eli: ...”El estudio de las diferentes representaciones que utilizan los autores para facilitar el discurso me enseñó que son un recurso, que como estudiante, me brinda datos y conceptos que me facilitan la comprensión de lo que estudio.”
- ✓ Any: “... he aprendido ...ha reflexionar, ha observar, detallar, ...”
- ✓ Ces: “...nos ha enseñado a leer y comprender todo tipo de texto y representaciones gráficas”
- ✓ Ric: “...he aprendido que no siempre se debe generalizar, ... es necesario aprender a leer analíticamente. Además aprendí que las **imágenes no son solo un adorno**”
- ✓ Lau: “he logrado aprovechar y aprender a utilizar los recursos pictóricos de los textos... gráficos logré indagar acerca de las relaciones que se pueden establecer entre los ejes de coordenadas ... con las tablas descubrí que el modo de leer los datos pueden ser de modo individual (lo cual me parecía que no se podía hacer, ya que estos datos aislados me parecían inútiles) así como las filas, columnas o a nivel general... al trabajar con las imágenes se me hizo más difícil ya que estas tienen más detalles... antes para mí, una sombra, las negritas ...pasaban desapercibidas y ahora he descubierto que son importantes...”

- ✓ Ton: *“...hemos distinguido que la lectura de un texto, ya sea científico, sea un artículo de periódico, un cuento,...no se leen de la misma manera... las tablas, imágenes, fotos... tienen la información de manera organizada y con ayudas del autor para su comprensión como flechas,...sombras,...figuras geométricas. ... anteriormente si analizaba alguna gráfica o tabla iría directamente a lo que piden, y no vería más allá para poder sacar más información que pueda contener ... así como establecer comparaciones.”*
- ✓ Mars: *“...antes, cuando leía un texto no llegaba a su profundidad...Para ser sincera, anteriormente yo veía las imágenes pictóricas como un dibujo más de un libro, folleto, etc., como para verlo más bonito... me doy cuenta de la gran cantidad de información que suministra...”*
- ✓ And: *“... aprendimos...a ser muy cuidadosos con lo que se nos plantea en los textos... pues muchas veces dentro de esos detalles que a nosotros nos parecen insignificantes, se esconde la mayor parte de la información...”*
- ✓ Ros: *“...he aprendido que las representaciones pictóricas son muy beneficiosas a la hora de escribir y dar un discurso... agradezco todas las representaciones pictóricas y los trabajos que nos mandó a realizar, ya que siempre descubría que uno muchas veces no ve más allá de sus narices, y que hasta el mínimo detalle es importante para tener una función más clara...realizar un adecuado análisis.”*

CAPÍTULO V: RESULTADOS

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados; éstos serán organizados en dos secciones. La primera sección está dirigida a presentar el análisis de los textos de Química General en el tema de EQ. La segunda tiene el propósito de presentar el resultado del trabajo realizado con los estudiantes.

V-A. RESULTADOS DEL ANÁLISIS LIBROS TEXTO

V-A.1. ANÁLISIS DE REPRESENTACIONES GRÁFICAS UTILIZADAS EN TEXTOS (ESCOLARES) DE QUÍMICA.

A partir del análisis de contenido se analizan las representaciones pictóricas (gráficos de ejes, tablas, fotografías, diagramas) de tres textos de Química General, con el propósito de determinar la utilidad del marco definido como base para este trabajo: los sistemas de representaciones externas (RE), en particular las representaciones pictóricas (REP); con el propósito de estudiarlas como sistemas de recursos semióticos utilizadas como base para realizar el proceso de atribuir significados.

En este capítulo presentamos los resultados del estudio del sistema de RE, en particular las REP, utilizadas en la construcción del discurso para la presentación del tema Equilibrio Químico. Analizaremos el discurso sobre Equilibrio Químico presentado por los autores de tres libros de texto de Química General de amplio uso en los cursos de nivel universitario con el propósito de describir el sistema de representaciones pictóricas que utilizan diferentes autores para construir el discurso sobre ese tema particular.

Estos textos son: Química la Ciencia Central (Brown y col., 2004); Química General (Petrucci y col., 2003) y Química (Chang, 1999); para presentar los resultados estos libros de texto los identificaremos como Brown, Petrucci y Chang.

El análisis se realizará en diferentes niveles:

a) Nivel Descriptivo.

- ✓ En este nivel clasificaremos las REP según las diferentes categorías propuestas y que han sido presentadas en el capítulo anterior. Con esta descripción pretendemos caracterizar, en cuanto a los tipos y frecuencias, el sistema de RE, en particular las REP que usan los autores de los textos que estudiaremos.
- ✓ En segundo lugar, caracterizamos el sistema de signos para establecer el grado de abstracción del lenguaje usado para construir el discurso haciendo uso de las REP. Básicamente, estableceremos la relación (analógica-simbólica), es decir, la relación Representado-Representante en el sistema de signos.

A partir de este análisis, pretendemos confirmar:

- ✓ El uso de sistemas de representaciones múltiples.
- ✓ Preferencia por el uso de REP particulares.
- ✓ Relación contenido-tipo REP.

b) Discurso desde la disciplina.

En este apartado caracterizamos el discurso desde la siguiente perspectiva:

- ✓ La Naturaleza de los Contenidos: significados a) tipológicos y topológicos y b) niveles de representación: macro, micro y proceso.
- ✓ La Comunidad de Discurso: a) contexto paradigmático, situacional y b) contexto intertextual y sintagmático.
- ✓ El Emisor: Presentacional, organizacional y orientacional a nivel de la macroestructura
- ✓ La comunidad de lectores. Estudio que abordaremos en la fase siguiente de este trabajo.

A continuación se presentan los resultados. Destacaremos en letras *itálicas* nuestras observaciones.

V-A.1.1. NIVEL DESCRIPTIVO GENERAL

V-A.1.1.1. Número de REP promedio por página.

En la próxima Tabla 20, presentamos la relación REP/página del texto

Tabla 20: Promedio de REP por página utilizadas por diferentes autores.

texto	Nº total Representación	Nº páginas del capítulo	Promedio R. pictóricas por página
Cap. 15 Brown y col (2004)	19	30	0.63
Cap. 14 Chang	15	29	0.52
Cap. 16 Petrucci y col (2003)	21	31	0.68

Observaciones: *Los autores utilizan un promedio aproximado de 1 REP cada 2 páginas.*

Los autores desarrollan el tema organizando los contenidos por medio de la macroestructura, la cual refleja sobre qué habla el autor: presentación y las relaciones que establece: organización.

V-A.1.1.2. Contenidos: Presentación y Organización: la macroestructura.

En la próxima Tabla 21, presentamos la macroestructura que refleja las funciones: a) Presentación, reflejada en los tópicos que se desarrollan, y b) Organización, reflejada en el orden en que se presentan los contenidos. Encontramos que cada autor trabaja tres grandes bloques:

1. Equilibrio y Constante de Equilibrio:

- ✓ Definición, propiedades, expresión de la Constante equilibrio, magnitud de la constante asociada a rendimiento de la reacción.
- ✓ Factores de los que depende la constante de equilibrio: reacción y su estequiometría; fase de los reactivos y productos; temperatura.

- ✓ Aplicaciones de la constante de equilibrio: avance a la posición de equilibrio desde una situación inicial cualquiera (Q); cálculo de concentraciones en equilibrio
- 2. **Factores que afectan a un sistema que ha alcanzado el equilibrio:**
 - ✓ Principio Le Chatelier: efectos que sobre un sistema que ha alcanzado el equilibrio ejerce: a) el cambio de la concentración de los reactivos y productos; b) el cambio de volumen y presión; c) el cambio de temperatura y d) la presencia en el sistema de catalizadores.
- 3. **Relaciones Ciencia Tecnología Sociedad.** La importancia de las aplicaciones.

Es interesante esta separación porque, en nuestra opinión, la primera parte: Equilibrio y constante, es la que permite establecer las reglas de representación. La parte dos y tres se refiere a la aplicación de estas reglas en situaciones diferentes; lo que permite la aplicación a casos específicos. En general, se aplicarán las reglas en los siguientes casos: a) cuando un sistema que ha alcanzado un estado de equilibrio se perturba y b) a situaciones reales, por ejemplo, la producción de amoníaco.

A partir de los resultados de la Tabla 21, podemos afirmar que los autores trabajan iguales contenidos, lo cual, nos sugiere que su inclusión está influenciada por las áreas disciplinares: la comunidad de discurso. En este caso parece intervenir dos comunidades, la de los químicos que determina los contenidos y la de los investigadores en enseñanza de las ciencias que, por ejemplo, determina la inclusión del área CTS.

Para nuestro análisis seleccionamos los contenidos correspondientes al bloque Equilibrio y Constante de Equilibrio, por considerar que, es a partir de estos contenidos que se establecen las reglas de representación específicas, es decir, establecidas por la comunidad de químicos.

En la Tabla 21, estos tres grupos los hemos identificado con sombras.

- ✓ El grupo referido a equilibrio lo destacamos sin sombras.
- ✓ El grupo que desarrolla el principio de Le Chatelier lo identificamos con sombras más claras
- ✓ El grupo CTS con sombras más fuertes.

Tabla 21: Función Presentación y Organización. MACROESTRUCTURA de los textos

BROWN		CHANG		PETRUCCI	
Introducción	Fig. 15.1 Fig. 15.2 (a, b, c)	Introducción 14.1. El concepto de equilibrio y la constante de equilibrio	Fig. 14.A ²⁶	Introducción	Fig. 16.A
15.1. Concepto de Equilibrio	Fig. 15.3 (a, b)		Fig. 14.1	16.1. Equilibrio Dinámico	Fig. 16.1 (a, b)
La Química en acción : Proceso Haber (producción nitrógeno)	Fig. 15.4		Fig. 14.2	16.2. Expresión de la constante de equilibrio	T. 16.1
15.2. Constante de Equilibrio	Fig. 15.5	✓ La constante de equilibrio	T. 14.1		Fig. 16.3
	Fig. 15.6 (a, b)	14.2. Escritura de las expresiones de las constantes de equilibrio			T. 16.2
	T. 1	✓ Equilibrios homogéneos		✓ Expresión general Kc	
	Fig. 15.7	✓ Equilibrios heterogéneos	Fig. 14.B	✓ Introducción a la constante de equilibrio termodinámica, Keq	
✓ Magnitud de las constantes de equilibrio	Fig. 15.8 (a, b)		Fig. 14.3 (a, b)	16.3. Relaciones entre la constante de equilibrio	
✓ Sentido de la ecuación química y Keq		✓ Equilibrios múltiples		✓ Relación entre Kc y la ecuación química ajustada	

²⁶ Las figuras que identificamos con letras mayúsculas no han sido identificadas por el autor(es) aunque si tienen título

✓ Otras formas de manipular ecuaciones químicas y valores de K_{eq}		✓ La forma de K y la ecuación de equilibrio		✓ Combinación de las expresiones de las constantes de equilibrio	
15.3. Equilibrios Heterogéneos	Fig. 15.9 (a,b)	✓ Resumen de las reglas para escribir las expresiones de las constantes de equilibrio		✓ Equilibrio entre gases. La constante de equilibrio K_p	
15.4. Cálculo de la constante de equilibrio		14.3. Relación entre la cinética química y equilibrio químico		✓ Equilibrios en que intervienen sólidos y líquidos puros	Fig. 16.4
15.5. Aplicaciones de las constantes de equilibrio		14.4. ¿qué información proporciona la constante de equilibrio?		✓ Significado del valor numérico de una constante de equilibrio	T. 16.3
✓ Predicción del sentido de reacción	Fig. 15.10	✓ Predicción de la dirección de una reacción		✓ El cociente de reacción, Q: predicción del sentido del cambio neto	Fig. 16.5
✓ Cálculo de las concentraciones en el equilibrio		✓ Cálculo de las concentraciones de equilibrio	Fig. 14.4	✓ Modificación de las condiciones de equilibrio. Principio de Le Chatelier	
15.6. Principio de Le Chatelier	Fig. 15.11	14.5. Factores que afectan el equilibrio		✓ Efecto sobre el equilibrio de la modificación de las cantidades de las especies reaccionantes	Fig. 16.B
✓ Cambios de concentración de reactivos y productos	Fig. 15.12	✓ Principio de Le Chatelier			Fig. 16.6 (a,b,c)
	Fig. 15.13	✓ Cambios en la concentración	Fig. 14.5 (a,b,c,d)	✓ Efecto sobre el equilibrio de las modificaciones de la presión o el volumen	Fig. 16.7 (a,b)
✓ Efectos de los cambios de volumen y presión	Fig. 15.14 (a,b,c)		Fig. 14.6	✓ Efecto de la temperatura sobre el equilibrio	
✓ Efectos de los cambios de temperatura	Fig. 15.15 (a,b,c)	✓ Cambios en el volumen y la presión		✓ Efecto de un catalizador	Fig. 16.C
✓ Efecto de los catalizadores	T.15.2	✓ Cambios en la temperatura	Fig. 14.7 (a,b)	✓ Cálculos de equilibrios. Ejemplos ilustrativos	Fig. 16.8(a,b)
	Fig. 15.16		Fig. 14.8		Fig. 16.9
La Química en acción :control emisiones de óxido nítrico	Fig. 15.17	1. El efecto de un catalizador			Fig. 16.10 (a,b)
		2. Resumen de los factores que pueden alterar la posición del equilibrio			Fig. 16.11
		La Química en acción: Proceso de Haber	14.C; 14D 14 E	Atención a: El Ciclo del nitrógeno y la síntesis de compuestos nitrogenados	Fig. 16.D
		La Química en acción: la vida en las grandes altitudes y la producción de hemoglobina	14F		Fig. 16.12 Fig. 16.E Fig. 16.13

V-A.1.2. Distribución de representaciones pictóricas. Estas secciones se presentan acompañadas por REP de diferente tipo cuya distribución presentamos en la próxima tabla (Tabla22)

Tabla 22: Distribución uso de REP por sección de contenido.

	N° TOTAL DE REP- (%)		
	BROWN- (%)	CHANG- (%)	PETRUCCI- (%)
EQUILIBRIO	9 (47.4)	7 (46.7%)	9 (42.9%)
PRINCIPIO LE CHATELIER	7 (36.8)	4 (26.7%)	8 (38.1%)
CTS	3 (15.8)	4 (26.7%)	4 (19%)
	19 (100%)	15 (100%)	21 (100%)

Observamos que los autores estudiados utilizan mayor número de REP para la presentación de los contenidos Equilibrio y Constante y respuestas frente a Perturbación, (84 % Brown; 73 % Chang; 81 % Petrucci) tópicos cuya presentación se encuentra muy influenciado por el discurso de la disciplina el cual es asumido por la comunidad de químicos. El porcentaje de REP utilizadas para la representación del enfoque CTS es mucho menor (varía entre 16 y 27%).

V-A.2. REPRESENTACIONES PICTÓRICAS UTILIZADAS PARA CONSTRUIR EL DISCURSO SOBRE EQUILIBRIO QUÍMICO. DISTRIBUCIÓN PARA LAS DIFERENTES CLASIFICACIONES.

A continuación presentamos la distribución de las REP de acuerdo a las diferentes clasificaciones.

V-A.2.1. **Con base a la relación de semejanza Representado-Representante propuesta por Roth y Bowen (1999).**

De acuerdo con esta clasificación las REP se clasifican en: **Fotografía, dibujo naturalista, diagrama, tabla, gráfico, ecuaciones matemáticas.** En este trabajo no analizamos las ecuaciones matemáticas como sistemas de representaciones pictóricas.

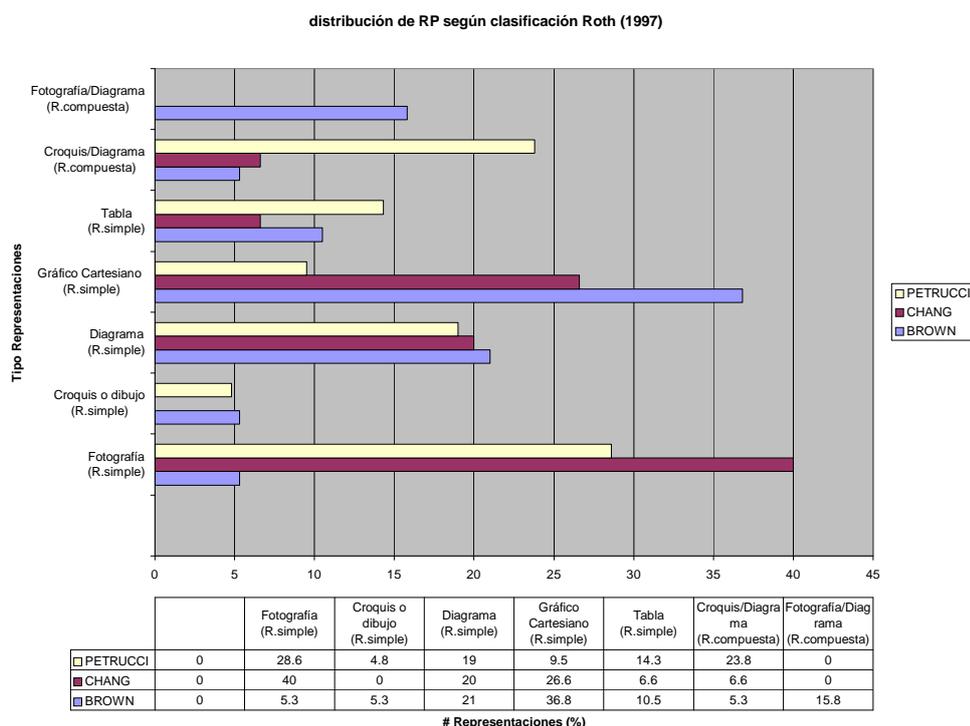


Figura 33: Distribución de REP según relación representado-representante propuesta de ROTH en textos Química General capítulo equilibrio químico.

Los resultados de este gráfico (Figura 33) muestran la influencia del emisor en la construcción del discurso (función orientación).

Aún cuando el discurso global está influenciado por la comunidad de discurso de los químicos (iguales contenidos), debemos reconocer que estos contenidos son de altos niveles de abstracción (Pozzer y Roth, 2004). Dada la relación de arbitrariedad entre el mundo representado y el mundo representante por lo que, el lenguaje de esta disciplina es básicamente simbólico. Por ejemplo, el hecho de que la composición de un sistema no cambie después de alcanzar el equilibrio, sea equiparable a una representación lingüística matemática, en la que el estado del sistema es representado por un número que es constante a una temperatura dada, *Keq*. Este nivel de abstracción dificulta establecer una relación Representación-Situación lo que lleva a los autores a ofrecer diferentes recursos semióticos.

Así, se observa que Brown utiliza preferentemente REP en que la relación Representado/Representante es arbitraria (89 %, de las representaciones). Por su parte, Chang y Petrucci utilizan sólo el 60% y 66% respectivamente.

Así, por ejemplo, Brown previo a la presentación de las Figuras 15.3; 15.6; 15.7 y la Tabla 15.1²⁷, presenta en la introducción la Fig. 15.2. Esta figura representa la situación física, los recipientes donde se efectúa la reacción, conjuntamente a una representación de la estructura de los componentes que intervienen en la reacción (función orientación), en la que se establece una relación entre el sistema físico real y la estructura de los componentes que intervienen en la reacción, introduciendo la importancia de la estequiometría para describir este tipo de sistemas.

También se evidencia la influencia del emisor en la construcción del discurso (función orientación) en las observaciones siguientes:

- a) En general los autores utilizan los diferentes tipos de representaciones, en ocasiones combinan en una misma figura dos representaciones pictóricas, (Fig. 15.3 y 15.6 Brown).

El uso de estos sistemas de representaciones nos hace pensar que las mismas forman parte de la práctica social. En particular, cuando encontramos:

- b) Las tres más usadas por Brown son los gráficos cartesianos (36.8%), los diagramas (21%) y combinaciones de fotografías con diagramas de estructura (15.8%), todas representaciones en que la relación representación-situación es arbitraria, en total representa el (73.6%).

Este tipo de representaciones, caracterizadas porque la relación Representado-Representante es arbitraria, determina un papel importante de las reglas de representación (generales y específicas) para el proceso de comprensión. De igual manera podemos afirmar que las reglas específicas, las cuales dependen del: contexto paradigmático y situacional, es decir, del área de conocimiento, así como del contexto sintagmático e intertextual (reglas de carácter más general, pero vinculadas a esa área de conocimiento)

Las fotografías son poco utilizadas por este autor (5.3%) en que tenemos una relación reproductiva entre la representación (representante) y la situación (representado).

La comprensión de las REP propuestas por este autor exigen un mayor nivel de procesamiento por parte del lector para atribuir los significados que la comunidad de químicos atribuye a estas representaciones, es decir, la tarea de reconstruir este tipo de REP es más compleja.

- c) Las tres más usadas por Chang son las fotografías (40%), gráficos cartesianos (26.6 %) y los diagramas (20%).

El 60% de las representaciones utilizadas por este autor mantienen una relación arbitraria entre la representación y la situación y el 40 % restante corresponden a REP en que se tiene una relación reproductiva entre la representación y la situación (40%) en las que la relación de analogía entre

²⁷ propuestas para destacar características de los sistemas en equilibrio, composición constante o iguales velocidades (Fig. 15.3 y 15.6) en la situación de equilibrio, o independencia de las condiciones iniciales del valor de la constante (Fig. 15.7)

representado-representante demanda menor nivel de procesamiento para el proceso de comprensión.

- d) Petrucci nos presenta en mayor proporción las fotografías (28.6%), croquis y diagramas (23.8%) y diagramas (19 %). Sin embargo el 67% de las representaciones pictóricas utilizadas, en las que incluimos diagramas, gráficos de ejes, tablas y representaciones compuestas, mantienen una relación de arbitrariedad Representado-Representante.
- e) Llama la atención que a pesar de ser un tema que se plantea desde los datos experimentales los diferentes autores utilicen en pequeña proporción las tablas de datos experimentales. Brown (10.5 %); Chang (6.6%) y Petrucci (14.3%). La proporción en que se usan los gráficos cartesianos es mayor, posiblemente porque muestra la variación de las variables de manera continua y no puntual; Brown (36.8%); Chang (26.6%) y Petrucci (9.5%).

La “lectura” de las representaciones pictóricas requiere un mayor procesamiento, que la relación de analogía entre la representación y la situación.

V-A.2.2. Distribución de las REP según clasificación que atiende ayuda para la comprensión: Ilustraciones; mapas/croquis/planos; diagrama conceptual o diagrama estructura; Gráficos de ejes o de Tablas

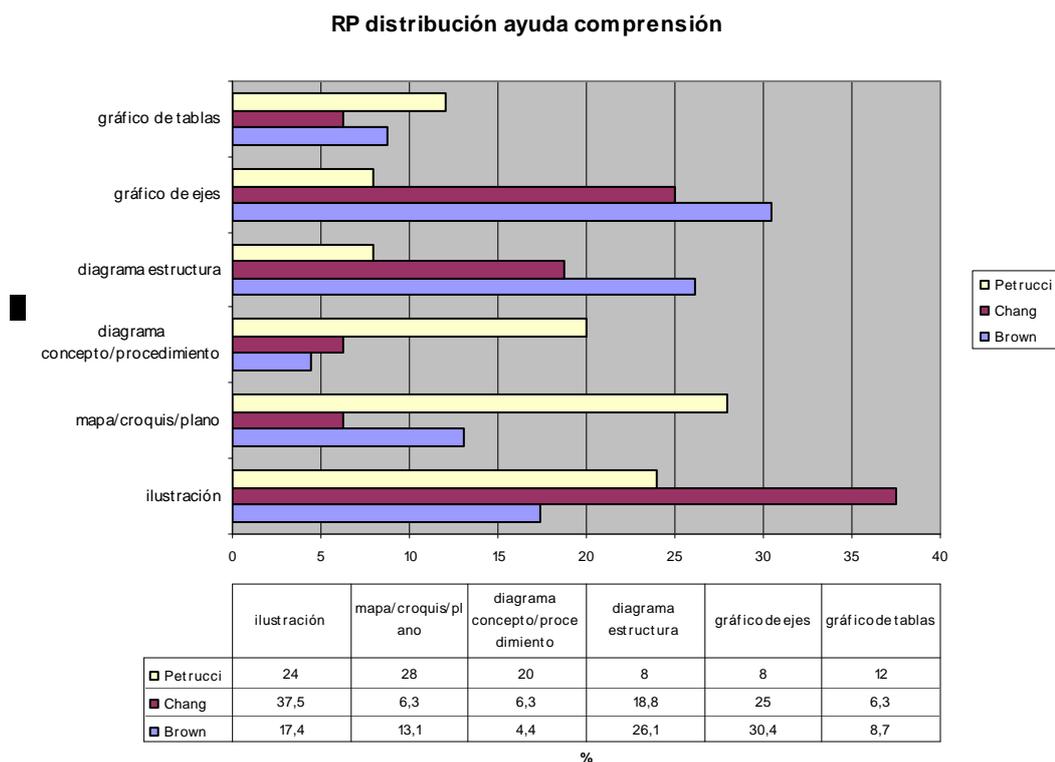


Figura 34: Distribución DE REP según criterio comprensión propuesta por Lieben Y Downs (1992): en textos Química General capítulo equilibrio químico.

En este gráfico (Fig. 34) hemos agrupado en la categoría ilustraciones las representaciones simples y compuestas y hemos separado los diagramas en diagramas de concepto o procedimiento y diagramas de estructura. Sin embargo, la distribución porcentual se repite Brown aproximadamente 70% REP en que la relación Representado/Representante es arbitraria; Chang utiliza 56 % y Petrucci 50%.

Destaca la importancia en el discurso de la Química la representaciones de las estructuras químicas; así, se observa el uso de un % importante de REP que hacen referencia a las estructuras químicas de las sustancias que intervienen en los sistemas que alcanzan el equilibrio. Brown (26.1 %); Chang (18.8%); Petrucci (8%).

Este gráfico nos permite confirmar las afirmaciones planteadas con anterioridad. La mayor proporción de REP, utilizadas por estos tres autores, tienen una relación arbitraria Representado-Representante, lo cual, exige un alto nivel de procesamiento para atribuir los significados que reconoce como válidos la comunidad de químicos. Esta afirmación se sostiene a partir de la Fig. 22, en la que observamos que, los signos utilizados para las representaciones pictóricas, en su mayoría, clasifican como símbolos (que tienen una relación arbitraria entre el signo y lo que el signo representa. Brown (74% son símbolos), Chang (59% símbolos) y Petrucci (67%).

V-A.2.3. Con base al nivel de representación: Macroscópico y Microscópico (Gabel, 1998, Johnstone, 1993)

En el próximo gráfico (Fig.35) presentamos una clasificación de las REP de acuerdo al nivel de la representación, en la que no hemos incluido el nivel proceso porque todas las representaciones implican un proceso.

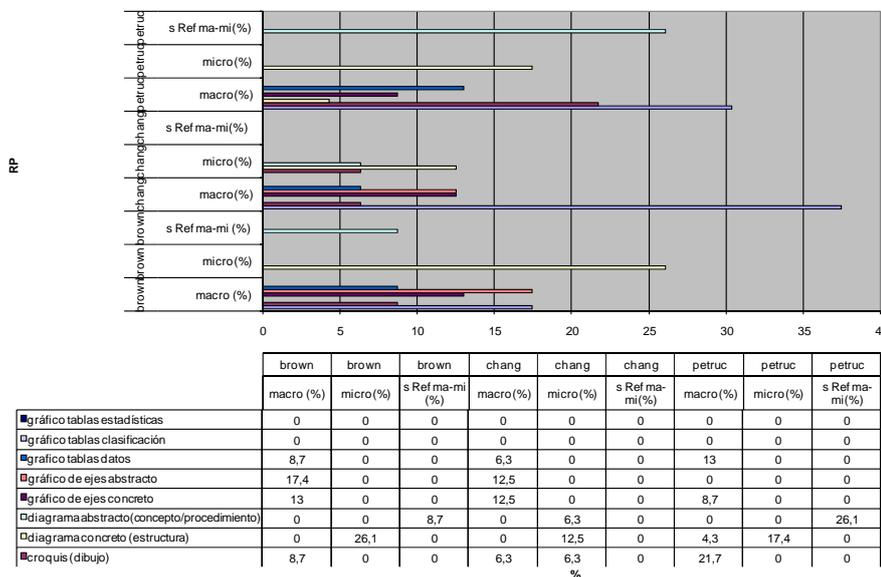


Figura 35: Distribución según niveles Macroscópico y Microscópico

A continuación se integran los resultados.

Texto	Macroscópica (%)	Microscópica (%)	Sin referencia macro/micro (%)
Brown	65.2	26.4	8.7
Chang	62.6	37.6	0
Petrucci	66.6	14.8	22.2

Observamos, en los tres casos, una tendencia a utilizar representaciones pictóricas, que refieren a un nivel macroscópico, más de 60% de las REP se encuentran en este nivel (ver Fig. 35), esto posiblemente se encuentre asociado a la naturaleza empírica como se construye este concepto.

El uso de las representaciones a nivel microscópico hace referencia a la estructura molecular de las sustancias que intervienen en la reacción, destacando la estequiometría. Por ejemplo, la Fig. 15.4, p.577, Brown; Fig. 16.B, p. 642, Petrucci. La importancia que los autores conceden a este tipo de representación puede tener su origen en la importancia de la estequiometría para escribir la expresión de la constante de equilibrio.

Es interesante observar que todas las representaciones (macro y micro) refieren a un proceso, por ejemplo, una fumigación (Fig.14.5; p. 580, Chang), el croquis de un equipo en el que se produce un proceso (Fig.15.13, p.596, Brown) o el diagrama de un proceso (Fig. 16.9, p. 650, Petrucci.) o simplemente la representación de una reacción química (Fig. 16.B, p.642, Petrucci; o Fig.14.1, p. 560, Chang). Este hecho nos hace pensar en la influencia del objeto de estudio de la Química: las transformaciones de la materia, reafirmando que el lenguaje desarrollado es influenciado por la naturaleza de aquello sobre lo que hablamos (Lemke, 1998a, 1998b).

Destaca el hecho de encontrar una tendencia a incluir representaciones pictóricas que vinculen el nivel macro-micro y simbólico, el tipo de representaciones que resulta más útil para visualizar esta relación son los diagramas, y la combinación de fotografías y diagramas, ejemplo de estas representaciones son: Fig. 15.2, (p. 576, Brown); Fig. 16.4 (p.637, Petrucci).

V-A.2.4. Distribución de las REP según clasificación que atiende al tipo de signo utilizado: señal, icono, símbolo

En la Fig. 26 se muestra la distribución de las REP según tipo de símbolos.

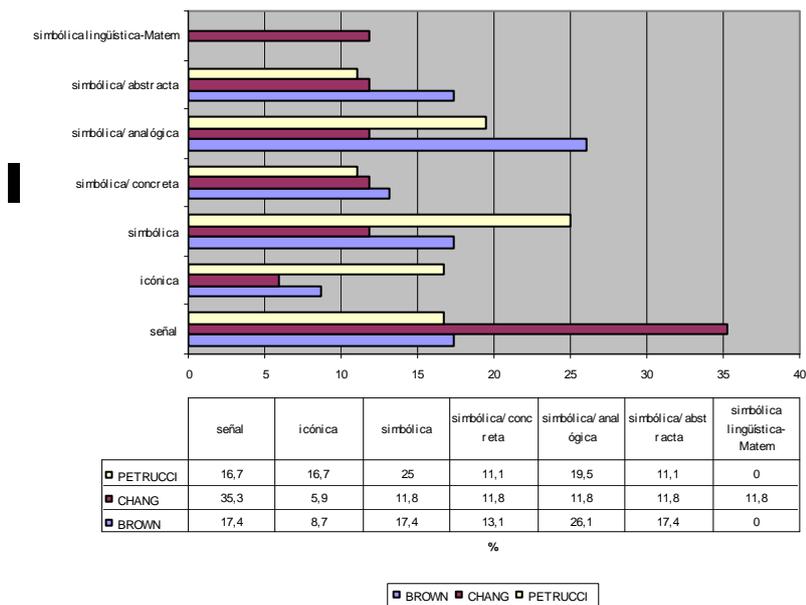


Figura 36: Distribución DE REP según tipo signos que utiliza, en textos Química General capítulo equilibrio químico

Resultados Integrados

Texto	Analógica (%)	Simbólica (%)
Brown	26.1	73.9
Chang	41.2	58.8
Petrucci	33.4	66.6

En general los autores utilizan en mayor proporción representaciones simbólicas, las cuales tiene una relación arbitraria representado-representante; Brown (74%); Chang (59%) y Petrucci (67%) lo que coincide con la naturaleza de lo que se habla. Esto implica que la relación representación-situación es arbitraria y, por lo tanto, debe ser construida por el lector. Estas representaciones son dependientes de las reglas (generales y específicas para su comprensión) lo cual dificulta su reconstrucción.

V-A.2.5. Distribución de las REP según clasificación propuesta en este trabajo:

NIVEL/REPRESENTACIÓN/COMPRENSIÓN/SIGNO/RELACIÓN MUNDO REPRESENTADO/MUNDO REPRESENTANTE.

Hemos considerado de utilidad clasificar las representaciones pictóricas que utilizan los autores de los textos escolares siguiendo diferentes criterios de manera simultánea, ya que consideramos que las representaciones pictóricas deben ser deconstruidas desde una aproximación molar para construir los significados.

La clasificación que proponemos integra:

- ✓ Nivel de representación (macro, micro, proceso), la cual es dependiente de la naturaleza de los contenidos químicos y de gran importancia para el proceso de comprensión.

- ✓ Comprensión (diagrama, gráficos, mapas, ilustraciones) porque permite anticipar qué “buscar” en la representación, lo que facilita el proceso de comprensión.
- ✓ Tipo de Signos que se utilizan porque permite reconocer la relación entre la representación y lo que ella representa.
- ✓ La relación representado- representante guarda relación de semejanza o no tiene ninguna relación (en parte reproduce el criterio anterior pero a nivel molar).

En función de estos criterios la clasificación propuesta que se muestra en la tabla 23 es la siguiente:

Tabla 23: Clasificación de las REP siguiendo el criterio de NIVEL/COMPRESIÓN/SIGNO/RELACIÓN REPRESENTADO-REPRESENTANTE.

	Clasificación de las representaciones pictóricas atendiendo a criterios Nivel/comprensión/signo/relación representado-representante
1	Macroscópica /Ilustración(fotografía)/señal/naturalista-analógica
2	Macroscópica/Croquis(Dibujo)/Icónica/Analógica
3	Macroscópica-PROCESO/Croquis(Dibujo)/Icónica/Analógica
4	Macroscópica/gráfico(ejes)/Simbólica/Concreta
5	Macroscópica/gráfico(ejes)/Simbólica/abstracto
6	Macroscópica/gráfico(tabla)/Simbólica/lingüística-matemática
7	Microscópica/Diagrama(estructura)/Simbólica/Analógica al MC
8	Microscópica/(fórmulas/reacciones)/Simbólica/Lingüística-Matemática
9	Proceso-MACRO/Ilustración(foto)/Señal/Naturalista-Analógica
10	Proceso-MACRO/Croquis/Ícono/Analógica
11	Proceso-MICRO/Diagrama(Estructura)/simbólica/Analógica al MC
12	Proceso-MICRO/Ecuaciones químicas/simbólica/Lingüística-Matemática
13	Combinación

De acuerdo con esta clasificación encontramos la siguiente distribución, Fig. 37, para las representaciones pictóricas de los libros que estamos analizando:

A partir de la Fig. 37, nos permite identificar el carácter complejo de las REP utilizadas por la comunidad de discurso que conforman los químicos debido a que, en ella se superponen diferentes sistemas de reglas que al ser utilizadas por la comunidad de lectores permite que se realicen procesos que conduzcan a la atribución de significados.

Los sistemas de reglas apuntan a:

- a) Permitir establecer una relación entre la representación y lo que la misma representa. Esta relación puede ser de dos tipos diferentes: analógica (de similitud) en cuyo caso la demanda cognitiva es menor, o simbólica (arbitraria); si la relación es arbitraria la demanda cognitiva es mayor porque depende del nivel paradigmático y situacional.
- b) Se expresan en diferentes niveles: macroscópico, microscópico y simbólico los cuales se utilizan en forma individual o de conjunto para hacer referencia a procesos. En los niveles microscópico y simbólico la relación Representado/Representante es arbitraria.
- c) Se presentan en diferentes formatos representacionales en los que la información se organiza y se presenta de manera diferente. Cada formato representacional sigue reglas propias de representación.

Todas estas reglas deben utilizarse en forma simultánea para realizar el proceso de atribución de significado, de allí la complejidad del proceso de atribución de significados.

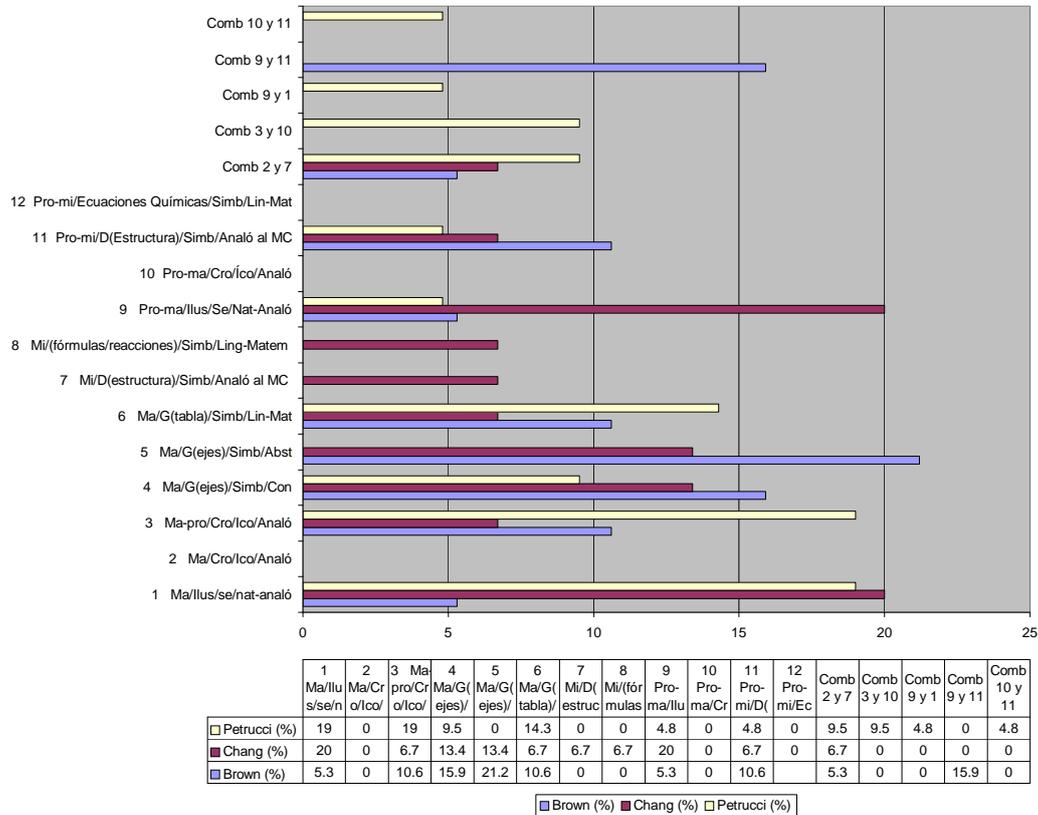


Figura 37: Clasificación REP atención a criterios de:
 NIVEL/COMPRENSIÓN/SIGNO/RELACIÓN REPRESENTADO-REPRESENTANTE

V-A.2.5.1. El discurso de la disciplina.

Para realizar el análisis del discurso desde la disciplina seleccionaremos: a) aquellos contenidos que contribuyen al establecimiento de las reglas: Equilibrio y Constante de Equilibrio; b) aquellas representaciones que son equivalentes. En este trabajo entenderemos por equivalentes las que se presentan en el mismo formato y que trabajan igual contenido. Una vez seleccionadas las representaciones equivalentes, las analizaremos atendiendo a los siguientes criterios:

- a) Emisor: Presentacional, organizacional a nivel de la macroestructura.
- b) Naturaleza de los contenidos: significados a) tipológicos y topológicos y b) niveles de representación: macro, micro y proceso.
- c) Comunidad de discurso: a) contexto paradigmático, situacional y b) contexto intertextual y sintagmático.

V-A.2.5.1.1. Selección representaciones pictóricas equivalentes para la presentación de los contenidos Equilibrio y Constante de Equilibrio.

Para realizar la selección, utilizaremos los siguientes criterios: a) área de contenido tema: Equilibrio, Perturbación y CTS; b) formato de la representación: gráfico ejes, gráfico tablas, nivel de la representación; c) contenido de la representación pictórica.

En el siguiente gráfico (Fig.38) se muestra la distribución porcentual de REP que los autores utilizan en cada área de contenido del tema

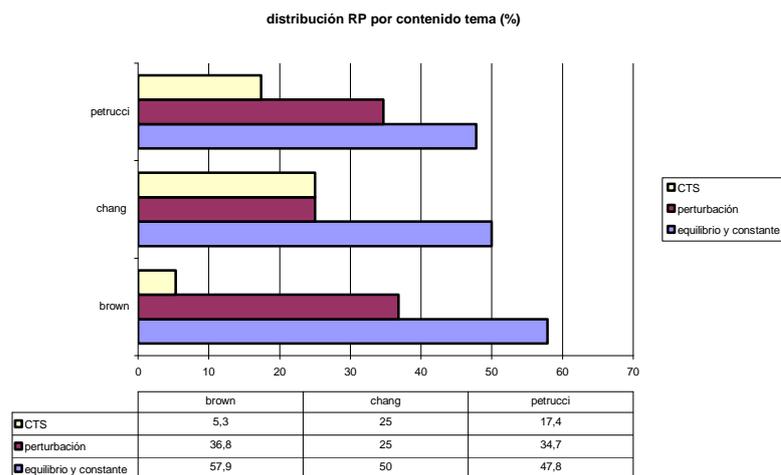


Figura 38: Distribución porcentual de REP por área de contenido: equilibrio/constante; perturbación

Se observa que los autores seleccionados complementan el discurso lingüístico con diferentes representaciones pictóricas, sin embargo, la mayor proporción se utiliza para la presentación de los contenidos que trabajan los principios, las propiedades y la caracterización matemática del equilibrio químico, tópicos que contribuyen a establecer el sistema de reglas (contexto paradigmático y situacional).

De igual manera, en la Fig. 39, observamos que los formatos de representación más utilizados para trabajar estos tópicos son dos a) los diagramas en que se especifica la estructura y estequiometría de los sistemas que alcanzan el equilibrio, generalmente son diagramas que representan reacciones químicas, pensamos que, dada la importancia de la estequiometría para escribir la expresión matemática de la constante y b) los gráficos de ejes y las tablas. Los gráficos incluyen los valores que se presentan en las tablas, consideramos que como vía para hacer más clara la relación representación-situación física en que se realiza el experimento.

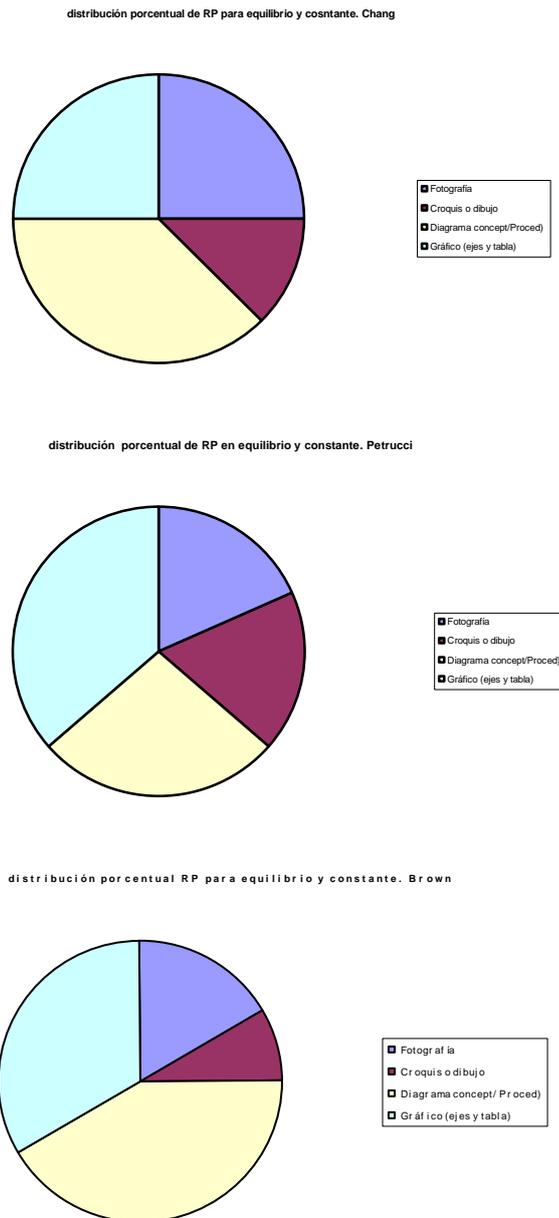


Figura 39: Distribución Porcentual de los diferentes tipos de REP para presentar los contenidos Equilibrio y Constante.

A continuación se seleccionan las REP en formato gráfico cartesiano y tabla que son equivalentes para su análisis. En la Tabla 24 se presentan los contenidos correspondientes al concepto de equilibrio y constante de equilibrio en el orden presentado por los autores, acompañados de las correspondiente REP y los contenidos trabajados en las mismas.

Tabla 24: Relación Contenido Equilibrio y Constante de Equilibrio y REP en los Textos

T	MACROESTRUCTURA	R. P	TIPO REP	CONTENIDO
Brown	Introducción	Fig. 15.1	Diagrama estructura	Reacción $N_2O_4 = 2NO_2$ mi
		Fig. 15.2 (a, b,c)	Fotografía/Diagrama estructura, reacción, 3 momentos diferentes	$N_2O_4 = 2NO_2$, nivel macro, micro, interconectados

15.1. Concepto de Equilibrio	Fig. 15.3 (a,b)	Gráfico ejes abstracto (2D), 1 situación	Evolución al EQ del sistema hipotético $A \rightleftharpoons B$, desde = condiciones iniciales, dos variables P , <i>velocidad</i> , vs t
La Química en acción : Proceso Haber (producción nitrógeno)	Fig. 15.4	Diagrama estructura, reacción	$N_2 + 3 H_2 = 2 NH_3$ microscópico
	Fig. 15.5	Fotografía	Uso agrícola NH_3
15.2. Constante de Equilibrio	Fig. 15.6 (a,b)	Gráfico ejes abstracto (2D) dos situaciones iniciales \neq	Avance al EQ reacción $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$ desde dos situaciones \neq a) reactivos , b) producto
	T.1	Tabla datos, 4 experimentos	Significado físico Reglas escribir K
	Fig. 15.7	Gráfico ejes concreto (2D)	Avance eq sistema $N_2O_4 = 2NO_2$ desde 2 situaciones experimentales inicial \neq ; 0 NO_2 y 1.2 atm NO_2
✓ Magnitud de las constantes de equilibrio	Fig. 15.8 (a,b)	Diagrama concepto	Significado físico del valor K independiente de Sólidos y líquido
✓ Sentido de la ecuación química y K_{eq}			
✓ Otras formas de manipular ecuaciones químicas y valores de K_{eq}			
15.3. Equilibrios Heterogéneos	Fig. 15.9 (a,b)	Croquis/Diagrama estructura, reacción, momentos diferentes	Sistemas heterogéneos se caracterizan porque K depende solo gas pero deben estar los reactivos y productos sin importar estado.
15.4. Cálculo de la constante de equilibrio			
15.5. Aplicaciones de las constantes de equilibrio			
✓ Predicción del sentido de reacción	Fig. 15.10	Diagrama conceptual	Relación Q y avance
✓ Cálculo de las concentraciones en el equilibrio			

Chang	Introducción			
	14.1. El concepto de equilibrio y la constante de equilibrio	Fig. 14.A ²⁸	Fotografía	Equilibrio fases
		Fig. 14.1	Diagrama estructura	Reacción $N_2O_4 = 2NO_2$
	✓ La constante de equilibrio	Fig. 14.2	Gráfico ejes abstracto (2D)	Avance al equilibrio desde 3 situac. $N_2O_4 = 2NO_2$
		T.14.1	Tabla datos, 5 experimentos	Avance al equilibrio desde 3 situac. $N_2O_4 = 2NO_2$
	14.2. Escritura de las expresiones de las constantes de equilibrio			
	✓ Equilibrios homogéneos			
	✓ Equilibrios heterogéneos	Fig. 14.B	Fotografía	cuarzo
		Fig. 14.3 (a,b)	Croquis/Diagrama estructura, momentos diferentes	En sistemas heterogéneos K depende solo gas pero deben estar todos reactivos y productos.
	✓ Equilibrios múltiples			
	✓ La forma de K y la ecuación de equilibrio			
	✓ Resumen de las reglas para escribir las expresiones de las constantes de equilibrio			
	14.3. Relación entre la cinética química y equilibrio químico			
	14.4. ¿qué información proporciona la constante de equilibrio?			
✓ Predicción de la dirección de una reacción				
✓ Cálculo de las concentraciones de equilibrio	Fig. 14.4	Diagrama estructura, reacción	Escribe reacción simbólico	

²⁸ Las figuras que identificamos con letras mayúsculas no han sido identificadas por el autor(es) aunque si tienen título

Petrucci	Introducción	Fig. 16.A	Fotografía	Planta producción amoniaco
	16.4. Equilibrio Dinámico	Fig. 16.1 (a,b)	Fotografía	Eq fase sol. Satur. I ₂ en CCl ₄
	16.5. Expresión de la constante de equilibrio	Fig. 16.2 (a,b)	Croquis/diagrama estructura, momentos diferentes	Proceso de disolución Macro-micro Propiedad Eq dinámico
		T. 16.1	Tabla datos 3 experimentos	Avance al equilibrio. Tres experiencias. CO + 2 H ₂ = CH ₃ OH
		Fig. 16.3	Grafico ejes concreto (2D) 3 situaciones experimentales	Tres aproximaciones al equilibrio situación Inicial diferente CO + 2 H ₂ = CH ₃ OH
		T. 16.2	Tabla datos procedimiento	Demostración en eq K es cte.
	✓ Expresión general Kc			
	✓ Introducción a la constante de equilibrio termodinámica, K _{eq}			
	16.6. Relaciones entre la constante de equilibrio			
	✓ Relación entre Kc y la ecuación química ajustada			
	✓ Combinación de las expresiones de las constantes de equilibrio			
	✓ Equilibrio entre gases. La constante de equilibrio K _p			
✓ Equilibrios en que intervienen sólidos y líquidos puros	Fig. 16.4	Croquis/ diagrama estructura, momentos diferentes	En sistemas heterogéneos la K depende solo gas pero deben estar todos los reactivos y productos sin importar estado	
16.7. Significado del valor numérico de una constante de equilibrio	T. 16.3	Tabla datos valores	Valores K para diferentes reacciones	
16.8. El cociente de reacción, Q: predicción del sentido del cambio neto	Fig. 16.5	Diagrama procedimiento	Automatización del avance	

Se analizan las Figuras 15.3; 15.6; 15.7 y T.15.1 del Brown; Fig. 14.2 y T.14.1 del Chang; y Fig. 16.3 y T.16.1 del Petrucci, porque como se muestra Tabla 12, tienen las siguientes características en común:

- se presentan como parte de la interacción texto nuevo-texto nuevo que hemos definido como intertextualidad para trabajar los tópicos Equilibrio y Constante de equilibrio.
- se presentan en el formato Gráfico de ejes y tabla, que hemos clasificado como representaciones pictóricas tipo: concreto o de modelo matemático, o abstracto que representa un modelo matemático pero sin incluir escalas ni unidades
- representan sistemas homogéneos, todos los componentes en estado gaseoso, con $\Delta n \neq 0$

A continuación el análisis de las figuras

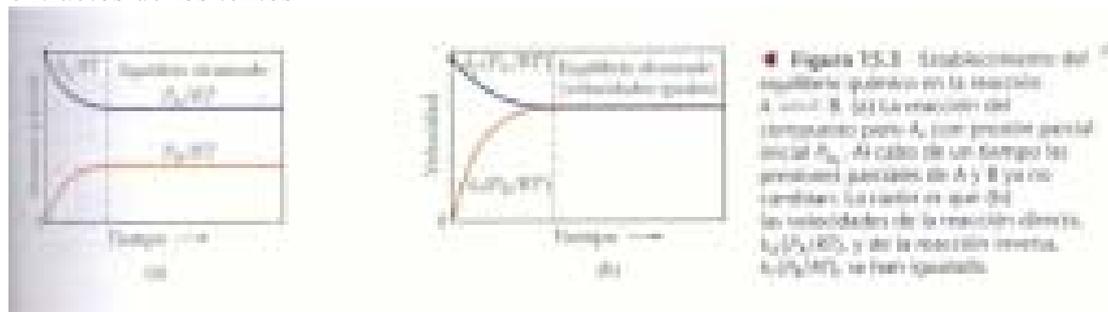
✓ Clasificación

Fig.	Clasificación de las Representación Pictóricas
15.3	Simbólica-lingüística/matemática-macroscópica , presentada como gráficos de ejes abstracto en dos momentos (situaciones) diferentes.
15.6	Simbólica-lingüística/matemática-macroscópica , presentada como gráficos de ejes abstracto en dos momentos (situaciones) diferentes.
15.7	Simbólica-lingüística/matemática-macroscópica , presentada como gráficos de ejes concreto en dos momentos (situaciones) diferentes.
14.2	Simbólica-lingüística/matemática-macroscópica , presentada como gráficos ejes abstracta en tres situaciones diferentes, tres condiciones iniciales
16.3	Simbólica-lingüística/matemática-macroscópica , presentada como gráficos ejes concretos en tres momentos diferentes.

V-A.2.5.2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS FIGURAS. CONSIDERAMOS QUE LAS FIG. 15.3, 15.6 Y 15.7 UTILIZADAS POR BROWN CONSTITUYEN UNA FORMA PROGRESIVA DE PRESENTAR LAS PROPIEDADES DE LOS SISTEMAS QUE ALCANZAN EL ESTADO DE EQUILIBRIO (FUNCIÓN ORIENTACIÓN).

1. Descripción de la Fig. 15.3 (Brown, p. 577)

En la información que presentamos a continuación aparece en letras azules extractos de los textos



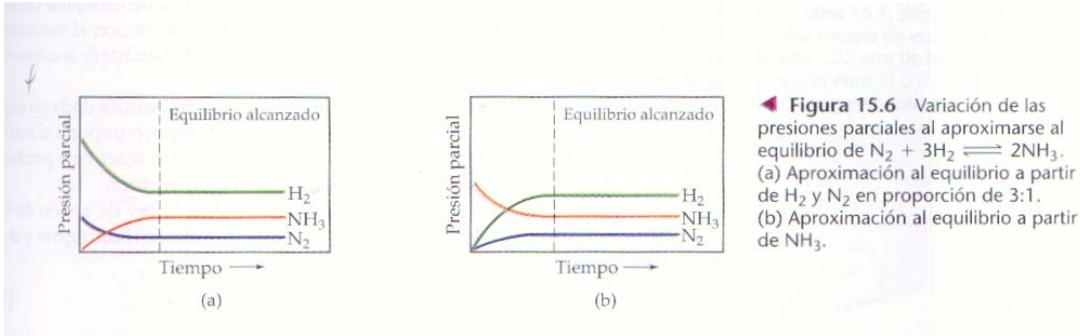
Macroestructura: el concepto de equilibrio

Microestructura: **Causa-efecto** y generalización

DESCRIPCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN	
Brown, Fig. 15.3 p.577	<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 $A \rightleftharpoons B$²⁹. 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: 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, $k_i(P_B/RT)$, se han igualado ✓ Las variables que se grafican refieren a nivel macro: <i>presiones parciales</i> de los componentes del sistema y <i>tiempo</i>; a) Presión parcial de A y B, P_{pA} y P_{pB}, 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 $A \rightleftharpoons B$.

2. Descripción de la Fig. 15.6 (Brown, p. 579)

²⁹ usamos letras azules para indicar copia textual del autor

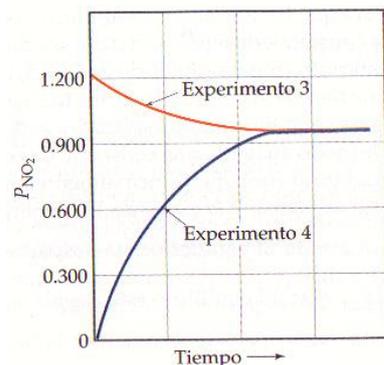


Macroestructura: constante de equilibrio

Microestructura: **Causa-efecto** y generalización

DESCRIPCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN	
Brown, Fig. 15.6 p.579	<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 R. 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 solo 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 R. 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." <ul style="list-style-type: none"> • 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

3. Descripción de la Fig. 15.7 (Brown, p. 581)



◀ **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).

Macroestructura: constante de equilibrio
 Microestructura: **Causa-efecto** y generalización

DESCRIPCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN	
Brown, Fig. 15.7 p.581	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se estudia como un sistema químico real, evoluciona hacia el estado de equilibrio desde dos condiciones iniciales diferentes. Desde la REL: 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). ✓ 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. ✓ 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 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: ✓ Exper. 3: Inicio a partir de productos $P_{\text{NO}_2} = 1.2 \text{ atm}$; en Exp.. 4: inicio a partir de reactivos porque $P_{\text{NO}_2} = 0 \text{ atm}$. 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 el hecho que el valor de la constante es independiente del estado inicial.

4. Descripción de la Fig. 14.2 (Chang, p. 561)

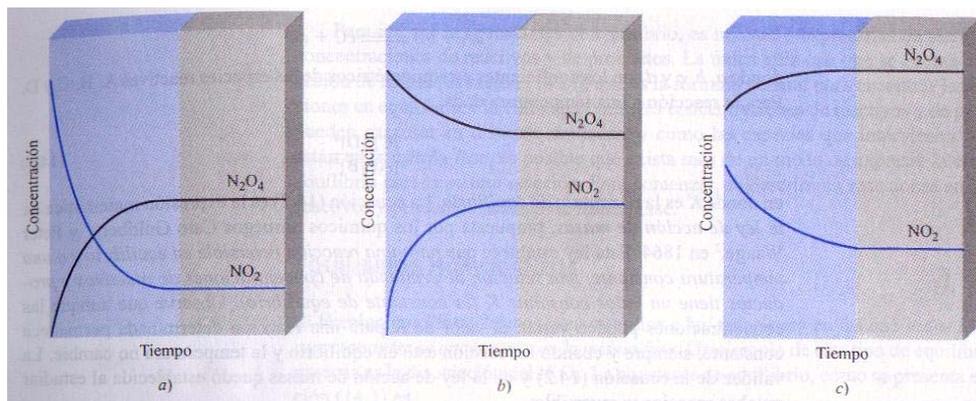


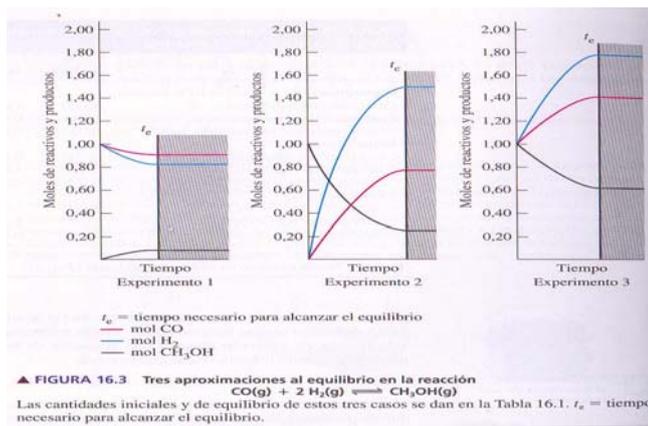
FIGURA 14.2 Cambios en las concentraciones de NO₂ y N₂O₄ con el tiempo, en tres situaciones. a) Al principio, sólo el NO₂ está presente. b) Al inicio, sólo el N₂O₄ está presente. c) Al principio está presente una mezcla de NO₂ y N₂O₄. Observe que aunque el equilibrio se logra en todos los casos, las concentraciones en el equilibrio de NO₂ y N₂O₄ no son iguales.

Macroestructura: el concepto y la constante de equilibrio

Microestructura: **Causa-efecto** y generalización

DESCRIPCIÓN DE LA REPRESENTACIÓN	
Chang, Fig. 14.2, p. 561	<p>✓ Se estudia como un sistema químico real, evoluciona hacia el estado de equilibrio desde tres condiciones iniciales diferentes. Desde la RLingüística: <i>Suponga que se inyecta N₂O₄ en un matraz vacío. El color café que aparece de inmediato indica que se ha formado NO₂. ... También se puede alcanzar el estado de equilibrio partiendo de NO₂ puro. Cuando algunas moléculas de NO₂ se combinan para formar N₂O₄, el color se desvanece. Otra forma es comenzar con una mezcla de NO₂ y N₂O₄ 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.</i></p> <p>Cambios en las concentraciones de NO₂ y N₂O₄ con el tiempo en tres situaciones. a) al principio sólo el NO₂ está presente. b) al inicio, sólo el N₂O₄ está presente. c) al principio está presente una mezcla de NO₂ y N₂O₄. Observe que aunque el equilibrio se logra en todos los casos, las concentraciones en el equilibrio de NO₂ y N₂O₄ 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, NO₂, su concentración disminuye a medida que transcurre el tiempo hasta que ya no cambia (pendiente cero); el reactivo, N₂O₄, comienza con concentración cero y aumenta hasta hacerse constante (pendiente cero)</p> <p>En Gráfico (b) se invierte la situación, se comienza con reactivo, N₂O₄, en concentración máxima y producto en concentración cero, NO₂, que aumenta a medida que avanzamos al equilibrio; en el equilibrio (zona gris del gráfico) las concentraciones no cambian pero son diferentes a las alcanzados 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, N₂O₄, en concentración mínima porque luego aumenta, y producto en 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 alcanzados en la experiencia graficada en (a) y en (b) esto se infiere por la manera en que se organizan los gráficos.</p>

5. Descripción de la Fig. 16.3 (Petrucci, p. 630)



Macroestructura: expresión de la constante de equilibrio
 Microestructura: **Causa-efecto** y generalización

<p>Petrucci, Fig. 16.3, p. 630</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 REL 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 <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 <i>concentraciones</i> en equilibrio de los productos y reactivos tiene un valor <i>constante</i>, independiente de cómo se haya alcanzado el equilibrio.</p> ✓ Se utiliza como representación un gráfico cartesiano del tipo concreto; incluye escalas y unidades para la variables moles de reactivos y productos; no se incluye unidades para la variable tiempo. ✓ incluye escalas y unidades para la variable presión parcial; no se incluye unidades para la variable tiempo. ✓ 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. ✓ El gráfico se organiza de manera tal que se permite la comparación entre el experimento 1, el experimento 2 y el experimento 3. Las unidades que se utilizan (moles) se debe relacionar moles con M usando propiedades de los gases ("los tres experimentos se llevan a cabo en un matraz de 10,0L y a 483 K"). ✓ 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. ✓ 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. ✓ Experimento 3: se parte de una mezcla equimolar de CO y H₂ (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 CO; los moles de metanol disminuyen. Este gráfico se complementa con la tabla 16.1 y la Tabla 16.2 que tiene el propósito de mostrar 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>Desde el título se introduce importancia de la estequiometría: (a) aproximación al equilibrio de H₂ y N₂ en proporción 3:1</p>
------------------------------------	---

V-A.2.5.3. ANÁLISIS DE LAS REPRESENTACIONES PICTÓRICAS DESDE LA PERSPECTIVA DEL DISCURSO.

- ✓ Naturaleza de los contenidos: Tipológicos, Topológicos, Macroscópicos, Microscópicos.

		T	Fig.	SIGNIFICADOS	
Naturaleza de los contenidos	TIPOLOGICOS	Brown	15.3	<p>Se presenta el avance de un sistema químico Hipotético, la síntesis del gas B a partir del gas A El gráfico muestra la evolución hacia el estado de equilibrio desde dos situaciones iniciales diferentes: Se establecen las variables que intervienen y su influencia.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relación proporcionalidad entre concentración y presión parcial • Se presenta gráfico de cómo varían las presiones parciales de reactivos y productos a medida que transcurre el tiempo <p>El gráfico muestra la evolución hacia el estado de equilibrio desde dos situaciones iniciales diferentes: ✓ Figura 15.3a: formación de B(g) a partir de A(g) Las variables que se manejan son macroscópicas: presiones parciales y tiempo ✓ Figura 15.3b: formación de B a partir A pero representando velocidad de descomposición de A y de formación de B. Las variables que se manejan son macroscópicas: velocidad de reacción y tiempo</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el gráfico se distinguen diferentes momentos: a) inicial: origen; b) no-equilibrio: izquierda línea puntos; c) equilibrio: derecha línea puntos 	
			15.6	<p>Se presenta el avance de un sistema químico real, la síntesis del amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno, $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$ El gráfico muestra la evolución hacia el estado de equilibrio desde dos situaciones iniciales diferentes: ✓ Figura 15.6a: formación de amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno. Presión del $H_2 >$ Presión N_2 ✓ Figura 15.6b: formación de nitrógeno e hidrógeno a partir amoníaco Las variables que se manejan son macroscópicas: presiones parciales y tiempo</p> <p>En el gráfico se distinguen diferentes momentos: a) inicial: origen; b) no-equilibrio: izquierda línea puntos; c) equilibrio: derecha línea puntos</p>	
			15.7	<p>Se presenta el avance de un sistema químico real, la síntesis del dióxido de nitrógeno a partir de la descomposición del tetróxido de nitrógeno, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ El gráfico muestra la evolución hacia el estado de equilibrio desde dos experimentos diferentes: Experimento 3: Inicio a partir de productos P $NO_2 = 1.2$ atm; en Exp. 4: inicio a partir de reactivos porque P $NO_2 = 0$ atm. ✓ Las variables que se manejan son macroscópicas: presiones parciales y tiempo 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 el hecho que el valor de la P NO_2 es independiente del estado inicial.</p>	
	TIPOLOGICOS	Chane	14.2	<p>Se presenta el avance de un sistema químico real, la síntesis del dióxido de nitrógeno a partir de la descomposición del tetróxido de nitrógeno, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ en tres situaciones diferentes. Se presenta cada situación en un gráfico en la que se representa cómo varían las concentraciones de reactivos, N_2O_4, y producto, NO_2, a medida que transcurre el tiempo</p> <ul style="list-style-type: none"> • 14.2 a: inicio desde el producto, cero reactivo • 14.2 b: inicio desde reactivo, cero producto • 14.2 c: inicio con una mezcla de reactivo y producto <p>Las variables que se manejan son macroscópicas: concentración y tiempo</p> <p>En todos los casos los valores de las concentraciones son diferentes Observe que aunque el equilibrio se logra en todos los casos, las concentraciones en el equilibrio del NO_2 y N_2O_4 no son iguales. en todos los casos después de alcanzar el equilibrio (zona gris) las concentraciones no cambian , pero en cada situación los valores de estas concentraciones son diferentes</p>	
			Pe trucci	16.3	<p>Se presenta el avance de un sistema químico real, la síntesis de metanol a partir de la reacción entre $CO(g)$ y $H_2(g)$ $CO(g) + 2 H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ en tres experimentos diferentes.</p> <p>Se presenta cada situación en un gráfico en la que se representa cómo varían las concentraciones de reactivos, N_2O_4, y producto, NO_2, a medida que transcurre el tiempo Las variables que se manejan son macroscópicas: número de moles y tiempo, se especifica explícitamente el volumen del recipiente y la temperatura a la que se realiza la reacción. Factores determinantes para el cálculo de la constante de equilibrio. Los tres experimentos se llevan a cabo en un matraz de 10.0 L a 438 K. En el prior experimento sólo están presentes inicialmente CO y H_2, en el segundo sólo CH_3OH y en el tercero CO, H_2 y CH_3OH. 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 <i>concentraciones</i> en equilibrio de los productos y reactivos tiene un valor <i>constante</i>, independiente de cómo se haya alcanzado el equilibrio.</p> <p>16.3 experimento 1 : inicio desde reactivos, cero producto, cantidad equimolar de $CO(g)$ y $H_2(g)$ (1mol de cada uno)</p> <ul style="list-style-type: none"> • 16.3 experimento 2: inicio desde producto (igual número de moles que en caso anterior), cero reactivo • 16.3 experimento 3: inicio con una mezcla equimolar de cada reactivo y producto y producto <p>en todos los casos el número de moles en equilibrio son diferentes (Título: tres aproximaciones al equilibrio de la reacción $CO(g) + 2 H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$. 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) en todos los casos después de alcanzar el equilibrio (zona gris), identificado con t_e, las concentraciones no cambian , pero en cada situación los valores de estas concentraciones son diferentes</p>

		T	Fig.	SIGNIFICADOS
Naturaleza de los contenidos	TOPOLÓGICOS	Brown	15.3	<p>Fig. 15.3 (a) Al ser un gráfico abstracto no permite atribuir valores a los puntos, sin embargo es posible analizar tendencias. 1. La pendiente de la línea azul es negativa, indicando que la presión parcial de A (o la concentración de A) disminuye en la medida que avanza el tiempo ✓ La pendiente de la línea roja es positiva, indicando que la presión parcial de B (o la concentración de B) aumenta en la medida que avanza el tiempo ✓ Se tiene un instante de tiempo en que la pendiente de la línea azul y la línea roja se hacen cero, indicando que P_A y P_B se mantienen constantes, sin embargo, <u>las rectas roja y azul son paralelas</u> por lo que los valores P_A y P_B no son iguales ($P_A \neq P_B$)</p> <p>Fig. 15.3 (b) ✓ La velocidad de transformación de A disminuye con el tiempo (pendiente negativa) mientras la velocidad aparición B aumenta (pendiente positiva) A partir de un cierto instante de tiempo (derecha línea punteada) las velocidades aparición A y de desaparición B no varían (pendiente cero en ambas rectas). <u>Ambas rectas se superponen, igual velocidad</u></p>
			15.6	<p>Fig. 15.6 (a) : Inicio a partir de los reactivos (N_2 y H_2) Al ser un gráfico abstracto no permite atribuir valores a los puntos, sin embargo es posible analizar tendencias ✓ En (a) la línea verde y azul tiene una sección (izquierda línea puntos) con pendiente negativa que indica disminución de la concentración de N_2 e H_2 con el tiempo mientras la concentración de NH_3 aumenta (pendiente positiva, línea roja) ✓ Se tiene un instante de tiempo en que la pendiente de la línea verde, la azul y la roja se hacen cero, indicando que P_{H_2}, P_{N_2} y P_{NH_3} se mantienen constantes, sin embargo, <u>las rectas son paralelas</u> por lo que los valores de las presiones parciales no son iguales Fig. 15.6 (b): Inicio a partir de los productos NH_3 ✓ La Presión parcial de los reactivos (N_2 y H_2) aumenta con el tiempo (pendiente positiva), pero mientras la P_{NH_3} disminuye (pendiente negativa) A partir de un cierto instante de tiempo (derecha línea punteada) las presiones parciales de cada gas (reactivos y productos) no varían (pendiente cero en ambas rectas). <u>Las rectas son paralelas por lo que los valores de las P de cada gas son diferentes</u></p>
			15.7	<p>Fig. 15.7 Exper. 3: Inicio a partir de productos $P_{NO_2} = 1.2 \text{ atm}$; Exp. 4: inicio a partir de reactivos porque $P_{NO_2} = 0 \text{ atm}$. (Desde la tabla y el título se puede ver que este experimento se inicia con 0.612 atm de N_2O_4 que es reactivo) Al ser un gráfico concreto permite atribuir valores a los puntos, aunque no es posible saber los valores de tiempo, esa variable no tiene valores en la escala, también es posible analizar tendencias. Exp. 3 La presión de NO_2 disminuye con el tiempo (pendiente negativa) mientras en el Exp. 4 la presión de NO_2 aumenta (pendiente positiva). Se observa mayor efecto en exp. 4 que en 3 por influencia de la estequiometría, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ ✓ La pendiente de la línea azul es positiva, indicando que la presión parcial de NO_2 (o la concentración) aumenta a medida que avanza el tiempo ✓ La pendiente de la línea roja es negativa, indicando que la presión parcial de NO_2 (o la concentración) disminuye en la medida que avanza el tiempo Se tiene un instante de tiempo en que la pendiente de la línea azul y la línea roja se hacen cero, indicando que P_{NO_2} se igualan y además se mantiene constante, <u>Ambas rectas se superponen, igual presión parcial. 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)</u></p>
Chang	14.2	<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) 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. En Gráfico (c) se comienza con reactivo, N_2O_4, en concentración con menor valor, a partir del cual aumenta, y producto en concentración con mayor valor, NO_2, que luego disminuye 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>		
Petrucci	16.3	<p>Experimento 1: se parte de una mezcla equimolar de CO y H_2 (1 mol) y 0 moles de CH_3OH. A medida que se avanza al equilibrio disminuyen el número de moles de CO y H_2, pero se observa la influencia de la estequiometría porque la disminución de los moles de H_2 es mayor; los moles de metanol aumentan. Experimento 2: se parte de 0 moles de CO y H_2 y 1 mol de CH_3OH. A medida que se avanza al equilibrio aumenta el número de moles de CO y H_2, pero se observa la influencia de la estequiometría porque el aumento de los moles de H_2 es mayor (doble); los moles de metanol disminuyen. En el equilibrio los moles de reactivos y productos no cambian pero no son iguales. Experimento 3: se parte de una mezcla equimolar de CO, H_2 y CH_3OH (1 mol). A medida que se avanza al equilibrio aumenta el número de moles de CO y H_2 mientras disminuye el número de moles de CH_3OH, pero se observa la influencia de la estequiometría porque el aumento de los moles de H_2 es mayor al aumento del número de moles CO; los moles de metanol disminuyen. Este gráfico se complementa con la Tabla 16.1 y la Tabla 16.2 que tiene el propósito de mostrar 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 K_{eq} se obtiene el mismo valor; valor que se resalta mostrándolo en color azul: 14.5 (función orientación) Desde el título se introduce importancia de la estequiometría: (a) aproximación al equilibrio de H_2 y N_2 en proporción 3:1</p>		

		T	Fig.	SIGNIFICADOS
Naturaleza de los contenidos	MACROSCÓPICOS	Brown	15.3	<p>El gráfico presenta, en lenguaje gráfico y abstracto, una situación que no es experimental porque el proceso de cambio no es real, se trabaja con sustancias hipotéticas (A y B). De manera general es posible establecer en el proceso tres momentos: No es posible establecer una relación con una situación perceptible porque no se da en la realidad aun cuando las variables que se manejan son macroscópicas, presiones parciales y tiempo; y velocidad (cambio en presiones respecto al tiempo) y t. Se resalta la relación de proporcionalidad entre la presión parcial y la concentración de un componente escribiendo la relación matemática Se observa que los sistemas avanzan al equilibrio independiente de la situación inicial y se asocia el equilibrio a “no cambio” en las variables macroscópicas En los sistemas en equilibrio están presentes todos los componentes, el proceso se detiene aparentemente antes que la reacción se complete, lo que conduce a tener una mezcla de reactivos y productos</p> <p>Suponiendo iguales escalas de tiempo en la Fig. a y b el momento de no cambio de las concentraciones corresponde al momento en que se igualan las velocidades</p>
			15.6	<p>El gráfico presenta, en lenguaje gráfico y abstracto, dos situaciones experimentales (gráfico a y gráfico b), aunque una sola representación la de un sistema que avanza al equilibrio : $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$ Es posible establecer una relación con una situación perceptible, los componentes están en estado gaseoso, y la situación experimental 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: $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$. Esta reacción es la base del proceso de Haber para sintetizar amoníaco.</p> <p>Constante de Equilibrio El proceso de Haber consiste en combinar N_2 y H_2 en un tanque de alta presión a una presión total de varios cientos de atmósferas, en presencia de un catalizador, y a una temperatura de varios cientos de grados Celsius. En estas condiciones los dos gases reaccionan para formar amoníaco, pero no se consumen totalmente ni el N_2 ni el H_2. Lo que ocurre es que en cierto punto la reacción parece detenerse, con los tres componentes de reacción presentes al mismo tiempo.</p> <p>En la Fig. 15.6(a) se muestra la forma en cómo varían con el tiempo las concentraciones de N_2, H_2 y NH_3. La situación es análoga a la que se muestra en la Fig. 15.3a. las cantidades relativas de N_2, H_2 y NH_3 que hay en el equilibrio no dependen de la cantidad de catalizador presente, pero sí de las cantidades relativas de N_2 y H_2 al inicio de la reacción. Además, si en el tanque sólo se pone amoníaco en las mismas condiciones, se forma una mezcla en equilibrio de N_2, H_2 y NH_3. En la Fig. 15.6 (b) se muestra la variación de las presiones parciales en función del tiempo en esta situación. En el equilibrio, las presiones parciales relativas de N_2, H_2 y NH_3 son las mismas, independientemente de que la mezcla inicial haya sido una relación molar 3:1 de H_2 y N_2, o bien, NH_3 puro. <i>La condición de equilibrio se alcanza en uno u otro sentido.</i>(p.576,577)</p> <p>Describe el equilibrio en términos macro: a) Presiones parciales, que no cambian a partir de un cierto instante de tiempo; b) Presencia de un catalizador; c) Proporcionalidad entre presiones y concentración, d) Las velocidades de la reacción directa se iguala a la de la reacción inversa ✓ Condiciones Se establecen las condiciones en que funcionará el modelo: sistema cerrado, gases ideales, comienza a darse importancia de la situación particular: reacción, estequiometría</p> <p>Las variables que se manejan son macroscópicas, presiones parciales y tiempo; sin embargo no se señala por qué se grafica presión parcial y no concentración lo que parece tener relación con la situación experimental Se observa que los sistemas avanzan al equilibrio independiente de la situación inicial y se asocia el equilibrio a “no cambio” en las variables macroscópicas En cada situación es posible identificar tres momentos: inicio (en el origen del sistema de coordenadas); avance (izquierda línea punteada); equilibrio (derecha línea punteada) Se reafirman las observaciones del gráfico anterior El proceso se “detiene” (aprox. Macro) aparentemente antes que la reacción se complete, lo que conduce a tener una mezcla de reactivos y productos Independientemente de la situación inicial se alcanza el equilibrio. Si asumimos igualdad de las escalas Presiones parciales de cada componente en la mezcla en equilibrio (reactivos y productos) son iguales en ambas situaciones $P_A = P_B$</p>

		15.7	<p>El gráfico presenta, en lenguaje gráfico y abstracto, dos situaciones experimentales (gráfico a y gráfico b), aunque una sola representación la de un sistema que avanza al equilibrio : $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$</p> <p>En cada situación es posible identificar dos momentos: a) inicio (en el origen del sistema de coordenadas); b) avance (hasta inicio pendiente cero) ; c) equilibrio (todo el segmento de pendiente cero)</p> <p>1. Inicio experimento 3 (sólo producto) NO_2 P inicial de 1.22 atm valor máximo (Fig. 15.7, línea roja) y P inicial N_2O_4 de cero</p> <p>2. Avance (reactivos y producto) ✓ PN_2O_4 disminuye (pendiente negativa y PN_2O_4, aumenta desde cero al inicio, no explícito en el gráfico porque la gráfica es de $P NO_2$ ✓ Equilibrio (reactivos y producto presentes) ✓ al cabo de un tiempo $r PNO_2$ y PN_2O_4 ya no cambia, en el gráfico sólo valor de PNO_2 tienen igual valor. (pendiente cero)</p> <p>El proceso se “detiene” (aprox. Macro) aparentemente antes que la reacción se complete, lo que conduce a tener una mezcla de reactivos y productos</p> <p>Independientemente de la situación inicial las Presiones de los reactivos y productos al alcanzar el equilibrio son iguales</p> <p>En este gráfico el autor cambia la representación utilizada en las anteriores. En 15.3 y 15.6 grafica P de reactivos y productos, en el mismo gráfico, desde diferentes situaciones iniciales; en este aunque tiene diferentes situaciones iniciales (lo cual especifica en el título) grafica presión del producto NO_2 introduciendo un cambio importante para la lectura.</p> <p>Se trata de establecer relación abstracta representada por el gráfico y la situación experimental a través de la Fig. 15.2 se busca relacionar el fenómeno como se percibe (cambio de color y estado: reactivo incoloro, producto pardo, ambos en estado gases) con las explicaciones a nivel micro para lo cual se presentan las estructuras microscópicas y las representaciones simbólicas en cada momento. Se resaltan las <i>Condiciones equilibrio: a) Velocidades iguales; “Se establece un equilibrio químico cuando reacciones opuestas avanzan a velocidades iguales”; b) Recipientes cerrados: Para que se establezca un equilibrio, es necesario que ni los reactivos ni los productos escapen del sistema</i></p>
	Chang	14.2	<p>El gráfico presenta, en lenguaje gráfico y abstracto, tres situaciones experimentales (a, b, c), aunque una sola representación la de un sistema que avanza al equilibrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ en tres situaciones diferentes.</p> <p>La conexión con lo perceptible se realiza a partir de la REL en la que se establece las propiedades de color de los gases que intervienen en la reacción, N_2O_4 es un gas incoloro, mientras el NO_2 tiene un color café oscuro que lo hace visible en el aire contaminado (p.560). no es posible establecerla desde la magnitud de los valores de concentración porque no se aportan</p> <p>Se presenta el gráfico como una composición de tres gráficos cartesianos dónde cada uno representa una situación inicial diferente; en los gráficos se identifican tres momento: inicio; avance y equilibrio</p> <p>La composición de los sistemas, que se inician en composiciones expresadas como concentración diferentes, en el equilibrio la composición, expresada en concentración, de los tres sistemas también es diferente</p>
	Petrucci	16.3	<p>El gráfico presenta, en lenguaje gráfico, aunque se aportan valores en el eje Y (moles de gas, para el que se establece un volumen y una temperatura) una situación que no es experimental porque aunque el proceso de cambio se produce experimentalmente y las sustancias no son sustancias hipotéticas, el autor señala que <i>se dan datos para tres experimentos son hipotéticos (p. 629).</i></p> <p>La conexión con el mundo perceptible el autor lo establece por dos vías diferentes: a) la reacción que trabaja $CO(g) + 2 H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$ en la Fig.16.1 señala: <i>el metanol se considera seriamente como combustible alternativo de la gasolina (p.627)</i> ; b) las unidades en que se mide la composición son macroscópicas (1 mol)</p> <p>Se presenta el gráfico como una composición de tres gráficos cartesianos dónde cada uno representa una situación inicial diferente; en los gráficos se identifican tres momento: inicio; avance y equilibrio</p> <p>El proceso se “detiene” (aprox. Macro) aparentemente antes que la reacción se complete, lo que conduce a tener una mezcla de reactivos y productos</p> <p>La composición de los sistemas, que se inician en composiciones molares diferentes, en el equilibrio la composición de los tres sistemas también es diferente</p>

		T	Fig	SIGNIFICADOS
Naturaleza de los	MICROSCÓPICOS	Brown	15.3	No hace referencia a la situación microscópica para la estructura se hace referencia a la visión microscópica desde la aproximación cinética lo cual se utiliza para caracterizar al equilibrio químico como dinámico, es decir la aparente situación de no cambio macroscópico no tiene correspondencia en el nivel microscópico.
			15.6	Se hace referencia a la situación microscópica a través de la estructura de las sustancias que intervienen en la reacción y la incorporación de los coeficientes estequiométricos que tendrán importancia clave para escribir las constantes de equilibrio; la expresión matemática de la K_e depende de la estequiometría. El sistema que estudia es $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$, y la referencia a la estructura de las sustancias que intervienen en la reacción se plantea desde los símbolos (en forma de ecuación), y desde los modelos en la Fig. 15.4 (p.579) en la que se presenta un modelo de ball-stick para esta reacción en el contexto de presentar la importancia del amoníaco para la agricultura (intertextualidad), sin embargo no se remite al lector a esa representación de la reacción

		15.7	<p>Se hace referencia a la situación microscópica a través de la estructura de las sustancias que intervienen en la reacción y la incorporación de los coeficientes estequiométricos que tendrán importancia clave para escribir las constantes de equilibrio. La expresión de la constante de equilibrio depende únicamente de la estequiometría de la reacción, no de su mecanismo (p.580)</p> <p>El sistema que se estudia es $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$.</p> <p>Sin embargo para el autor parece importante establecer la relación macro-micro pues esta reacción en particular la trabaja en la introducción con dos representaciones pictóricas: a) Fig. 15.1 (p. 576) en que a través del título establece la relación: Estructura de las moléculas de N_2O_4 y el NO_2. Ambas sustancias son gases a temperatura ambiente y presión atmosférica. El tetróxido de dinitrógeno (N_2O_4) es incoloro en tanto que el dióxido de nitrógeno (NO_2) es de color pardo rojizo. Las moléculas se interconvierten con facilidad: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$. Relacionando claramente propiedades microscópicas y macroscópicas de los gases (color). b) Fig. 15.2 (p. 576) en que de manera gráfica muestra b.1) relación entre estructura y propiedades físicas y b.2) avance de reacción y correspondiente representación de las estructuras.</p> <p>El autor busca establecer una relación entre la situación de no cambio macroscópico (asociado a no cambio del color a partir de un valor de tiempo) con la representación de las moléculas que intervienen en el sistema que es lo que explica la propiedad de ser un equilibrio dinámico.</p>
	Chang	14.2	<p>La referencia microscópica se da fundamentalmente desde la estructura de las sustancias que participan en la reacción por lo que utiliza el recurso de la intertextualidad utilizando la Fig. 14.1 (p. 560) en la que se presenta la reacción con representaciones ball-stick . La reacción estudiada es $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$.</p> <p>Se hace referencia, aunque no de manera explícita, a la visión microscópica desde la aproximación cinética lo cual se utiliza para caracterizar al equilibrio químico como dinámico, es decir la aparente situación de no cambio macroscópico no tiene correspondencia en el nivel microscópico. Donde las moléculas continúan intercambiando.</p> <p>Sin embargo, establece una analogía con el equilibrio mecánico, El equilibrio químico es un proceso dinámico. Puede considerarse análogo al movimiento de los esquiadores en un centro de esquí repleto de personas, donde el número de esquiadores que asciende por el teleférico es igual al que desciende, aunque hay un acarreo constante de esquiadores, la cantidad de personas que sube la cima y al que desciende no cambia. (p.560)</p>
	Petrucci	16.3	<p>Se hace referencia a la situación microscópica a través de la estructura de las sustancias que intervienen en la reacción y la incorporación de los coeficientes estequiométricos que tendrán importancia clave para escribir las constantes de equilibrio. Se presenta referencia a lo microscópico desde la representación simbólica $CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$.</p> <p>Se hace referencia a la visión microscópica desde la aproximación cinética lo cual se utiliza para caracterizar al equilibrio químico como dinámico, es decir, la aparente situación de no cambio macroscópico no tiene correspondencia en el nivel microscópico. Con el propósito de hacer evidente que la reacción en lo microscópico no “para” recurre a la intertextualidad y presenta la Fig. 16.2 (p. 628) cuyo título es Ilustración del equilibrio dinámico.</p>

✓ Comunidad de Discurso: Presentacional, Situacional, Intertextual y Sintagmático

		TEX TO Fig.	SIGNIFICADOS	
COMUNIDAD DE DISCURSO	Paradigmático	Brown	15.3	<p>Se presenta explícitamente una aproximación cinética para definir equilibrio la situación de equilibrio (velocidades iguales). Imaginemos una reacción simple en fase gaseosa, $A(g) \rightarrow B(g)$, donde tanto esta reacción como su inversa, $B(g) \rightarrow A(g)$, son procesos elementales</p> <p>“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.” (p.)</p> <p>✓ Describe el equilibrio en términos macro:</p> <p>a) Concentraciones, o presiones parciales, que no cambian a partir de un cierto instante de tiempo.</p> <p>b) Estas propiedades macroscópicas, se relacionan con propiedades observables del sistema, como el hecho que colores no cambian a partir de ese instante de tiempo, en la reacción de descomposición del N_2O_4, y en este caso con el hecho que las Parciales no cambian. Esta situación macro se relaciona al hecho que:</p> <p>c) Las velocidades de la reacción directa se iguala a la de la reacción inversa:</p> <p>En el equilibrio, la velocidad a la que se forman productos a partir de reactivos es igual a la velocidad a la que se forman reactivos a partir de productos.</p> <p>✓ Condiciones</p> <p>Se establecen las condiciones en que funcionará el modelo: el sistema es un sistema cerrado. Se trabaja con sistemas gaseosos(ideales):</p> <p>✓ Requisitos para representación simbólica:</p> <p>No se especifican se introduce la doble flecha en el título de la gráfica</p>

COMUNIDAD DE DISCURSO	Situacional	Brown	15.3	<p>Fig. 15.3 (a) El título ayuda a la construcción del significado (intertextualidad): “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)]. ✓ La reacción comienza solo con reactivo en el recipiente A, $P_A = P_{A_0}$, $P_B = 0$. (a) La reacción del compuesto puro A, con presión parcial inicial P_{A_0}. ✓ El producto, B, se forma en la medida que la reacción avanza por lo que $P_B > 0$; ✓ Un sistema homogéneo alcanza el equilibrio cuando las concentraciones (o las presiones parciales) se mantienen constantes a través del tiempo, ✓ Situación a la que se llega cuando la velocidad de la reacción directa se iguala a la de la reacción inversa.</p> <p>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 $k_i(P_B/RT)$ se han igualado.</p> <p>Se establecen las condiciones en que funcionará el modelo: el sistema es un sistema cerrado. Se trabaja con sistemas gaseosos(ideales): ✓ Requisitos para representación simbólica: No se especifican se introduce la doble flecha en el título de la gráfica</p>		
				Petrucci	16.3	<p>✓ Se presenta explícitamente una aproximación cinética para definir equilibrio la situación de equilibrio (velocidades iguales) Llega un momento en que las reacciones directas e inversa transcurren a la misma velocidad y la mezcla de reacción alcanza una situación de equilibrio dinámico que puede representarse mediante una doble flecha (p. 629) Concentraciones, o presiones parciales (nivel macro), que no cambian a partir de un cierto instante de tiempo (al llegar al equilibrio) ✓ Conexión entre el gráfico y la constante: Se presenta explícitamente a partir de la intertextualidad: (R lingüística, p. 629) Aunque no es obvio partir de una inspección superficial de los datos, una determinada razón de las concentraciones de equilibrio de los productos y reactivos tiene un valor constante, independientemente de cómo se haya alcanzado el equilibrio. Esta razón, que tiene un papel central en el estudio del equilibrio químico, puede deducirse teóricamente, pero también puede establecerse por tanteo. En la tabla 16.2 se indican tres intentos... esta razón se denomina expresión de la constante de equilibrio y su valor numérico es la constante de equilibrio, representada mediante el símbolo K_c. Se complementa con la R gráfica de la Tabla 16.2 en la que se prueban diferentes relaciones sólo para la tercera relación se mantiene constante la razón (p-630) . los datos de las tablas son hipotéticos</p>
				Chang	14.2	<p>Se presenta explícitamente una aproximación cinética para definir equilibrio la situación de equilibrio (velocidades iguales), pero principalmente se presenta una aproximación macroscópica desde la REL fundamentada en el cambio de color de los reactivos y productos: El avance de la reacción, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$, puede seguirse con facilidad ya que el N_2O_4 es un gas incoloro, mientras el NO_2 tiene un color café oscuro que lo hace visible en el aire contaminado (p.560). ... el cambio de color ya no se observa porque las dos velocidades son iguales: ... El no cambio en el color se conecta con no cambio en las Concentraciones, (nivel macro) que no cambian a partir de un cierto instante de tiempo, a través del gráfico 14.2 y la Tabla 14.1. que se relacionan en lo microscópico con velocidades iguales (Las velocidades de la reacción directa se iguala a la de la reacción inversa) esta conexión es muy débil</p>
				15.6	<p>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: $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$. Esta reacción es la base del proceso de Haber para sintetizar amoníaco. Constante de Equilibrio El proceso de Haber consiste en combinar N_2 y H_2 en un tanque de alta presión a una presión total de varios cientos de atmósferas, en presencia de un catalizador, y a una temperatura de varios cientos de grados Celsius. En estas condiciones los dos gases reaccionan para formar amoníaco, pero no se consumen totalmente ni el N_2 ni el H_2. Lo que ocurre es que en cierto punto la reacción parece detenerse, con los tres componentes de reacción presentes al mismo tiempo. En la Fig. 15.6(a) se muestra la forma en cómo varían con el tiempo las concentraciones de N_2, H_2 y NH_3. La situación es análoga a la que se muestra en la Fig. 15.3a. las cantidades relativas de N_2, H_2 y NH_3 que hay en el equilibrio no dependen de la cantidad de catalizador presente, pero sí de las cantidades relativas de N_2 y H_2 al inicio de la reacción. Además, si en el tanque sólo se pone amoníaco en las mismas condiciones, se forma una mezcla en equilibrio de N_2, H_2 y NH_3. En la Fig. 15.6 (b) se muestra la variación de las presiones parciales en función del tiempo en esta situación. En el equilibrio, las presiones parciales relativas de N_2, H_2 y NH_3 son las mismas, independientemente de que la mezcla inicial haya sido una relación molar 3:1 de H_2 y N_2, o bien, NH_3 puro. La condición de equilibrio se alcanza en uno u otro sentido. ✓ Describe el equilibrio en términos macro: a) Presiones parciales, que no cambian a partir de un cierto instante de tiempo. b) Presencia de un catalizador c) Proporcionalidad entre presiones y concentración Las velocidades de la reacción directa se iguala a la de la reacción inversa ✓ Condiciones Se establecen las condiciones en que funcionará el modelo: sistema cerrado, gases ideales, comienza a darse importancia de la situación particular: reacción, estequiometría</p>	
15.7	<p>Se reafirma: ✓ Describe el equilibrio en términos macro: a) Presiones parciales de NO_2, que no cambian a partir de un cierto instante de tiempo aunque se parte de diferentes estados iniciales. Experimento 3 al inicio se tiene dióxido mientras en experimento 4 al inicio no hay dióxido. b) A partir de un cierto tiempo aunque los estados iniciales son diferentes se igualan las presiones parciales de NO_2 ✓ Condiciones: Se cumplen las condiciones en que funciona el modelo: sistema cerrado, gases ideales, temperatura constante (100 °C, en la Tabla) la reacción que se analiza es : $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ especificando la estequiometría Se introduce la dependencia de la K_c de la temperatura. La expresión de la constante de equilibrio depende únicamente de la estequiometría de la reacción, no de su mecanismo (p.580) El valor de la constante de equilibrio a cualquier temperatura dada no depende de las cantidades iniciales de reactivos y productos. Tampoco importa si están presentes otras sustancias, en tanto estas no reaccionen con un reactivo o producto. El valor de la constante de equilibrio varía sólo con la temperatura</p>					

		15.6	<p>Se presenta el avance de un sistema químico real, la síntesis del amoníaco a partir de nitrógeno e hidrógeno, $N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$. Hacia un estado de equilibrio desde dos situaciones iniciales diferentes.</p> <p>Fig. 15.6 (a) El título ayuda a la construcción del significado (intertextualidad)</p> <p>(a) Aproximación al equilibrio a partir de H_2 y N_2 en proporción 3:1.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La reacción comienza solo con reactivos en el recipiente N_2 e H_2; $P_{N_2 \text{ inicial}} < P_{H_2 \text{ inicial}}$, $\neq 0$ disminuyen al avanzar la reacción hacia el equilibrio; $P_{NH_3 \text{ inicial}} = 0$ aumenta al avanzar al equilibrio ✓ Un sistema homogéneo alcanza el equilibrio cuando las concentraciones (o las presiones parciales) se mantienen constantes a través del tiempo, <p>(b) Aproximación al equilibrio a partir de NH_3</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La reacción comienza solo con reactivos en el recipiente N_2 e H_2 $P_{N_2 \text{ inicial}} = P_{H_2 \text{ inicial}} = 0$, aumenta al avanzar hacia el equilibrio $P_{NH_3 \text{ inicial}} > 0$ disminuye al avanzar hacia el equilibrio. <p>La representación lingüística complementa el significado, utilizando como recurso la intertextualidad.</p> <p>En estas condiciones los dos gases reaccionan para formar amoníaco, pero no se consumen totalmente ni el N_2 ni el H_2. Lo que ocurre es que en cierto punto la reacción parece detenerse, con los tres componentes de reacción presentes al mismo tiempo.</p> <p>Además, si en el tanque sólo se pone amoníaco en las mismas condiciones, se forma una mezcla en equilibrio de N_2, H_2 y NH_3.</p> <p>En la Fig. 15.6 (b) se muestra la variación de las presiones parciales en función del tiempo en esta situación. En el equilibrio, las presiones parciales relativas de N_2, H_2 y NH_3 son las mismas, independientemente de que la mezcla inicial haya sido una relación molar 3:1 de H_2 y N_2, o bien, NH_3 puro. <i>La condición de equilibrio se alcanza en uno u otro sentido.</i></p> <p>Se establecen las condiciones en que funcionará el modelo: sistema cerrado, gases ideales, comienza a darse importancia de la situación particular: reacción, estequiometría</p>
		15.7	<p>Se estudia un sistema químico que avanza al equilibrio desde dos situaciones iniciales diferentes, pero la representación es de la presión parcial del producto.</p> <p>Se cumplen las condiciones en que funciona el modelo: sistema cerrado, gases ideales, temperatura constante (100 °C, en la tabla) la reacción que se analiza es: $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ especificando la estequiometría</p> <p>Destacando el hecho que, en este caso, se tiene la misma composición en el equilibrio 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); 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>
	Chang	14.2	<p>Se estudia un sistema químico que avanza al equilibrio. Se utiliza el texto y el título para que el lector pueda establecer la relación Situación-Representación: El avance de la reacción, $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$, puede seguirse con facilidad ya que el N_2O_4 es un gas incoloro, mientras el NO_2 tiene un color café oscuro que lo hace visible en el aire contaminado (p.560). El gráfico no ayuda a establecer esta relación porque al ser abstracto (sin escalas ni unidades) no permite establecer relaciones de cantidad ni equipos, ni dimensiones macro o micro; debe inferirse que se trata de escalas macroscópicas.</p> <p>La composición de tres gráficos (a, b, c) permite estudiar el sistema en tres condiciones iniciales diferentes y cómo evoluciona el sistema al equilibrio desde cada una de ellas,</p> <p>del gráfico solo se infieren tendencias, vemos que se suple esta carencia presentando los valores de la Tabla 14.1 que suponemos son valores hipotéticos; al examinar estos valores las unidades de concentración son de M y las cantidades son macroscópicas. En la misma tabla se establecen la condición de Temperatura constante (25°C) lo que complementa el texto... donde K es una constante para la reacción en equilibrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ a 25 °C. (p.561)....</p> <p>Desde el texto se recuerda la naturaleza dinámica del equilibrio: es importante recordar que en el equilibrio, las conversiones de N_2O_4 a NO_2 y de NO_2 a N_2O_4 continúa ocurriendo. El cambio de color ya no se observa porque las dos velocidades son iguales... (p.560)</p>
	Petrucchi	16.3	<p>Se presenta el avance de un sistema químico real, la síntesis del metanol a partir de Monóxido de carbono e hidrógeno: $CO(g) + 2 H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$. Este sistema avanza al estado de equilibrio desde tres situaciones iniciales diferentes</p> <p>Se busca establecer una relación con la situación experimental al establecer claramente las condiciones experimentales en que se realiza la reacción matraz de 10 L a 438 K...(p.629),</p> <p>La composición de tres gráficos (a, b, c) permite estudiar el sistema en tres condiciones iniciales diferentes y cómo evoluciona el sistema al equilibrio desde cada una de ellas,</p> <p>En las condiciones siempre se parte de 1 mol del componente presente y la composición del sistema en equilibrio es diferente</p>

COMUNIDAD DE DISCURSO	Intertextual	Brown, Chang, Petrucci 15.3; 15.6; 15.7; 14.2; 16.3	<p>Utiliza diferentes recursos que el lector debe usar de manera simultánea: texto-gráfico-tabla para atribuir significados</p> <p>Se construye combinando recursos textuales y no-textuales de diferentes tipos como: títulos, subtítulos, etiquetas, contribuyen a identificar el contexto paradigmático y situacional.</p> <p>En los otros aparte hemos incluido los recursos que consideramos de utilidad para la comprensión del discurso</p> <p>Desde los títulos y los contenidos los que nos parecen relevantes los hemos destacados en azul</p>
------------------------------	--------------	--	--

COMUNIDAD DE DISCURSO Sintagmático	Br ow n	15.3	<p>Textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Son de diferentes tipos, títulos, subtítulos, etiquetas, contribuyen a identificar el contexto paradigmático y situacional. ✓ <i>Constituyen recursos para la presentación de contenidos</i> <p>No textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Espacio</i> tipo bidimensional en que se privilegia la textualización matemática en términos de tendencias entre dos variables en este caso [A] y [B] en función del tiempo en el gráfico b las variables son velocidad directa vs tiempo y velocidad inversa vs tiempo. ✓ <i>Escalas y unidades</i>: no especificadas, la manera de textualizar es a través de la matemática ✓ <i>Puntos</i>: al no especificar las escalas y unidades no se puede reconocer valores de concentración o velocidad en un instante de tiempo ✓ <i>Líneas</i>: permite sintetizar las tendencias aumenta, disminuye, se mantiene constante. Se utiliza una línea punteada para destacar en tiempo en que se alcanza el equilibrio. ✓ <i>Colores</i>: para diferenciar entre el reactivo y el producto se utilizan diferentes colores, así como una región coloreada <p>Rojo: para concentración de reactivo y velocidad directa Azul: para la concentración de producto y velocidad inversa Área derecha línea de puntos indica la región que corresponde a la situación de equilibrio (en que las concentraciones no cambian y las velocidades se igualan). (función orientación)</p>
		15.6	<p>Textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Son de diferentes tipos, títulos, subtítulos, etiquetas, contribuyen a identificar el contexto paradigmático y situacional. ✓ <i>Constituyen recursos para la presentación de contenidos</i> <p>No textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Espacio</i> tipo bidimensional en que se privilegia la textualización matemática en términos de tendencias entre PN_2, PH_2 y PNH_3, en función tiempo, <i>t</i> en situaciones diferentes (a) Reactivos a Producto y (b) Producto a Reactivos ✓ <i>Escalas y unidades</i>: no especificadas, la manera de textualizar es a través de la matemática ✓ <i>Puntos</i>: al no especificar las escalas y unidades no se puede reconocer valores de presión parcial en un instante de tiempo ✓ <i>Líneas</i>: permite sintetizar las tendencias aumenta, disminuye, se mantiene constante. Se utiliza una línea punteada para destacar en tiempo en que se alcanza el equilibrio. ✓ <i>Colores</i>: para diferenciar entre los reactivos y el producto se utilizan diferentes colores, <p>Azul y verde: para concentración de los reactivos en las dos situaciones representadas Rojo : para la concentración de producto Área derecha línea de puntos indica la región que corresponde a la situación de equilibrio (en que las concentraciones no cambian y las velocidades se igualan). (función orientación)</p>
		15.7	<p>Textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Son de diferentes tipos, títulos, subtítulos, etiquetas, contribuyen a identificar el contexto paradigmático y situacional. En este caso se complementa con la Tabla 15.1 ✓ <i>Constituyen recursos para la presentación de contenidos</i> <p>No textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Espacio</i> tipo bidimensional en que se privilegia la textualización matemática en términos de tendencias entre dos variables en este caso PNO_2 en función del tiempo <i>Escalas y unidades</i>: se especifica como unidad de presión las atm , dos maneras de textualizar a) tendencia desde las expresiones matemáticas; b) valores en puntos dados ✓ <i>Puntos</i>: al especificar las escalas y unidades se puede reconocer valores de presión de producto en un instante de tiempo ✓ <i>Líneas</i>: permite sintetizar las tendencias aumenta, disminuye, se mantiene constante que destaca el tiempo en que se alcanza el equilibrio. ✓ <i>Colores</i>: para diferenciar entre experimento 3 y experimento 4 se utilizan diferentes colores, <p>Rojo: para presión del dióxido en experimento 3 se usa el color Azul para experimento 4: Cuadrícula permite identificar la región en que se establece el equilibrio (función orientación)</p>
		14.2	<p>Textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Son de diferentes tipos, títulos, subtítulos, etiquetas, contribuyen a identificar el contexto paradigmático y situacional. En este caso se complementa con la Tablas 14.1 (p.561) ✓ <i>Constituyen recursos para la presentación de contenidos</i> <p>No textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Espacio</i> tipo bidimensional en que se privilegia la textualización matemática en términos de tendencias entre dos variables en este caso concentración NO_2 (línea negra) en función del tiempo y concentración N_2O_4 (línea azul) vs tiempo. ✓ <i>Escalas y unidades</i>: no especifica unidad de concentración ni tiempo aunque en el gráfico se trabaja con Molaridad, una manera de textualizar a) tendencia desde las expresiones matemáticas. ✓ <i>Puntos</i>: al no especificar las escalas y unidades no se puede reconocer valores de concentración de cualquiera de los componentes en un instante de tiempo ✓ <i>Líneas</i>: permite sintetizar las tendencias aumenta, disminuye, se mantiene constante que destaca el tiempo en que se alcanza el equilibrio. ✓ <i>Colores</i>: para diferenciar componentes se utilizan diferentes colores, azul para dióxido y negro para el tetróxido. <p>Cada gráfico a su vez está dividido en dos regiones sombreadas: una gris y una azul: las cuales permiten identificar inicio y avance (azul) y región en que se establece el equilibrio la gris (función orientación)</p>
Petrucci	16.3	<p>Textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Son de diferentes tipos, títulos, subtítulos, etiquetas, contribuyen a identificar el contexto paradigmático y situacional. En este caso se complementa con las Tablas 16.1 (p. 629) y 16.2 (p.630) ✓ <i>Constituyen recursos para la presentación de contenidos</i> <p>No textuales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ <i>Espacio</i> tipo bidimensional en que se privilegia la textualización matemática en términos de tendencias entre dos variables en este caso moles de reactivos y productos en función del tiempo, para identificar los moles de cual componente de recurre a los colores de las líneas: rojo, CO, azul H_2, negro CH_3OH. ✓ <i>Escalas y unidades</i>: se especifica como unidad de cantidad de sustancia los moles, dos maneras de textualizar a) tendencia desde las expresiones matemáticas; b) valores en puntos dados aun cuando no es posible asignar valores a la variable tiempo, es decir se privilegia la textualización por tendencias. ✓ <i>Puntos</i>: al especificar las escalas y unidades se puede reconocer valores de moles de producto y reactivo en un instante de tiempo ✓ <i>Líneas</i>: permite sintetizar las tendencias aumenta, disminuye, se mantiene constante que destaca el tiempo en que se alcanza el equilibrio. ✓ <i>Colores</i>: para diferenciarlos componentes, <p>La zona sombreada permite identificar la región en que se establece el equilibrio (función orientación).</p>	

✓ Emisor: Presentación, Organización, Orientación.

		TEXTO	Fig.	SIGNIFICADOS
EMISOR	Presentación	Brown	15.3	Todos 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
			15.6	
			15.7	
		Chang	14.2	Presentan ejemplos de sistemas en equilibrio y su utilización en la vida cotidiana, por ejemplo el proceso de Haber para producir nitrógeno.
	Petrucci	16.3	Se relaciona la situación de equilibrio con un valor numérico que es constante si se cumplen las 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 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 sobre el hecho que los sistemas que alcanzan el equilibrio, avanzan a él independientemente de las condiciones del sistema al presentar 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, experimento 2 y 3 facilita relación gráfico-situación, entendiendo situación como la situación física, d igual manera se orienta la 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 Tabla 25 se presenta un resumen de los aspectos que considerados más relevantes que se han a partir de la “lectura” de las diferentes representaciones pictóricas, a

A partir del análisis de esta tabla 25 es posible afirmar: a) los autores utilizan el discurso multimodal para definir el concepto de EQ; b) la ciencia real influye en el discurso que construye la ciencia escolar; c) hay una clara relación entre los contenidos que se quieren presentar y las REP que se utilizan, d) los autores utilizan distintas pistas para orientar al lector para realizar el trabajo de lectura.

Tabla 25: Síntesis de resultados

	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		
REPRESENTACIÓN	Cartesiano abstracto ³⁰	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano concreto ³¹	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano abstracto	Cartesiano concreto	Cartesiano concreto	Cartesiano concreto	
TIPOLÓGICOS												
Sistema químico	A ⇌ B		$N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$		$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$			$CO(g) + 2H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$			
$\Delta n_{reacción}$	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_2O_4, NO_2			Moles de CO, H_2, CH_3OH		
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 $P_{A_0} \neq 0$ $P_{B_0} = 0$	Desde el reactivo $\nu_{A_0} \neq 0$ $\nu_{B_0} = 0$	Desde los reactivos N_2, H_2 . $P_{N_2_0} \neq 0$; $P_{H_2_0} \neq 0$; $P_{NH_3_0} = 0$ $P_{N_2_0} \neq P_{N_2_0}$	Desde los productos NH_3 $P_{N_2_0} = P_{N_2_0} = 0$; $P_{NH_3} \neq 0$	Exp.3. desde producto $P_{NO_2_0} \neq 0$ Exp.4. Desde reactivo $P_{NO_2_0} = 0$	Desde el producto, NO_2 $[NO_2]_0 \neq 0$ $[N_2O_4]_0 = 0$	Desde el reactivo, N_2O_4 $[NO_2]_0 = 0$ $[N_2O_4]_0 \neq 0$	Desde reactivo, N_2O_4 y productos, NO_2 $[NO_2]_0 \neq 0$ $[N_2O_4]_0 \neq 0$	Desde los reactivos, CO, H_2 $n_{CO_0} = n_{H_2_0} \neq 0$ $n_{CH_3OH_0} = 0$	Desde el producto, CH_3OH $n_{CO_0} = n_{H_2_0} = 0$ $n_{CH_3OH_0} \neq 0$	Desde reactivos, CO, H_2 y productos, CH_3OH $n_{CO_0} = n_{H_2_0} = n_{CH_3OH_0} \neq 0$	
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 ←	

³⁰ Representa un modelo matemático se especifican las variables pero no se muestran escalas ni unidades

³¹ Representa un modelo matemático se especifican las variables; se muestran escalas y unidades

	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

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	$\Delta P_A < 0$; (pendiente negat.) $\Delta[A] < 0$ $\Delta P_B > 0$; (pendie. posit.) $\Delta[B] > 0$ hasta t_{eq} a partir t_{eq} $\Delta P_A = \Delta P_B = 0$ P_A y P_B constantes, no son iguales ($P_A \neq P_B$)	$\Delta v_A < 0$; (pendiente negat.) $\Delta v_B > 0$; (pendie. posit.) hasta t_{eq} a partir t_{eq} $\Delta v_A = \Delta v_B = 0$ v_A y v_B constantes e iguales ($v_A = v_B$)	$\Delta P_{N_2} < 0$ $\Delta P_{H_2} < 0$ $\Delta P_{NH_3} > 0$ $\Delta P_{N_2} \neq \Delta P_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta P_{NH_3} = \Delta P_{N_2} = \Delta P_{H_2} = 0$ $P_{NH_3} \neq P_{N_2} \neq P_{H_2} \neq 0$	$\Delta P_{N_2} > 0$ $\Delta P_{H_2} > 0$ $\Delta P_{NH_3} < 0$ $\Delta P_{N_2} \neq \Delta P_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta P_{NH_3} = \Delta P_{N_2} = \Delta P_{H_2} = 0$ $P_{NH_3} \neq P_{N_2} \neq P_{H_2} \neq 0$	Exp.3 $\Delta P_{NO_2} > 0$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta P_{NO_2} = 0$ Exp.4 $\Delta P_{NO_2} < 0$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta P_{NO_2} = 0$ En Equilibrio $P_{NO_2} \text{ Exp.3} = P_{NO_2} \text{ Exp.4}$	$\Delta[N_2O_4] > 0$ $\Delta[NO_2] < 0$ $\Delta[N_2O_4] \neq n_{CO} \neq \Delta[NO_2]$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta[N_2O_4] = \Delta[NO_2] = 0$ $[N_2O_4] \neq [NO_2] \neq 0$	$\Delta[N_2O_4] < 0$ $\Delta[NO_2] > 0$ $\Delta[N_2O_4] \neq \Delta[NO_2]$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta[N_2O_4] = \Delta[NO_2] = 0$ $[N_2O_4] \neq [NO_2] \neq 0$	$\Delta[N_2O_4] > 0$ $\Delta[NO_2] < 0$ $\Delta[N_2O_4] \neq \Delta[NO_2]$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta[N_2O_4] = \Delta[NO_2] = 0$ $[N_2O_4] \neq [NO_2] \neq 0$	$\Delta n_{CO} < 0$ $\Delta n_{H_2} < 0$ $\Delta n_{CH_3OH} > 0$ $\Delta n_{CO} \neq \Delta n_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta n_{CO} = \Delta n_{H_2} = \Delta n_{CH_3OH} = 0$ $n_{CO} \neq n_{H_2} \neq n_{CH_3OH} \neq 0$	$\Delta n_{CO} > 0$ $\Delta n_{H_2} > 0$ $\Delta n_{CH_3OH} > 0$ $\Delta n_{CO} \neq \Delta n_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta n_{CO} = \Delta n_{H_2} = \Delta n_{CH_3OH} = 0$ $n_{CO} \neq n_{H_2} \neq n_{CH_3OH} \neq 0$	$\Delta n_{CO} > 0$ $\Delta n_{H_2} > 0$ $\Delta n_{CH_3OH} < 0$ $\Delta n_{CO} \neq \Delta n_{H_2}$ Hasta t_{eq} <i>En Equilibrio</i> $\Delta n_{CO} = \Delta n_{H_2} = \Delta n_{CH_3OH} = 0$ $n_{CO} \neq n_{H_2} \neq n_{CH_3OH} \neq 0$
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 α 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
			B	c	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 ₂ O ₄ (g) ⇌ 2NO ₂ (g) N ₂ O ₄ (g) ⇌ 2NO ₂ (g) CO (g) + 2 H ₂ (g) ⇌ CH ₃ OH (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

V-B. RESULTADOS ASOCIADOS AL PROCESO DE LECTURA INTERPRETACIÓN Y COMPRENSIÓN

En este aparte, se presentan los resultados del trabajo realizado con el propósito de:

1. Determinar la influencia que ejerce:
 - a) El texto multimodal (Representaciones Externas Lingüísticas (REL) + Representaciones Externas Pictóricas (REP) tipo fotografía (F), gráfico cartesiano (GC) y tabla (T) sobre el reconocimiento del contexto paradigmático y el contexto situacional al construir una REL.
 - b) La REL sobre el reconocimiento del contexto paradigmático y el contexto situacional al construir diferentes tipos de REPs, en particular las del tipo dibujo (D), diagrama de estructura (DE), GC y T.
 - c) El texto multimodal (REL y REL+REPs tipo F y T) sobre el reconocimiento del contexto paradigmático y el contexto situacional al construir una REP tipo GC.
2. Uso de recursos semióticos en la construcción de REP tipo GC.

Con el propósito de facilitar la lectura de los resultados se organizan las respuestas de los estudiantes en tres grupos:

1. **La construcción de los modelos conceptuales.** Aspectos paradigmáticos asociados a la construcción de las respuestas, con la intención de indagar:
 - a. **Uso del lenguaje formal:** aspectos simbólicos de tipo Lingüística-Matemática;
 - b. **Descripción fenomenológica:** aspectos macroscópicos asociados al reconocimiento de propiedades físicas como color, concentración, estado.
 - c. **Búsqueda de Explicaciones:** aspectos microscópicos cualitativos (velocidad de reacción y número de partículas).
2. **La relación Representación-Situación física:** los aspectos situacionales asociados a la construcción de las respuestas:
 - a. **Descripción fenomenológica:** aspectos macroscópicos cualitativos.
 - b. **Las explicaciones:** aspectos microscópicos cualitativos.
3. **Uso de recursos semióticos** para la construcción de REP.

La presentación de los resultados se ha organizado de manera que permitan comparar las cohortes³² 2006 y 2007. Según este criterio, si las condiciones en que se realizó la tarea implica partir de un texto en que se insertó una fotografía, un GC y una tabla, los resultados aparecerán en el orden siguiente: Fotografía 2006/Fotografía 2007, GC 2006/GC 2007 y así los diferentes casos a analizar.

Los resultados se trabajan en cinco (5) grupos:

³² Las cohortes se identifican con el año en que se registraron los datos.

Grupo A: Influencia del texto multimodal sobre la construcción de R. Lingüística. Se analiza la construcción de una REL a partir de lectura-interpretación-comprensión (L/I/C) de: REL + REP-F; REL + REP-GC y REL + REP-T. Cohortes 2006 y 2007.

Grupo B: Influencia del texto multimodal sobre la construcción de un gráfico cartesiano (GC).

Se analiza la construcción de una REP tipo GC a partir de la L/I/C de tres representaciones diferentes: a) REL, b) REL + REP-F y c) REL + REP-T. Cohortes 2006 y 2007.

Grupo C: Influencia de la REL sobre la construcción de REPs de diferente formato (dibujo, diagrama de estructura, gráfico cartesiano y tabla).

Se estudia analizando la construcción de una a) REL + REP-F; REL + REP-GC y c) REL + REP-T a partir de lectura REL. Cohortes 2006 y 2007.

Grupo D: Influencia del texto multimodal sobre la construcción de un Dibujo.

Se analiza la construcción de una REP tipo Dibujo a partir de la L/I/C de: a) una REL, b) una REL + REP-GC y c) una REL + REP-T. Cohortes 2006 y 2007.

Grupo E: Influencia del texto multimodal sobre la construcción de una Tabla.

Se analiza la construcción de una REP tipo Tabla a partir de lectura de: a) REL y b) REL + REP-F. Cohortes 2006 y 2007.

V-B.1. GRUPO A: INFLUENCIA DEL TEXTO MULTIMODAL SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESENTACIÓN LINGÜÍSTICA.

En este primer grupo se estudia las características de las REL construidas por los estudiantes a partir de la lectura-interpretación-comprensión de una REL + REP. Analizamos las respuestas a tres textos diferentes: a) REL +REP-(F, DE); b) REL +REP-GC; c) REL +REP-T.

Focalizamos nuestra atención en el uso de:

1. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Las representaciones simbólicas lingüísticas-matemáticas utilizadas comúnmente para construir el lenguaje formal sobre EQ. **Los resultados se reportan en el aparte A.1**
 - b) Los sistemas de representación macroscópicas. **Resultados en A.2.**
 - c) Los sistemas de representación microscópicas. **Resultados en A.3.**
2. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - d) Los sistemas de representación macroscópicas. **Resultados en A.4.**
 - e) Los sistemas de representación microscópicas. **Resultados en A.5.**

A continuación las características de las tareas que se proponen realizar a partir de la lectura del texto y como estas tareas se concretan en forma de preguntas, el texto completo se encuentra en el capítulo del Marco Metodológico.

Propósito	Tarea / Operación Propuesta	Preguntas:
Ver cambios en la construcción de la REL que describe la descomposición del N ₂ O ₄ al incorporar en el texto diferentes tipos de REP.	<p>✓ Tarea</p> <p>A partir de la lectura de la REL + REP (F,G C, T) construir una REL que les permita “describir con sus palabras el experimento”</p> <p>✓ Operaciones</p> <p>1. CONSTRUIR, que implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Registrar lecturas ✓ Capturar información ✓ Transformar una representación en otra diferente <p>2. INTERPRETAR</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Generar el significado de una REP ✓ Dar sentido al fenómeno, concepto o datos representados por la REP 	<p>Se comparan las respuestas a las preguntas 2.1; 3.1; 4.1</p> <p>2.1: REL + REP-(F, DE)</p> <p>Describe con tus palabras el experimento que se realiza y que se describe en la Figura 1.</p> <p>3.1: REL + REP-GC</p> <p>Describe con tus palabras el experimento que se realiza, en un nivel macroscópico, y que se describe en el texto más la Figura 1(a).</p> <p>4.1: REL + REP-T</p> <p>Describe con tus palabras el experimento que produce los resultados indicados en el experimento 1 y que está registrado en la Tabla 1.</p>

En este grupo se estudia:

Construcción de una REL a partir de REL + REP-F; REL+REP-GC y REL+REP-T. COHORTES 2006 Y 2007 con el propósito de describir un experimento.

Se realiza el análisis según criterio paradigmático-categorías: lingüística-matemática; propiedad física; velocidad de reacción-partículas y criterio situacional- categorías descripción; explicación.

Seguidamente, exponemos los resultados del:

ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DADAS POR LOS ESTUDIANTES A LAS PREGUNTAS 2.1 (REL +REP-F) /3.1 (REL +REP-GC)/ 4.1 (REL +REP-T)³³. Las respuestas se organizan en los subgrupos A.1, A.2; A.3, A.4 y A.5

A continuación, en el grupo A.1., se presentan las respuestas a las preguntas que permiten examinar el uso que hacen los estudiantes de las representaciones lingüísticas-matemáticas

³³ Los Textos completos se encuentran en el capítulo de metodología

A.1. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA DE TIPO LINGÜÍSTICA-MATEMÁTICA.

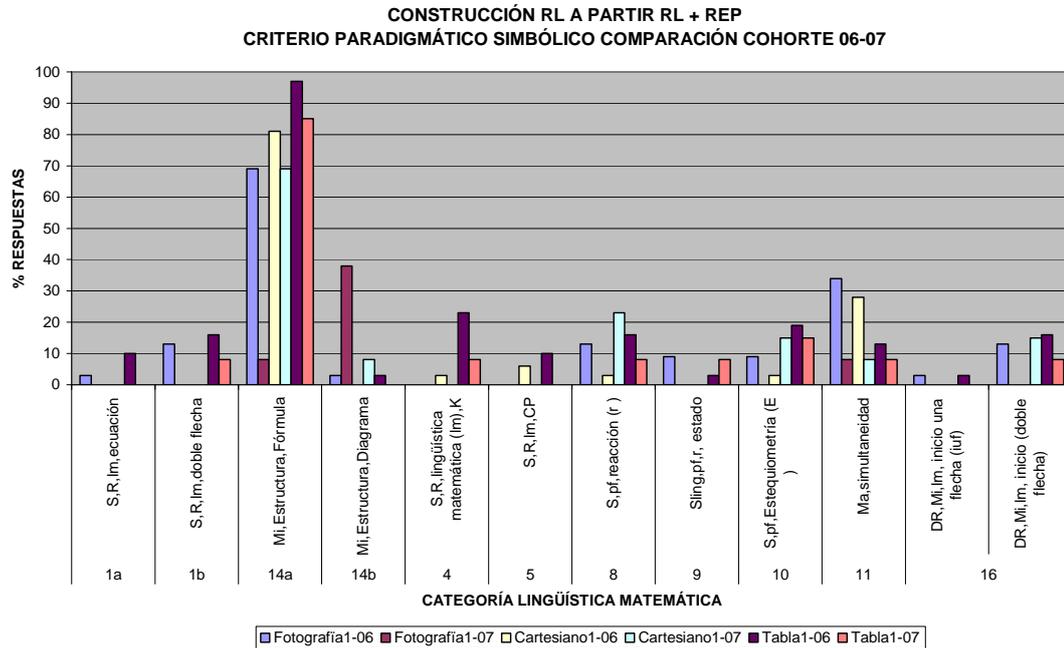


Figura 40: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA). Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación simbólica. Comparación cohortes 2006 (N= 32) y 2007 (N= 13)

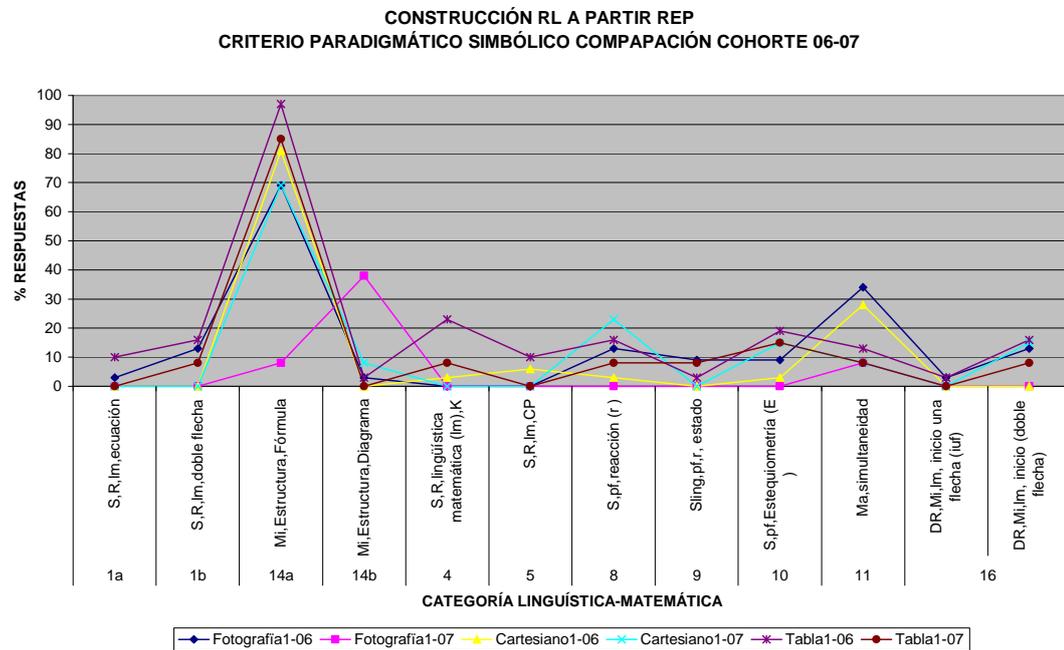


Figura 41: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA). Aspectos Paradigmáticos Asociados Al Sistema De Representación Simbólica. Comparación. Cohortes 2006 (N= 32) -2007 (N= 13)

USO DEL LENGUAJE FORMAL: *Las Representaciones simbólicas de tipo lingüísticas-matemáticas utilizadas para la representación de los estados de equilibrio.*

En este grupo se propone como tarea a los estudiantes construir un REL que les permita describir el experimento que se realiza. La tarea debe realizarse a partir de la Lectura/Interpretación/Comprensión (L/I/C) de un texto multimodal constituido por: a) REL + REP-F, b) REL + REP-GC y c) REL + REP-T.

A partir de estos resultados nos proponemos indagar el efecto que sobre la construcción de una representación lingüística ejerce suministrar un texto multimodal en el que se insertan diferentes REPs (F, GC y T).

Se estudian los aspectos formales del lenguaje químico. En particular, el lenguaje utilizado para construir el discurso sobre Equilibrio Químico (EQ), es decir, las representaciones lingüísticas-matemáticas utilizadas por los estudiantes para construir una REL sobre EQ. Nos referimos al uso formal del lenguaje simbólico en este contexto particular, en el que los símbolos asumen significados específicos para representar:

- a) Las sustancias que intervienen en el proceso mediante fórmulas químicas: **categoría 14a.**
- b) El proceso de cambio mediante ecuaciones químicas: **categoría 1a y 8.**
- c) La estequiometría dada la dependencia de la constante de los coeficientes estequiométricos: **categoría 10.**
- d) El estado de las sustancias que intervienen: **categoría 9.**
- e) La reversibilidad de las reacciones en situación de equilibrio: uso de flechas y dobles flechas para diferenciar reacciones que transcurren hasta completarse o reacciones que alcanzan equilibrio: **categorías 1b y 16b.**

Estos aspectos confieren al lenguaje químico un carácter formal que permite describir los sistemas en estado de equilibrio. Resaltan los siguientes resultados para las categorías establecidas (Tabla 26)

Tabla 26: Construcción REL a partir REL+REPs en diferentes formatos. Criterio Paradigmático-Simbólico. Comparación Cohortes 2006-2007

Representación simbólica tipo Lingüística-Matemática		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			F	GC	T	F	GC	T
R. Sustancias	Fórmula	14a	Alto(superior 60) % respuestas correctas, bajo valor de F-2007					
			69	81	97	8	69	85
	Diagrama Estructura	14b	Bajo(menor 30%) % respuestas correctas					
			3	0	3	38	8	0
R. Reacción	Reacción	1a	Bajo % respuestas correctas					
		8	3	0	10	0	0	0
		8	3	16	13	23	8	
	Estado	9	Bajo % respuestas					
			9	0	3	0	0	8
	Estequiometría	10	Bajo % respuestas					
		9	3	19	0	15	15	
Doble flecha	1b	Bajo % respuestas						
	16 b	13	0	16	0	0	8	
		13	0	16	0	15	8	
R. matemática del EQ	Expresión de la Keq	4	Bajo % respuestas, aunque T-2006 resalta					
			0	3	23	0	0	8
	Concentración-Presión	5	0	6	10	0	0	0

Para el análisis de estos resultados se organizan las categorías en tres grupos: representación del cambio químico, uso de los símbolos, y representación matemática del equilibrio.

1. **Representación del cambio químico expresado como:**

- A. La representación de las *sustancias que intervienen en la reacción a través de la escritura de las fórmulas (categoría 14a).*

Los estudiantes construyen su representación mostrando una alta tendencia a utilizar las fórmulas para expresar las sustancias que intervienen en la reacción, lo cual inferimos a partir de los elevados porcentajes de respuestas ubicadas en la categoría 14a (*%mayores al 69% a excepción de la cohorte 2007, Fotografía para la que tenemos 8%, resultado que no se repite en la misma categoría 14a en los otros grupos para esta cohorte*). Encontramos los porcentajes más altos (97% y 85%) de respuestas correctas en los textos que incluían REL+T; este resultado se repite para ambas cohortes.

Aún cuando el uso de las fórmulas pudiera inducirnos a pensar que los estudiantes se expresan en el nivel microscópico, los resultados no parecen mostrar relación porque los porcentajes de respuestas al usar representaciones de diagramas de estructura son bajos (*categoría 14b -entre 3y8%*). *Un resultado que destaca por lo diferente se encuentra cuando se inicia la tarea a partir de REL+F (cohorte 2007). Para este grupo encontramos un 38% de respuestas que hacen referencia a diagrama de estructura; en este caso la REP-fotografía- incluye en paralelo una serie de DE, mostrando a influencia de las REP; no generalizamos porque estos resultados no se repiten para la cohorte 2006.*

- B. La *representación del proceso: la reacción química (categoría 1a, 8)*³⁴.

En cuanto a la escritura de las reacciones químicas (proceso). Se entiende que las reacciones constituyen una forma de representar los cambios químicos. Los resultados sugieren que los estudiantes conceden poca importancia a la rigurosidad necesaria para que la representación sea la coincidente con la comunidad discursiva, si tenemos en cuenta los bajos porcentajes de respuestas correctas en la *categoría 1a* (0-10%) y la *categoría 8* (0-23%). Estos resultados contrastan con el resultado encontrado para la *categoría 14a*, que se refiere a la escritura correcta de las fórmulas químicas de las sustancias que intervienen en la reacción; resultados que indican la dificultad para representar el proceso, y que son coincidentes con los hallados por otros autores, como Camacho y Good (1989).

En cuanto a la necesidad de especificar la estequiometría y el estado de las sustancias que intervienen, se observa, de igual manera, que no se da la debida importancia si consideramos los resultados de la *categoría 10* (0-20%) y la *categoría 9* (0-9 %). Ambas especificaciones son claves para un adecuado desarrollo del modelo conceptual EQ ya que imponen restricciones a la aplicación de las reglas para escribir la constante de equilibrio, lo cual, es básico para la resolución de los problemas que se plantean como estrategia de enseñanza-aprendizaje.

³⁴ En el caso del equilibrio químico es un requisito fundamental que se especifique tanto la estequiometría (*categoría 10*) como el estado de las sustancias que intervienen (*categoría 9*). Este requisito es impuesto por el modelo conceptual.

Estos resultados coinciden con las afirmaciones de Quílez y SanJosé (1995), que muestran como los estudiantes no prestan atención a las condiciones en que se produce el cambio en el sistema que alcanza el equilibrio y, en consecuencia, es posible afirmar, de manera general, que los estudiantes tienen dificultad para reconocer el significado de los símbolos y la taxonomía Ksp, Ka, Kb, Kc, Kp, (Camacho y Good, 1989; Quílez y SanJosé, 1995, Wheeler y Kass, 1978).

2. **Uso de la simbología** particular para denotar el estado inicial y el estado de equilibrio, expresada con los símbolos \rightarrow (*categoría 16a*) y \rightleftharpoons (*categoría 1b y 16b*) respectivamente.

El análisis de la categoría 16b aporta información respecto al uso de la doble flecha. Se utiliza esta representación para indicar situación de equilibrio. Los resultados muestran las dificultades de los estudiantes para utilizar los símbolos correspondientes: *categoría 16b* (0- 16 %). Nuevamente no se observan diferencias que podamos inferir sean introducidas por la diferencia en la representación pictórica que se introduce.

3. **Representación matemática del equilibrio:** Constante de equilibrio (*categoría 4*).

En general, los estudiantes no hacen referencia a la constante de equilibrio, como se aprecia en los bajos índices de respuestas a la *categoría 4*. El formato REL + REP-T (23%, cohorte 2006), parece ser el que induce con más facilidad a hacer referencia a la expresión de la constante. En la tabla hay una referencia indirecta a la constante. Los valores para el formato REL+REP-T (23%) contrastan con los valores de 0 % y 3% para los formatos REL+REP-F y REL+REP-GC respectivamente. Este efecto encontrado para la cohorte 2006 no se repite para la 2007. La información suministrada en el formato lingüístico no hace referencia de manera explícita a la expresión matemática de la constante de equilibrio; era previsible que los estudiantes hicieran referencia a ella, ya que en el curso de Química es de uso frecuente y las actividades que tradicionalmente se proponen, implican su escritura y uso.

En el siguiente grupo, que hemos identificado como A.2., se resumen los resultados encontrados cuando se examinan las respuestas en los aspectos Paradigmático fijando la atención en las representaciones Macroscópicas, en la categoría propiedad física.

A.2. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO

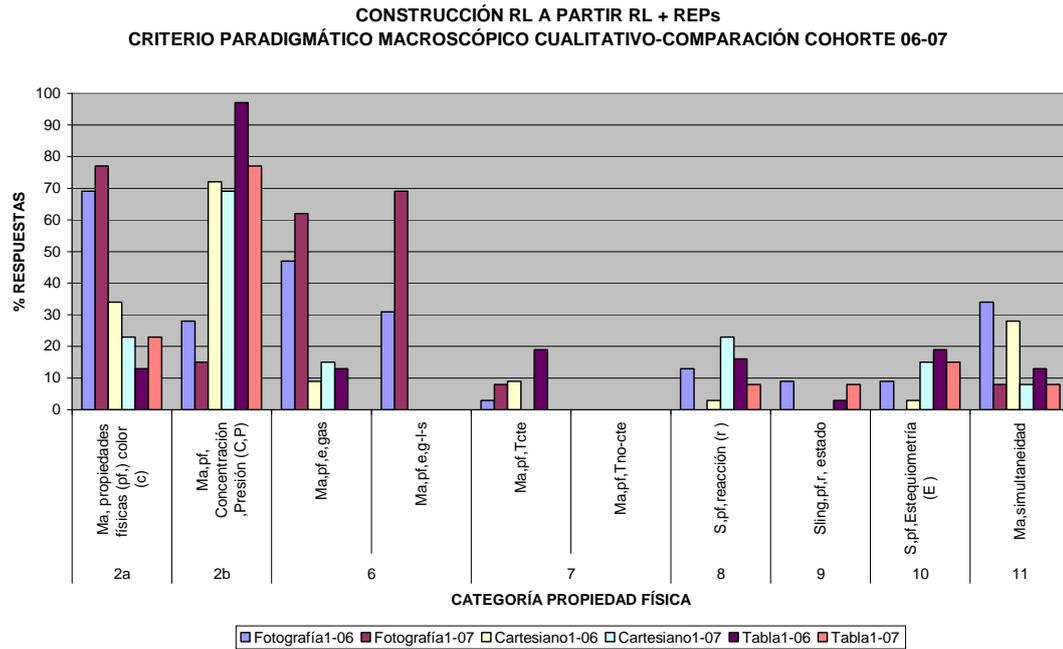


Figura 42: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA).Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

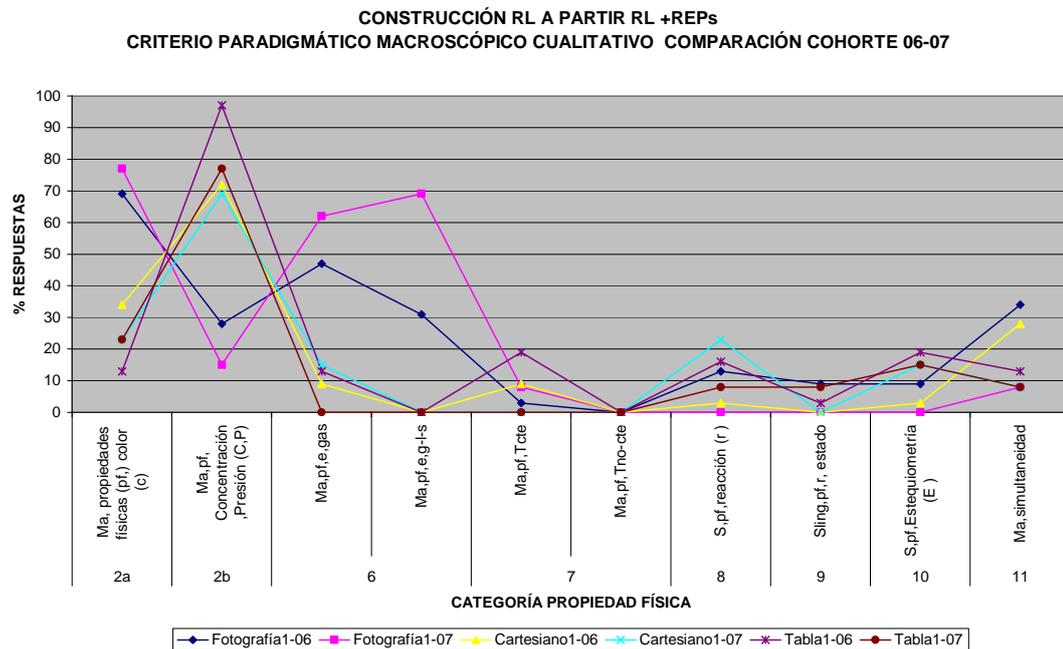


Figura 43: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA).Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

- 1. LAS DESCRIPCIONES MACROSCÓPICAS.** Reconocimiento de los aspectos macroscópicos asociados a la situación física: color, equipos, sustancias y estados, simultaneidad.

Examinamos, en este apartado las respuestas dadas por los estudiantes desde la óptica de las variables macroscópicas necesarias para describir en el nivel macro el EQ. Estas son:

- Propiedades observables: color (*categoría 2a*)
- Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)
- Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*)
- Requerimiento de mantener Temperatura constante (*categoría 7*)
- Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría 11*)

Tabla 27: Construcción REL a partir de REL+REPs en diferentes formatos. Criterio Paradigmático-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007.

Aspectos Paradigmáticos Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			F	GC	T	F	GC	T
Propiedades observables que contribuyen a Descripción de situación física	Color	2a	Alto(superior 60) % respuestas correctas para F y bajo (menor 30% para GC y T)					
			69	34	13	77	23	23
	Composición expresada como concentración	2b	Alto(superior 60) % respuestas correctas para GC y T Bajo(menor 30%) % respuestas correctas para F					
			28	72	97	15	69	77
	Estado	6	Medio (hasta 60) % respuestas correctas para F Bajo % respuestas para GC y T					
			47	9	13	62	15	0
Requisitos del EQ	Temperatura	7	Bajo % respuestas, aunque T-2006 resalta					
			3	9	19	8	0	0
	Simultaneidad	11	Medio % (mayor 30 y menor 60%) respuestas para cohorte 2006 (F y GC) y bajo % respuestas para cohorte 2007					
			34	28	13	8	8	8

Al examinar la REL construida por los estudiantes para describir las propiedades macroscópicas del sistema, se observa la influencia del texto suministrado. El tipo de REP que acompaña la REL parece ejercer influencia en la información que el estudiante recupera, por ejemplo color, referencia al estado físico y las concentraciones de los reactivos y productos. Si contrastamos estos resultados con los del grupo anterior, es posible afirmar que la información que refleja una descripción macroscópica de propiedades como sustancias y su estado físico es una información que los estudiantes logran reconocer pero no la expresan en el lenguaje formal correspondiente, es decir, cuando escriben las reacciones químicas.

La *representación del proceso* en términos de una descripción fenomenológica:

- Propiedades observables: color (*categoría 2a*)

Se observa una marcada influencia del tipo de representación que acompaña el texto al reconocer la propiedad física color de los reactivos y productos. Para el caso de las F (69% en 2006- y 77 % para 2007), en contraposición a los encontrados para GC (34 y 23 %) y las T (13 y 23 %). Lo que nos lleva a reconocer el papel de la REP en la recuperación de un tipo específico de información; en este caso una propiedad macroscópica como es el color.

- Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)

En cuanto a expresar la composición del sistema en términos de concentración y/o presiones observamos que los GC y las T presentan un mayor índice de respuestas acertadas si los comparamos con las F. se han encontrado valores para GC (72 y 69 %) y en las T (97 y 77%) mientras que en F (28 y 15%).

Consideramos que el aporte de los GC y las T al reconocimiento de la composición como variable, se debe a las etiquetas que acompañan a este tipo de representación cuando están bien elaboradas.

c. Reconocimiento del estado de reactivos y productos (**categoria 6**)

Acompañar la REL con una F facilita el reconocimiento del estado de las sustancias que intervienen en la reacción (47 y 62%), lo que se dificulta con el uso de los GC y las T (*rango de variación entre 0-15 %*)

Contrasta la identificación del estado de las sustancias con el hecho que los estudiantes *conceden poca importancia a la necesidad de especificar el estado de las sustancias en la ecuación que representa la situación de equilibrio, expresada en la categoria 9, categoria que presentó un rango de variación entre 0 y 9 %.*

d. La Temperatura como variable constante (**categoria 7**).

Este es un aspecto paradigmático clave para la aplicación del modelo conceptual equilibrio químico, sólo se puede hablar de constante de equilibrio si la temperatura es constante.

A partir de nuestros resultados podemos afirmar que las REP tipo F, GC y T prácticamente no ejercen influencia facilitadora para reconocer el valor de la Temperatura a la que se efectúa el proceso y el requisito de que debe mantenerse constante para poder aplicar los modelos conceptuales. Esta inferencia la realizamos a partir de las respuestas a la categoria 7, que muestra un rango de variación entre 0-19 %. Una explicación a estos resultados podemos encontrarla en el hecho que las operaciones necesarias para “resolver problemas” no requieren considerar esta variable, por lo que la variable temperatura se mantiene “opaca” a los ojos del lector novato.

e. Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (**categoria 11**)

Los resultados nos indican las limitaciones de los estudiantes para describir la situación física en particular en lo que se refiere a que la reacción ocurre en un solo recipiente por lo que los reactivos y productos forman una mezcla; esta inferencia la hacemos a partir de los bajos índices de respuestas a la **categoria 11**, aunque en la cohorte 2006, se aprecia una mejora en la F (34%) con respecto, por ejemplo a la T (13%).

En la bibliografía se reporta la dificultad de los estudiantes para apropiarse de la idea que en los sistemas en que se alcanza el equilibrio la reacción se produce en el mismo recipiente y de manera simultánea, constantemente se producen reactivos y productos.

Así encontramos que autores como Gorodetsky y Gussarsky (1986), BenZvi y col. (1987), Níaz (1995c), Hackling y Garnett (1985), Johnstone y col. (1977), Maskill & Cachapuz, (1989), Chiu y col. (2002) y Hierrezuelo y Montero (1988), entre otros, reconocen las dificultades de los estudiantes para apropiarse del concepto de simultaneidad, porque se imaginan que, en las reacciones reversibles, los reactivos están situados en un recipiente y los productos en otro.

Es necesario indagar más sobre el efecto de las fotografías en el reconocimiento de que la reacción se produce en un mismo recipiente.

A manera de síntesis podemos afirmar que *estos resultados coinciden con los planteamientos de Lemke, al considerar que las REP forman parte integral del discurso y cada tipo nos permite “hablar” mejor de aspectos específicos. Así, las fotografías nos remiten a identificar con más facilidad propiedades como color, estado, mientras los GC y las tablas facilitan la descripción del sistema en términos de composición.*

Estos resultados indican la necesidad de utilizar un discurso que combine las representaciones lingüísticas con diferentes REP, las cuales se seleccionarán en función de lo que se necesite expresar. Se reafirma la creencia que las REPs forman parte integral del discurso cumpliendo un importante rol en la argumentación; su función como motivadores es realmente secundaria.

En el subgrupo A.3. se presentan los resultados correspondientes a los aspectos Paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico en la categoría velocidad de reacción.

A.3. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO

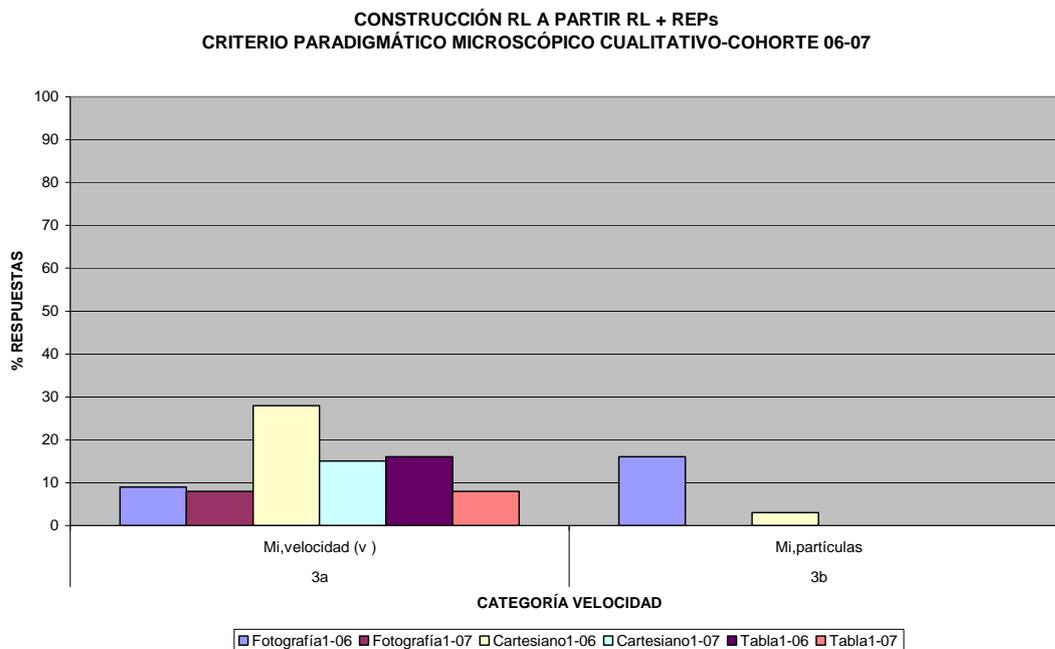


Figura 44: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA). Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico cualitativos. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

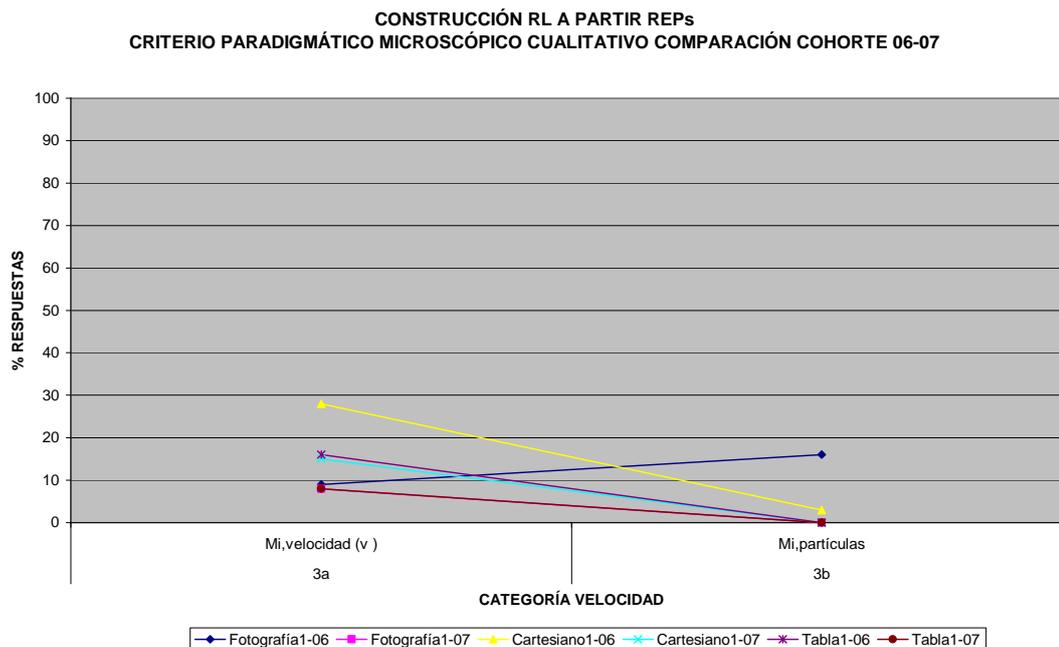


Figura 45: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA).aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

La búsqueda de Explicaciones. Uso del nivel submicroscópico.

Las explicaciones en el nivel microscópico están asociadas a:

- a. La velocidad de la reacción, entendiendo que se debe diferenciar entre la velocidad de la reacción directa y la inversa en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (*categoría 3a*).
- b. El número de partículas de reactivos y productos en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (*categoría 3b*).

Tabla 28: Construcción REL a partir REL+REPs en diferentes formatos. Criterio Situacional-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Paradigmáticos Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			F	GC	T	F	GC	T
Explicaciones	Velocidad reacción	3a	Bajo (menor 30 %) de respuestas correctas, destacan valores mayores para GC					
			9	28	16	8	15	8
	Partículas	3b	Bajo (menor 30%) de respuestas correctas					
			16	3	0	0	0	0

La incorporación de REPs a la REL parece ejercer poca influencia para activar referencias a velocidad de reacción o número de partículas, es decir, a la búsqueda de explicaciones en el nivel submicroscópico. Sin embargo, observamos a partir de los resultados, que el GC facilita hacer referencia a las explicaciones en términos de velocidad (*categoría 3a*)

Referirse a la reacción en términos de partículas de reactivo y/o productos, es realizado por algunos estudiantes de la cohorte 2006, lo que consiguen a partir de la

REL que incluye una REP tipo F (recordemos que esta REP incluye una representación microscópica -DE- de las moléculas que intervienen).

Activar las representaciones microscópicas, como base del sistema de explicaciones en Química, es un verdadero problema pedagógico que se encuentra ampliamente documentado, no sólo para este tema en particular.

Colocar REPs en el texto no activa el uso de representaciones microscópicas. Sin embargo, al introducir un GC en el que se muestran cambios de concentración a partir de situaciones diferentes aumenta la referencia que hacen los estudiantes a la velocidad de reacción. Es posible que al trabajar EQ en algunos textos y/o en las exposiciones de los profesores se suele introducir GC de velocidad de reacción en función del tiempo para destacar que en la situación de equilibrio las velocidades de la reacción directa e inversa son iguales. La incorporación de REPs (F, GC, T) no contribuye a que los estudiantes atribuyan la importancia que tienen el uso del lenguaje formal. Estas representaciones pictóricas sí contribuyen a reconocer propiedades macroscópicas y al reconocimiento de situaciones iniciales.

A continuación, en el subgrupo A.4., se examinan las respuestas fijando la atención en los aspectos situacionales asociados a las representaciones macroscópicas, en la categoría descripción fenomenológica.

A.4. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO

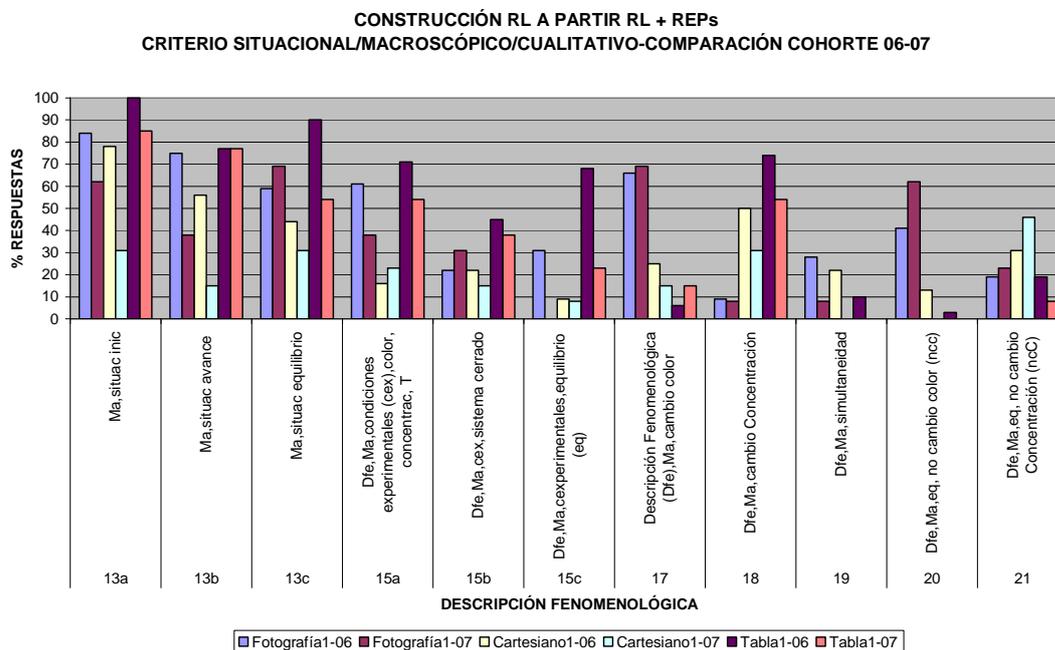


Figura 46: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA). Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

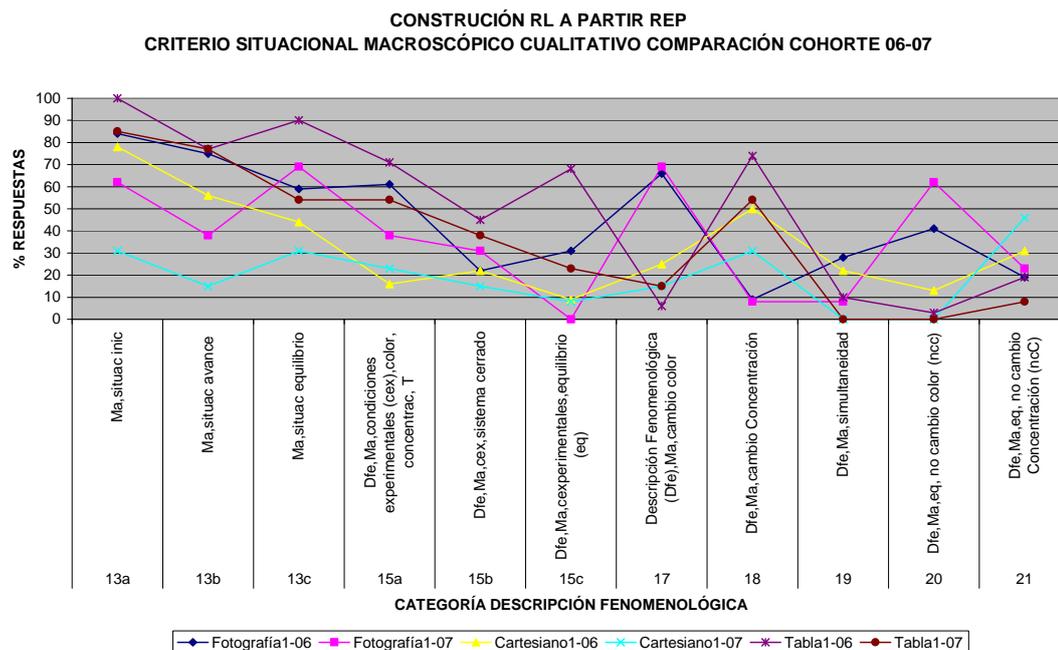


Figura 47: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA). Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

Tabla 29: Construcción REL a partir REL+REPs en diferentes formatos. Criterio Situacional-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			F	GC	T	F	GC	T
Representación situación experimental planteada	Inicio	13a	Alto índice de respuestas correctas, la T parece funcionar mejor					
	Avance	13b	84	78	100	62	31	85
	Equilibrio	13c	Alto y Medio porcentaje de respuestas correctas, T parece funcionar mejor					
Condiciones Experimentales	Propiedades como color, concentración., temperatura	15a	75	56	77	38	15	77
			Niveles Alto y Medio respuestas correctas					
	Sistema Cerrado	15b	59	44	90	69	31	54
			Niveles Alto y Medio de respuestas correctas para F y T; bajo nivel para GC					
	Condiciones en Equilibrio	15c	61	16	71	38	23	54
			Bajo índice de respuestas correctas para F y GC y Medio para T					
	Cambio color	17	22	22	45	31	15	38
			Bajo índice de respuestas correctas para F y GC y T (2007) Alto índice para T (2006)					
	Cambio concentración	18	31	9	68	0	8	23
Alto porcentaje para F y Bajo para GC y T								
Simultaneidad	19	66	25	6	69	15	15	
		Niveles Medio y alto para Tabla y GC; bajo para F						
No cambio color en equilibrio	20	9	50	74	8	31	54	
		Bajo índices para todas						
No cambio de concentración en equilibrio	21	28	22	10	8	0	0	
		Nivel Medio para F; Bajo para GC y T						
			41	13	3	62	0	0
			Nivel Medio para GC; Bajo para F y T					
			19	31	19	23	46	8

Cuando examinamos las respuestas al grupo de ítems asociados con la descripción macroscópica de la situación física planteada en la pregunta, observamos en general:

- a) Un porcentaje alto de respuestas correctas en el reconocimiento de la situación de inicial, de avance y equilibrio.
- b) Una influencia del tipo de REP en el contenido de la REL que construyen los estudiantes.

A diferencia del grupo anterior (en el que estudiamos los aspectos Paradigmáticos), en este grupo (centrado en revisar aspectos situacionales) se encuentra que aumenta el porcentaje de respuestas correctas; mientras las respuestas vinculadas a los aspectos paradigmáticos tienden, en general, a estar por debajo del 50 %, alejándose de este valor en la medida que la relación signo/referente se hace más abstracta; encontramos que a los estudiantes les resulta más fácil reconocer los aspectos vinculados al contexto situacional, donde la relación signo referente es posible que la perciban como menos abstracta (color, condiciones iniciales, avance, situación experimental). Es probable que esta influencia sea debida a que la REP se centra en una situación particular, lo que ayudaría a disminuir el nivel de abstracción.

Se observa una tendencia similar en los resultados para ambas cohortes; así encontramos que:

- a) Incluir el GC permite que los estudiantes centren su atención en el hecho que una vez el sistema alcance el equilibrio las concentraciones de reactivos y productos se mantiene constante (*categoría 21*) **31% para cohorte 2006 y 46% para cohorte 2007.**
- b) Incluir F permite reconocer con más facilidad que propiedades como el color, no cambian una vez el sistema llega al equilibrio: (*categoría 20*) **41 % para cohorte 2006 y 62% para cohorte 2007.**
- c) Incluir F en el texto permite reconocer que durante el avance al equilibrio se produce un cambio de color en los componentes del sistema -producto del cambio de concentración de los componentes del sistema- (*categoría 17*) **66 % para cohorte 2006 y 69% para cohorte 2007.**
- d) Aumenta la posibilidad de hablar de la composición del sistema en términos de la concentración de reactivos y productos cuando al texto se incorpora un GC o una T, aunque la T parece funcionar mejor que el GC (*categoría 18*). **Para el GC: los valores son 50 % para cohorte 2006 y 31% para cohorte 2007. Para la T los valores son: 74% para cohorte 2006 y 54% para cohorte 2007. Cuando se incorpora una F los valores disminuyen a: 9% para cohorte 2006 y 8 % para cohorte 2007; mostrando la influencia de la REP.**

Las REPs tipo GC y/o T, utilizan como recursos semióticos nominalizar las variables de los ejes en los GC, o identificarlas en las entradas de las filas y/o columnas; lo cual hace que a través de la REP se presente una referencia explícita a la variable concentración, facilitando su recuperación.

- e) Los valores apuntan a que en general las REPs parecen favorecer el reconocimiento de las situaciones experimentales concretas. Aunque las T parecen funcionar mejor para el reconocimiento de las condiciones iniciales y el avance del sistema a la condición de equilibrio (*categorías 13a y 13b*), basamos esta afirmación en los altos porcentajes de respuestas para la cohorte 2006 (100%) y en 2007 (85%) para la *categoría 13a*. Esta situación

se repite para la cohorte 2006 (77%) y 2007 (77%) en la *categoría 13b*; suponemos que esto responde al hecho que las concentraciones en la tabla se expresan con valores numéricos, lo que permite una fácil identificación de cuál(es) compuesto(s) están presentes.

Afirmaciones a partir de los resultados

Es posible sostener, para ambas cohortes, que las REPs ejercen una influencia positiva en el reconocimiento de las condiciones físicas de la situación descrita; Nos referimos a propiedades macroscópicas como color, concentración, necesidad de tener un sistema cerrado, etc.

De igual manera las REPs parecen contribuir a la identificación de las condiciones experimentales iniciales, la dirección del avance, y las condiciones de equilibrio. Además, encontramos evidencia que dependiendo del tipo de REP se activa de manera diferenciada información específica.

En el subgrupo A.5, se presentan los resultados obtenidos al examinar los aspectos situacionales en su representación microscópica, en la categoría búsqueda de explicaciones

A.5. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

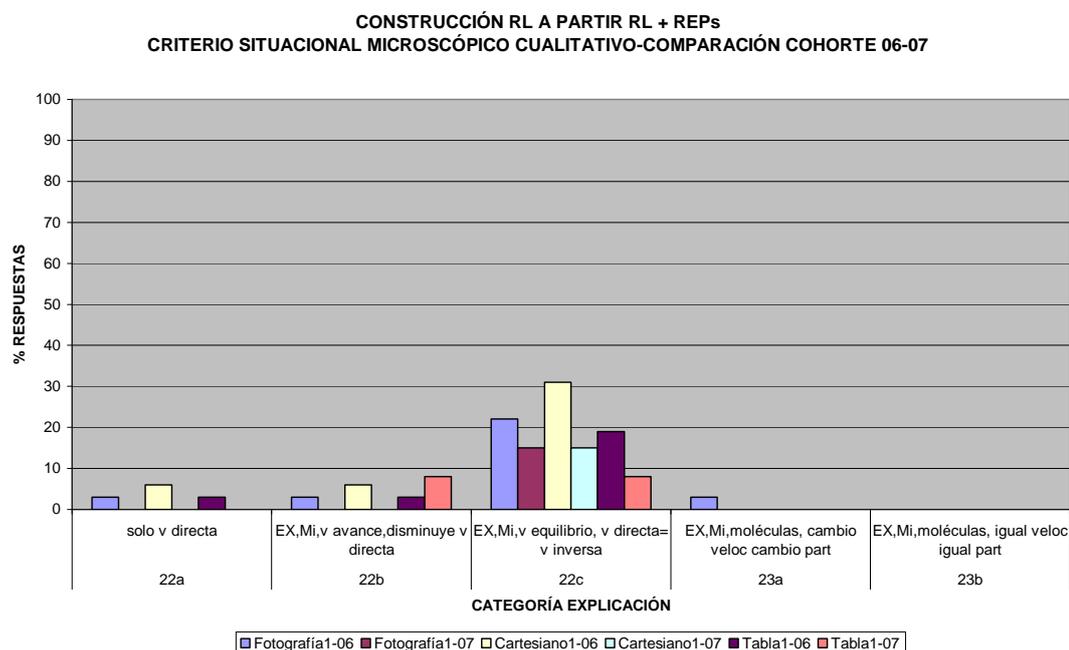


Figura 48: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA). Aspectos situacionales asociados al sistema de representación microscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

CONSTRUCCIÓN REL A PARTIR REP
 CRITERIO SITUACIONAL MICROSCÓPICO CUALITATIVO COMPARACIÓN COHORTE 06-07

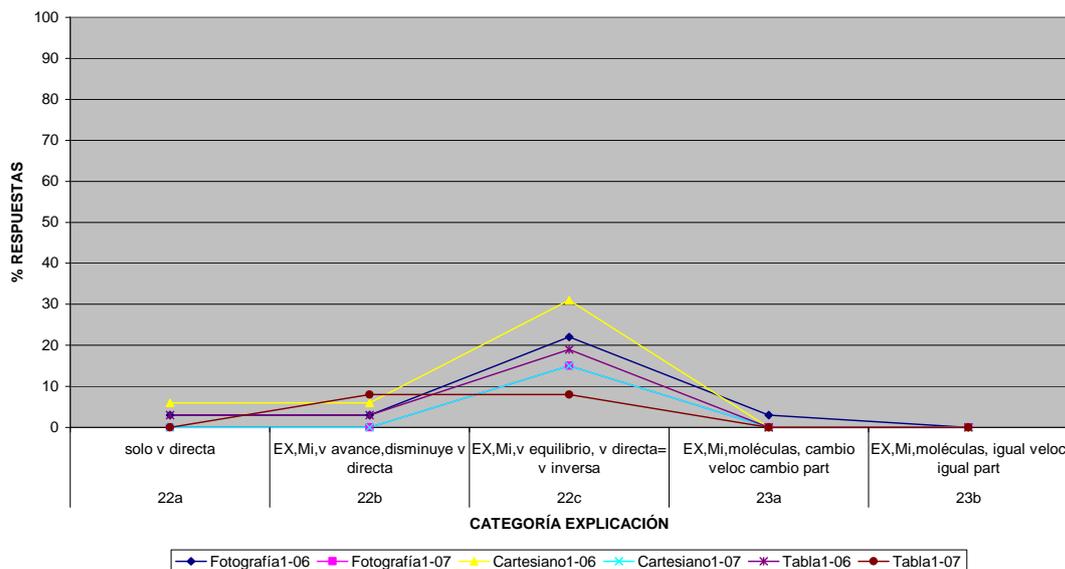


Figura 49: Construcción REL a partir REL +REP (FOTOGRAFÍA, GC, TABLA). Aspectos situacionales asociados al sistema de representación microscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

En la Tabla 30 se recogen los resultados referidos al reconocimiento del criterio situacional a nivel microscópico, se trata de los aspectos vinculados al modelo conceptual EQ que involucra: a) velocidad de reacción y b) número de partículas.

Tabla 30: Construcción REL a partir REL+REPs en diferentes formatos. Criterio Situacional-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			F	GC	T	F	GC	T
Explicaciones Velocidad reacción	Solo $d_{directa}$	22a	Muy Bajo porcentaje de respuestas correctas,					
			3	6	3	0	0	0
	Para avance disminuye $d_{directa}$	22b	Muy Bajo porcentaje de respuestas correctas					
			3	6	3	0	0	8
	$d_{directa} = i_{inversa}$ en EQ	22c	Bajo porcentaje de respuestas correctas					
			22	31	19	15	15	8
	Cambio v y cambio en N° Partículas en avance	23a	Muy Bajo porcentaje de respuestas correctas					
			3	0	0	0	0	0
	No Cambio v y cambio en N° Partículas en EQ	23b	No se ha encontrado porcentaje de respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0

Tal como se reporta en la bibliografía que se ha revisado (Santos y Greca, 2005) la referencia a lo microscópico como espacio para la búsqueda de las explicaciones es de difícil acceso a los estudiantes, por esto los muy bajos índices de respuestas, destacando el papel del GC en el reconocimiento de que en el equilibrio las velocidades de las reacciones directa e inversa se igualan, razón por la cual el número de partículas se mantiene constante; sin embargo, no logran hacer referencia a que la composición del sistema se mantiene constante, en el equilibrio, porque no cambia el número de partículas involucradas.

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS PARA EL GRUPO A.

En este grupo se propone, como tarea, realizar por los estudiantes la construcción de una REL que describa un experimento. La tarea debe realizarse a partir de la lectura-interpretación-comprensión de tres textos multimodales. La REL en los tres textos es igual y se cambia la REP que se inserta en el texto. En el primer texto se inserta una F+DE, en el segundo texto se incorpora un GC. El GC se caracteriza por iniciar la experiencia a partir de diferentes situaciones iniciales. El tercer texto se conforma de la REL+T. Los resultados permiten realizar las siguientes inferencias:

- a) Los estudiantes hacen uso de las fórmulas químicas para representar las sustancias que intervienen en el proceso. Sin embargo, hacen poca referencia a las estructura de las sustancias que intervienen en la reacción.
- b) Los estudiantes tienen dificultades para expresar mediante reacciones químicas, los procesos de cambio de un sistema que alcanza un estado de equilibrio. La incorporación de REP de diferente formato (F, GC, T) **no contribuye a que los estudiantes utilicen el lenguaje formal para la representación de los cambios químicos.** En el caso de los cambios químicos que representan sistemas que alcanzan situación de equilibrio, la reacción debe especificar, además de los reactivos y productos, el estado de cada una de las sustancias que intervienen, la estequiometría de la reacción y debe utilizarse una doble flecha para especificar reversibilidad.
- c) Incorporar una REP a una REL contribuye a que los estudiantes puedan recuperar información que permite la descripción macroscópica del sistema que alcanza un estado de equilibrio. La información que se recupera depende del tipo de REP que se inserta en el texto.
Las fotografías contribuyen a que los estudiantes hagan referencia a: color y estado. Los GC y las Tablas facilitan hablar de la composición del sistema en términos de concentración.

El efecto de introducir una REP a la REL se repite al analizar la descripción situacional.

Las F, los GC y las T contribuyen a que se pueda reconocer las condiciones iniciales, el avance y la situación de equilibrio.

Las F permiten al estudiante construir un discurso en el que hacen referencia al cambio de color antes y durante el avance y no cambio de color en equilibrio, mientras los GC y las T facilitan hablar de cambio de concentración para avanzar al equilibrio y no cambio de concentración en el equilibrio.

- d) Es poco el aporte de la incorporación de REP a la construcción de un discurso que focalice su atención en la visión microscópica, que permita conectar el cambio a una situación de equilibrio con las velocidades de la reacción directa e inversa, o al número de partículas.

A continuación, se muestran algunos de los textos producidos por estudiantes de la cohorte 2006 y la cohorte 2007 que hemos identificado como Jua-2006 y Ton-2007

en respuesta a la pregunta: DESCRIBE CON TUS PALABRAS EL EXPERIMENTO.

Estudiante Jua-2006 Construcción REL a partir REL+REP-F

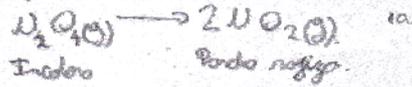
1) En este experimento al inicio se tiene una cierta cantidad de N_2O_4 puro y congelado en la parte (b) el N_2O_4 se calienta por encima de su punto de ebullición ($21,2^\circ C$) y el gas que está en el tubo cuando se calienta gradualmente conforme el N_2O_4 se disocia en NO_2 gaseoso de color pardo rojizo. Como el tiempo el color deja de cambiar, no obstante 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 y la tonalidad del color dentro del tubo de muestra tal y como está representado en la figura (c) es entonces cuando la reacción ha llegado al equilibrio.

ESTUDIANTE Jua-2006 Construcción REL a partir REL+REP-GC

La figura 1(a) describe un experimento diferente al que hemos leído anteriormente. En este caso, reaccionan los mismos gases, pero al principio no se encuentra presente en el frasco el gas de color pardo rojizo (NO_2) luego, después de variar la temperatura del NO_2 y después de un cierto tiempo notamos la aparición del N_2O_4 y nos imaginamos que la reacción es posada a la del gráfico de la figura 1(b) pero en este caso se da de forma inversa y transcurra así hasta alcanzar el equilibrio, pero como existe la misma velocidad en las reacciones N_2O_4 y NO_2 , macroscópicamente el color del gas que se encuentra en el frasco, luego de alcanzar el equilibrio debería ser Pardo rojizo, pero a diferencia del color al principio, esta tonalidad se torna más oscura.

ESTUDIANTE Jua-2006. Construcción REL a partir REL+REP-T

1) En el experimento 1 de la tabla 1, se le somete a una temperatura de 25°C, el N_2O_4 el cual tiene una concentración inicial de 0,670 M. Como el punto de ebullición del N_2O_4 puro es de (21,2°C), cuando sometemos al tetóxido de Nitrógeno a 25°C se disocia NO_2 un gas de color Pardo rojizo y se produce la siguiente reacción:



Con el transcurso del tiempo el color de los gases dentro del frasco, que contenía inicialmente N_2O_4 , deja de cambiar, lo que indica que ya no hay N_2O_4 en el frasco. Se tiene una mezcla de N_2O_4 y NO_2 en la que las concentraciones de los gases ya no cambia, se entonces, cuando se llega al equilibrio en la reacción, momento en el cual los ritmos de las reacciones que van de reactivos a productos y de productos a reactivos se igualan. En ese instante de equilibrio la concentración NO_2 es de 0,0547 M y la concentración N_2O_4 es de 0,643 M y luego de obtener las concentraciones de cada uno de los gases que participan en la reacción, mediante las relaciones de productos entre reactivos podemos obtener la constante de presión de esa reacción como lo demostro a continuación.

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$

$$K_b = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} = \frac{[0,0547]^2}{[0,643]} = 4,69 \times 10^{-3}$$

Estudiante Ton-2007 Construcción REL a partir REL+REP-F

1) Se tiene en un recipiente de vidrio cerrado y transparente N_2O_4 congelado, se puede notar que este gas es casi incoloro. Dentro de este recipiente cerrado se tiene una barra la cual captura y muestra el color del gas, este se encuentra del mismo color que el gas.

ESTUDIANTE Ton-2007 Construcción REL a partir REL+REP-GC

Se tiene un tubo transparente que contiene NO_2 de una manera que no se pueda escapar, luego se coloca un mechero y se calienta a una temperatura de $21,2^\circ\text{C}$, ya que este es el punto de ebullición del NO_2 , luego se puede observar como el gas que permanece dentro del tubo el cual era un color rojo comienza a formar un color transparente en la zona donde se está calentando, antes del NO_2 . Luego llega a un punto de equilibrio donde se observa la misma concentración de gas.

ESTUDIANTE Ton-2007. Construcción REL a partir REL+REP-T

Se tiene NO_2 contenido en un tubo transparente y completamente cerrado para que no se escape, esto se encuentra congelado. Luego con un mechero se va a comenzar a calentar el tubo a una temperatura de $21,2^\circ\text{C}$, ya que este es su punto de ebullición y aquí comienza a formarse el NO_2 . Se observa que el contenido del tubo el cual anteriormente era transparente, comienza a tomar un color rojo pardo, aquí se puede observar la presencia del NO_2 . Al encontrarse en situación de equilibrio sus concentraciones ya no cambian, se encuentran iguales en el mismo tubo N_2O_4 y el NO_2 pero no tienen los mismos valores de concentración, cuando se analiza la cantidad de concentración se obtiene que el N_2O_4 tiene una mayor concentración y su velocidad de reacción es lenta, mientras que el NO_2 que era el más abundante surge a partir del calentamiento del N_2O_4 su velocidad de aumento es lenta, y va asumiendo a medida que pasa el tiempo, hasta el punto de equilibrio.

V-B.2. GRUPO B: INFLUENCIA DEL TEXTO MULTIMODAL SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE REP TIPO GRÁFICO CARTESIANO (GC)

GRUPO B: CONSTRUCCIÓN GRÁFICO CARTESIANO A PARTIR DE: REL, REL + REP-F Y REP-T. COHORTES 2006 Y 2007

En este segundo grupo nos proponemos estudiar las características de las REPs tipo GC construidas por los estudiantes a partir de la lectura-interpretación-comprensión (L/I/C) de: a) REL; b) una REL +REP-(F, DE); c) REL +REP-T.

Al igual que en el grupo anterior, focalizamos nuestra atención en el uso de:

1. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Las representaciones simbólicas lingüísticas-matemáticas utilizadas comúnmente para construir el lenguaje formal sobre EQ. **Subgrupo B.1.**
 - b) Los sistemas de representación macroscópicas. **Subgrupo B.2**
 - c) Los sistemas de representación microscópicas. **Subgrupo B.3**
2. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Los sistemas de representación macroscópicas. **Subgrupo B.4**
 - b) Los sistemas de representación microscópicas. **Subgrupo B.5**

A continuación las características de las tareas que se proponen realizar a partir de la lectura del texto y como estas tareas se concretan en forma de preguntas, el texto completo se encuentra en el capítulo Marco Metodológico.

<p>Propósito</p> <p>Ver cambios en la construcción de la REP tipo GC con el propósito de describir el cambio en la composición de al avanzar desde una situación inicial hasta llegar a la situación de equilibrio.</p>	<p>✓ Tarea</p> <p>A partir de la lectura de:</p> <p>a) REL (1.3) b) REL + REP-F (2.5) c) REL + REP-T (4.4)</p> <p>Se pide construir una REP del tipo Gráfico Cartesiano</p> <p>✓ Operaciones</p> <p>1. CONSTRUIR, que implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Leer ✓ Capturar información ✓ Planificar y diseñar REP-GC ✓ Transformar una representación en otra diferente <p>2. INTERPRETAR</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Examinar consistencia de los datos ✓ Generar el significado de una REP ✓ Dar sentido al fenómeno, concepto o datos representados por la REP <p>3. RAZONAR</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Soportar con argumentos ✓ Conceptualizar el fenómeno 	<p>Se comparan las respuestas a las preguntas 1.3-2.5-4.4</p> <p>1.3: REL El experimento se realiza colocando al inicio en el recipiente tetróxido de nitrógeno se permite que la reacción avance hasta el equilibrio. Represente esa situación utilizando un gráfico cartesiano en el que se muestra como cambia la concentración de N₂O₄(g) y NO₂(g) en función del tiempo, a medida que la reacción avanza a la situación de equilibrio.</p> <p>2.5: REL + REP-(F,DE) El experimento se realiza colocando al inicio en el recipiente tetróxido de nitrógeno se permite que la reacción avance hasta el equilibrio. Represente esa situación utilizando un gráfico cartesiano en el que se muestre como cambia la concentración de N₂O₄(g) y NO₂(g) en función del tiempo, a medida que la reacción avanza a la situación de equilibrio.</p> <p>4.4: REL + REP-T Utiliza los datos del experimento 4 construye un gráfico cartesiano que represente el avance de la reacción hasta llegar al equilibrio.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">EXPERIMENTO</th> <th colspan="2">CONCENTRACIONES INICIALES (M)</th> <th colspan="2">CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)</th> </tr> <tr> <th>[NO₂]</th> <th>[N₂O₄]</th> <th>[NO₂]</th> <th>[N₂O₄]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>0.0400</td> <td>0.600</td> <td>0.0523</td> <td>0.594</td> </tr> </tbody> </table>	EXPERIMENTO	CONCENTRACIONES INICIALES (M)		CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)		[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	4	0.0400	0.600	0.0523	0.594
EXPERIMENTO	CONCENTRACIONES INICIALES (M)			CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)												
	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]												
4	0.0400	0.600	0.0523	0.594												

En este grupo se estudia:

Construcción de REP-GC a partir de: REL, REL+REP-F, REL+REP-T. COHORTES 2006 Y 2007.

Se analizan los resultados según criterio paradigmático-categorías: lingüística-matemática; propiedad física; velocidad de reacción-partículas y criterio situacional- categorías descripción; explicación.

A continuación el análisis de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas 1.3-2.5-4.4, organizados en los Subgrupos B.1; B.2; B.3; B.4 y B.5. La tarea propuesta consiste en construir un GC a partir de un texto híbrido.

A continuación en el grupo B.1. se presentan las respuestas a las preguntas que permiten examinar el uso que hacen los estudiantes de las representaciones lingüísticas-matemáticas

B.1. CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICOS CARTESIANOS. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA.

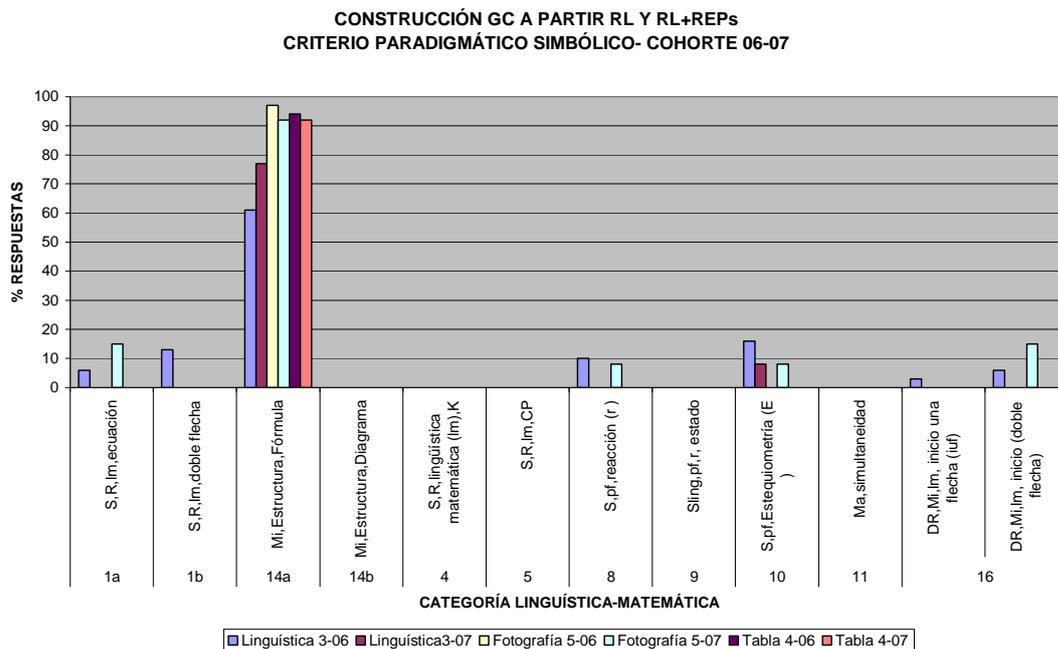


Figura 50: Construcción GC a partir DE REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación simbólica. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

CONSTRUCCIÓN GC A PARTIR RL Y RL+REPs CRITERIO PARADIGMÁTICO SIMBÓLICO COHORTE
06-07

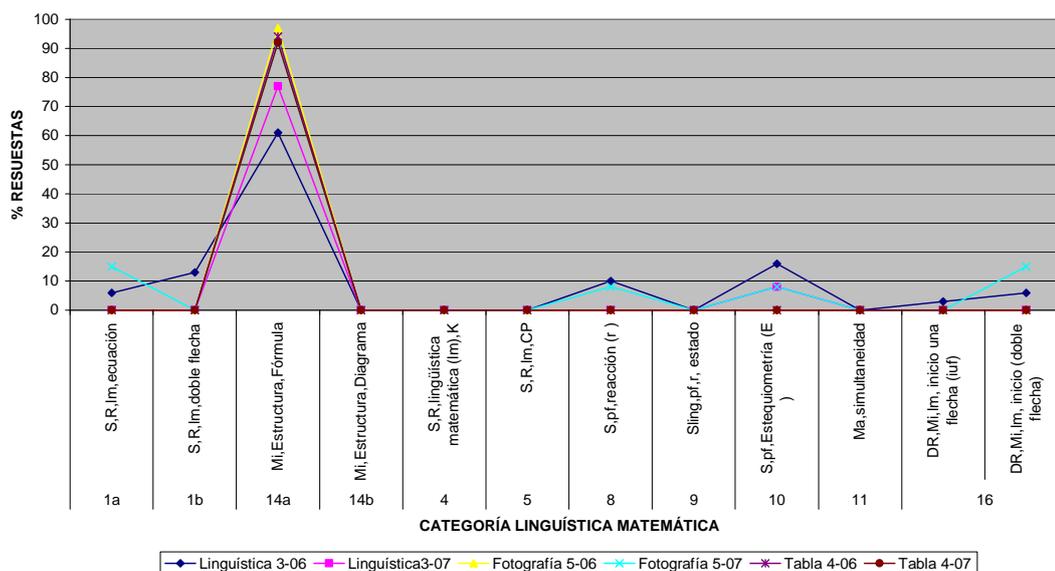


Figura 51: Construcción GC a partir de REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación simbólica. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

USO DEL LENGUAJE FORMAL: *Las Representaciones simbólicas de tipo lingüísticas-matemáticas utilizadas para la representación de los estados de equilibrio.*

Se indaga el efecto que se ejerce sobre la construcción de una REP tipo GC, a partir de la lectura-interpretación-comprensión, al suministrar un texto constituido por a) REL, b) REL + REP-F y c) REL + REP-T.

Se estudian las representaciones lingüísticas-matemáticas utilizadas por los estudiantes cuando tienen como tarea construir una REP tipo GC que involucre “hablar” sobre el cambio en un sistema que debe avanzar a una situación de EQ.

Se utilizan las categorías empleadas en el grupo anterior: representación del cambio químico, uso de los símbolos y representación matemática del equilibrio. Las categorías son:

- Representación de las sustancias que intervienen en el proceso mediante fórmulas químicas: **categoría 14a.**
- Representación del proceso de cambio mediante ecuaciones químicas: **categoría 1a y 8.**
- Necesidad de especificar la estequiometría dada la dependencia de la constante de los coeficientes estequiométricos: **categoría 10.**
- Necesidad de representar el estado de las sustancias que intervienen: **categoría 9.**
- Uso de flechas y dobles flechas para diferenciar reacciones que transcurren hasta completarse o reacciones que alcanzan equilibrio: **categorías 1b y 16b.**

A continuación, se presentan en la Tabla 31, los resultados de las categorías establecidas.

Tabla 31: Construcción REPs tipo GC a partir de REL y/o REL+REP-F y REL+REP-T. Criterio Paradigmático-Simbólico. Comparación Cohortes 2006-2007

Representación simbólica tipo Lingüística-Matemática		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	F	T	L	F	T
R. Sustancias	Fórmula	14a	Alto(superior 60 %)de respuestas correctas, destaca el bajo valor de F-2007					
			61	97	94	77	92	92
	Diagrama Estructura	14b	No se producen respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0
R. Reacción	Reacción	1a	Muy Bajo porcentaje de respuestas correctas					
		8	6	0	0	0	15	0
	Estado	9	No se producen respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0
	Estequiometría	10	Bajo porcentaje de respuestas					
			16	0	0	8	8	0
Doble flecha	1b	Bajo porcentaje de respuestas						
	16 b	13	0	0	0	0	0	
R. matemática del EQ	Expresión de la Keq	4	Bajo porcentaje de respuestas, aunque resalta T-2006					
	Uso de concentraciones o presiones	5	0	0	0	0	0	0
				No se producen respuestas correctas				
			0	0	0	0	0	0

1. **Representación del cambio químico expresado como:**

- A. La representación de las *sustancias que intervienen en la reacción*, que debe concretarse por la escritura de las fórmulas (**categoría 14a**).

Se repiten los resultados encontrados para el grupo anterior en esta categoría (A1). Los estudiantes construyen su representación mostrando una alta tendencia a utilizar las fórmulas para expresar las sustancias que intervienen en la reacción, reflejado por los elevados porcentajes de respuestas correspondientes a la categoría 14a (con *porcentajes mayores al 69% para ambas cohortes*). Los porcentajes más elevados de respuestas correctas (entre 97% y 92%) se encontraron en los textos que incluían REP-F y REP-T para ambas cohortes.

Contrastan estos resultados con los obtenidos para la **categoría 14b**, para la que encontramos 0 % de respuestas correctas, resultado indicativo de las dificultades para las explicaciones microscópicas.

- B. *La representación del proceso:*

De nuevo se encuentra similitud entre estos resultados y los encontrados para el grupo A1, respecto a cómo los estudiantes utilizan la escritura de las reacciones químicas para representar los cambios químicos que transcurren.

Los porcentajes de respuestas correctas encontrados para la **categoría 1a** (6-15%) y la **categoría 8** (10-8%), han sido bajos. Estas categorías están asociadas a la forma en que se debe escribir la reacción, lo cual nos permite afirmar que los estudiantes

no logran construir en su “discurso” una representación que respete las reglas establecidas por la comunidad discursiva.

Entre estas reglas destacan: la necesidad de especificar la estequiometría y el estado de las sustancias que intervienen, inferidos a partir de los resultados a la **categorías 10** (0-16%) y la **categoría 9** (0 %) respectivamente. Ambas especificaciones son claves para un adecuado desarrollo del modelo conceptual EQ ya que imponen restricciones a la aplicación de las reglas para escribir la constante de equilibrio. Escribir la expresión matemática de la constante de equilibrio es básico para la resolución de los problemas.

2. *Uso de la Simbología*

De igual manera observamos que los estudiantes no respetan la convención de utilizar doble flecha para los sistemas químicos que alcanzan el equilibrio (**categoría 1b con porcentaje de respuestas entre 0-13%**) y (**categoría 16b con un porcentaje de respuestas entre 0-15%**). El tipo de representación pictórica utilizada no parece ejercer influencia sobre las respuestas.

3. *Representación matemática del equilibrio: Constante de equilibrio (categoría 4 y 5).*

Los estudiantes no hacen referencia a la constante de equilibrio (**0% de respuestas para las categorías 4 y 5**).

Es posible que este resultado sea debido a que en la REL suministrada no aparece la expresión matemática de K_{eq} .

Afirmaciones que podemos realizar a partir de los resultados.

Se repite en este grupo (B1) lo encontrado para el grupo A1, lo que nos permite afirmar que las cohortes 2006 y 2007 muestran una tendencia similar a no utilizar el lenguaje simbólico en la categoría que hemos denominado lingüística matemática. Constituye una excepción la categoría 14a, parecería que el lenguaje químico, para los estudiantes de estas cohortes, se reduce a escribir las fórmulas químicas de las sustancias que intervienen en el proceso, habilidad que no muestran cuando se trata de escribir la reacción química que representa el proceso. Se debe profundizar, en trabajos posteriores, en el significado que los estudiantes atribuyen a las fórmulas puesto que es posible que escribirlas sea un acto más mecánico que de significado.

En consecuencia, podemos afirmar que la REL por sí sola, ni la inclusión de REPs (F y T) en la REL, parecen ejercer influencia en el uso de la simbología que permite representar un sistema químico en equilibrio, en particular, en lo que a la representación del proceso se refiere a la reacción con su simbología correspondiente.

El uso del lenguaje químico parece limitado al uso de las “fórmulas químicas”.

En el grupo B.2., que se presenta a continuación, se resume los resultados encontrados cuando se examinan las respuestas en los aspectos Paradigmático

fijando la atención en las representaciones Macroscópicas, en la categoría propiedad física.

B.2. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO.

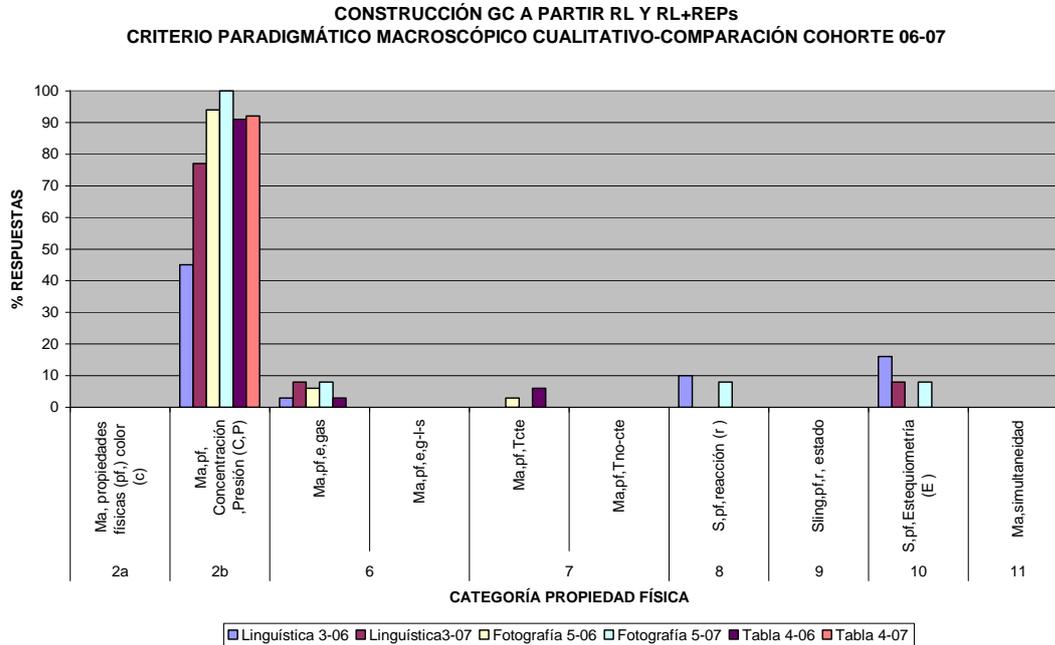


Figura 52: Construcción GC a partir de REL y/o REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación macroscópico-cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32), 2007(N=13).

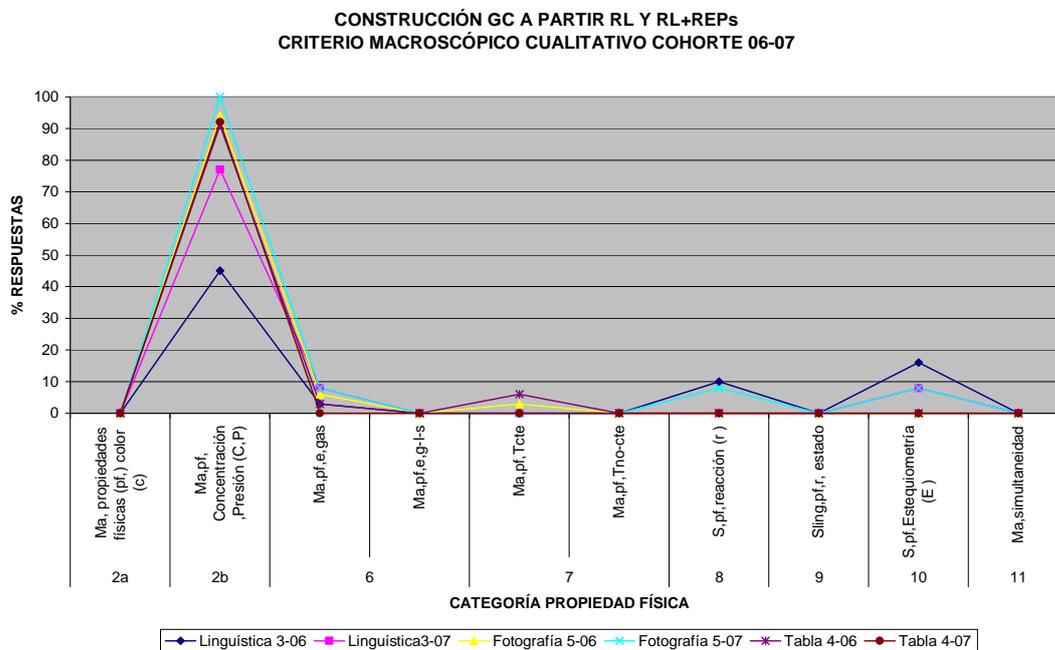


Figura 53: Construcción GC a partir de REL y/o REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación macroscópico-cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32), 2007(N=13).

LAS DESCRIPCIONES MACROSCÓPICAS. *Reconocimiento de los aspectos macroscópicos asociados a la situación física: color, equipos, sustancias y estados, simultaneidad.*

Examinamos en este apartado las respuestas, dadas por los estudiantes, desde la óptica de las variables macroscópicas tenidas en cuenta para describir el EQ:

- a) Propiedades observables: color (*categoría 2a*)
- b) Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)
- c) Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*)
- d) Requerimiento de mantener Temperatura constante (*categoría 7*)
- e) Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría 11*).

Tabla 32: Construcción GC a partir de REL y REL+REPs en diferentes formatos. Criterio Paradigmático-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Paradigmáticos Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	F	T	L	F	T
Propiedades observables que contribuyen a Descripción de situación física	Color	2a	Sin respuestas					
			0	0	0	0	0	0
	Composición expresada como concentración	2b	Alto porcentaje de respuestas correctas para todos los formatos, en ambas cohortes					
			45	94	91	77	100	92
Requisitos del EQ	Estado	6	Muy Bajo porcentaje de respuestas para los tres formatos					
			3	6	3	8	8	0
	Temperatura	7	Muy Bajo porcentaje de respuestas					
			0	3	6	0	0	0
			0	0	0	0	0	0
	Simultaneidad	11	Sin respuestas					
			0	0	0	0	0	0

Analizaremos la *representación del proceso* en términos de una descripción fenomenológica utilizando las categorías preestablecidas:

- a) Propiedades observables: color (*categoría 2a*)

La construcción de un GC no implica fijar la atención sobre propiedades macroscópicas como el color al construir el discurso, lo que coincide con el hecho que los estudiantes no hacen referencia a esta propiedad, *encontramos 0% de respuestas que hacen referencia al color,*

Contrasta este resultado cuando se examina la representación que construye el estudiante en este caso (GC) y cuando, en iguales condiciones, se le pide construir una REL que describa la situación (resultados del grupo A). Para el caso en que se debe construir una REL a partir de una REL+REP-F, el grupo A2, los estudiantes logran recuperar esta información en un alto porcentaje (*69% -2006- y 77 % -2007*).

Si comparamos los resultados B2 y A2 podemos afirmar: a) el tipo de representación incluida en el texto facilita recuperar información específica y b) el tipo de tarea a realizar también determina el tipo de información que se considera relevante.

- b) Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)

Las respuestas a esta tarea contribuyen a reafirmar la relación de interdependencia entre la información a recuperar y la tarea a realizar, en este caso la construcción de un gráfico cartesiano, que por la característica de la pregunta debe ser abstracto. La construcción de un GC implica hacer uso de recursos semióticos como las etiquetas que identifican las variables a graficar en los ejes. En este caso, las variables son concentración y tiempo.

Se considera que la necesidad de indicar las variables a graficar al construir el GC permite que, en todos los casos, los estudiantes hagan referencia a la variable concentración, encontrándose los siguientes resultados: REL (45y77%); para Fotografía (94 y 100%) y la Tabla (91 y 92%).

- c) Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*) y consideración de la estequiometría (*categoría 10*).

De nuevo, estos resultados destacan la importancia de la tarea a realizar como elemento que focaliza la atención sobre un tipo particular de información, en este caso, la construcción de un GC no requiere información sobre estado, color, por lo tanto, no se hace referencia a esta información al construir la respuesta.

Independiente del formato a partir del cual se realiza la tarea se registran bajos porcentajes de respuestas en la especificación del estado de las sustancias (*categoría6*): a) REL (3-8%); b) REL+F (6 y 8 %) y c) REL+T (3 y 0%).

Es posible afirmar que, al igual que se encontró para el grupo A2, que los estudiantes *conceden poca importancia a la necesidad de especificar el estado de las sustancias en la ecuación que representa la situación de equilibrio. Consideramos que esta puede ser la causa por la que se presta poca atención a identificar el estado de los componentes del sistema. Tener que construir un GC no los ayuda a focalizar la atención en esta variable, igual que sucede con la estequiometría (categoría 10)*; categoría para la que también se obtienen bajos porcentajes de respuestas: REL (16 y 8 %); REL+REP-F (0 y 8 %) y REL+REP-T (0 y 0 %).

- d) La Temperatura como variable clave y que debe ser constante (*categoría 7*)

A partir de los resultados podemos afirmar que es poca la contribución que hacen las REL y REP tipo F y T, para facilitar el reconocer el valor de la Temperatura a la que se efectúa el proceso y si se mantiene constante (categoría 7). Que la temperatura se mantenga constante es un requisito para aplicar los modelos conceptuales. Los valores obtenidos en la categoría 7 muestran rango de variación entre 0-19 %.

Una explicación a estos resultados nos parece que se debe al hecho que las operaciones necesarias para “resolver problemas” no requieren considerar esta variable. En general, los estudiantes consideran que especificar el valor de la

temperatura corresponde a un elemento distractor porque no deben “operar matemáticamente” con ese valor.

e) Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría11*)

Parece que lo abstracto de la representación que deben construir (GC) no permite activar referencias a esta característica del sistema, que es explícita en la fotografía.

Este resultado contribuye a que afiancemos la idea que son dos las variables que interviene en el proceso que realizan los estudiantes para construir su respuesta: a) el texto de partida y b) las características de la tarea a realizar.

A continuación se presentan el análisis de las respuestas en función de las categorías que hemos definido como Paradigmáticas y que están asociadas a la representación microscópica en la categoría velocidad de reacción y/o número de partículas.

En el subgrupo B.3., se presentan los resultados correspondientes a los aspectos Paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico en la categoría velocidad de reacción.

B.3. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

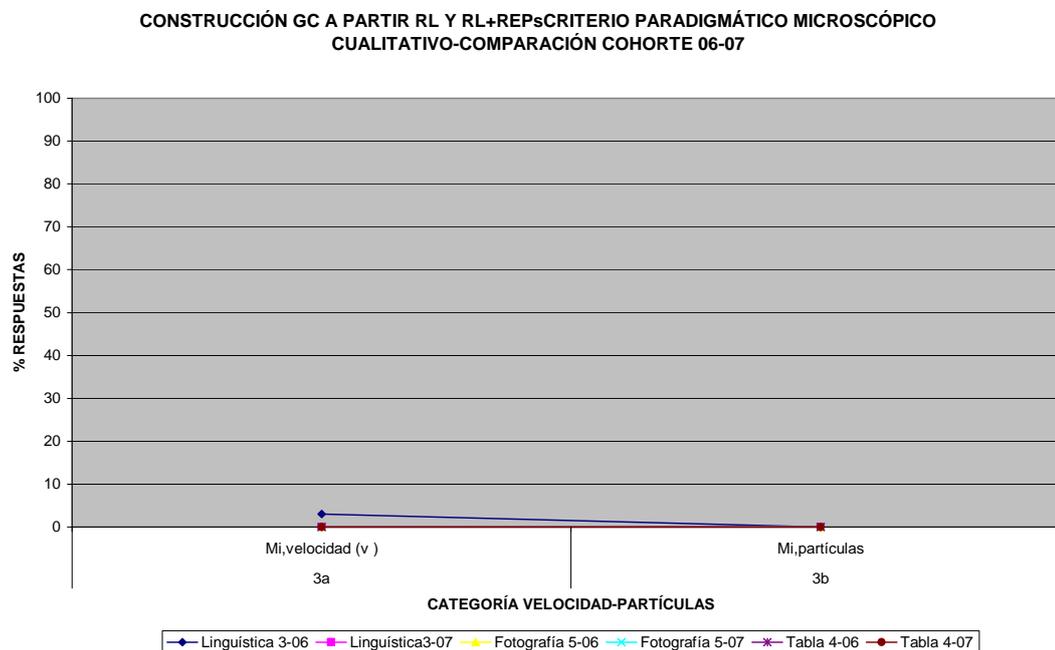


Figura 54: Construcción GC a partir de REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico-cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13).

La búsqueda de Explicaciones. Uso del nivel Microscópico.

Las explicaciones en el nivel microscópico están asociadas a:

- La velocidad de la reacción, entendiendo que se debe diferenciar entre la velocidad de la reacción directa y la inversa en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (*categoría 3a*).
- El número de partículas (*categoría 3b*).

Tabla 33: Construcción GC a partir de REL y REL+REP-F y REL+REP-T . Criterio Paradigmático-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Paradigmáticos Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	F	T	L	F	T
Explicaciones	Velocidad reacción	3a	Bajo (menor 30) % respuestas correctas, destaca valores mayores para GC					
			3	0	0	0	0	0
	Partículas	3b	Bajo (menor 30%) % respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0

La REL así como la incorporación a la misma de REPs tipo F y T a la REL no parece ejercer influencia para activar aspectos microscópicos que hagan referencia: a) la velocidad de reacción y b) al número de partículas.

Lo abstracto del GC, así como la solicitud de representar variaciones en la composición, no permite activar explicaciones en términos de velocidad de reacción lo que contrasta con lo encontrado para el grupo A3. Para el grupo A3, el GC facilita hacer referencia a las explicaciones en términos de velocidad de reacción (28 % para cohorte 2006 y 15% para cohorte 2007).

Reafirmamos que activar las representaciones microscópicas como base del sistema de explicaciones en Química es un verdadero problema pedagógico, no solo para este tema; en general representa un problema para todos los temas de Química General.

A continuación, el subgrupo B.4, en el se sintetizan las respuestas de los estudiantes agrupadas en función de las categorías Situacionales y que están asociadas a la representación macroscópica en la categoría descripción macroscópica.

B.4. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO

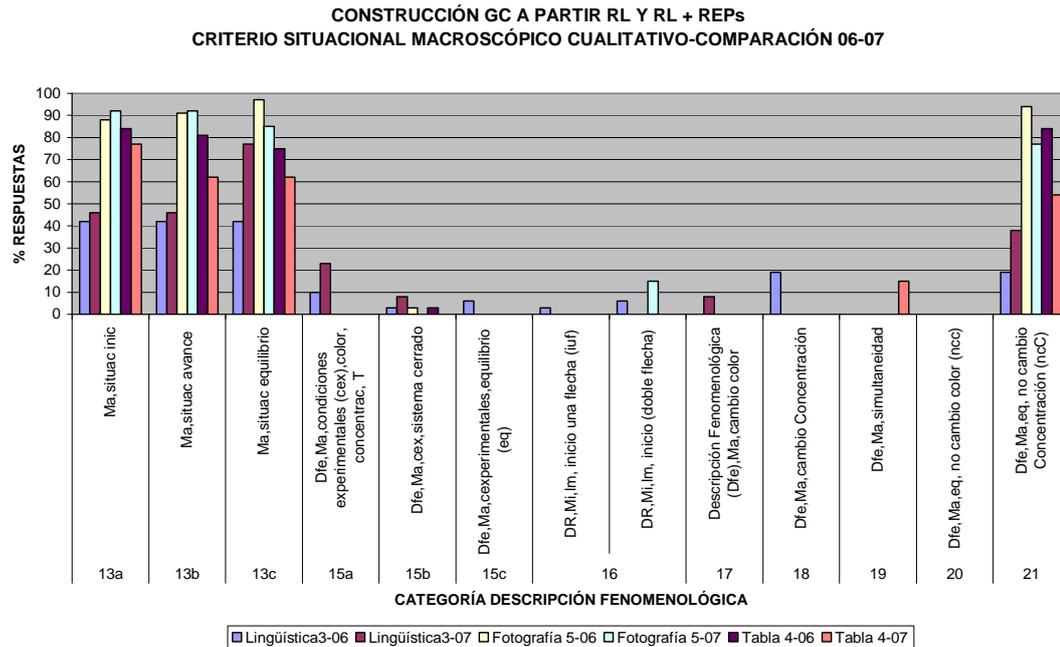


Figura 55: Construcción GC a partir de REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13).

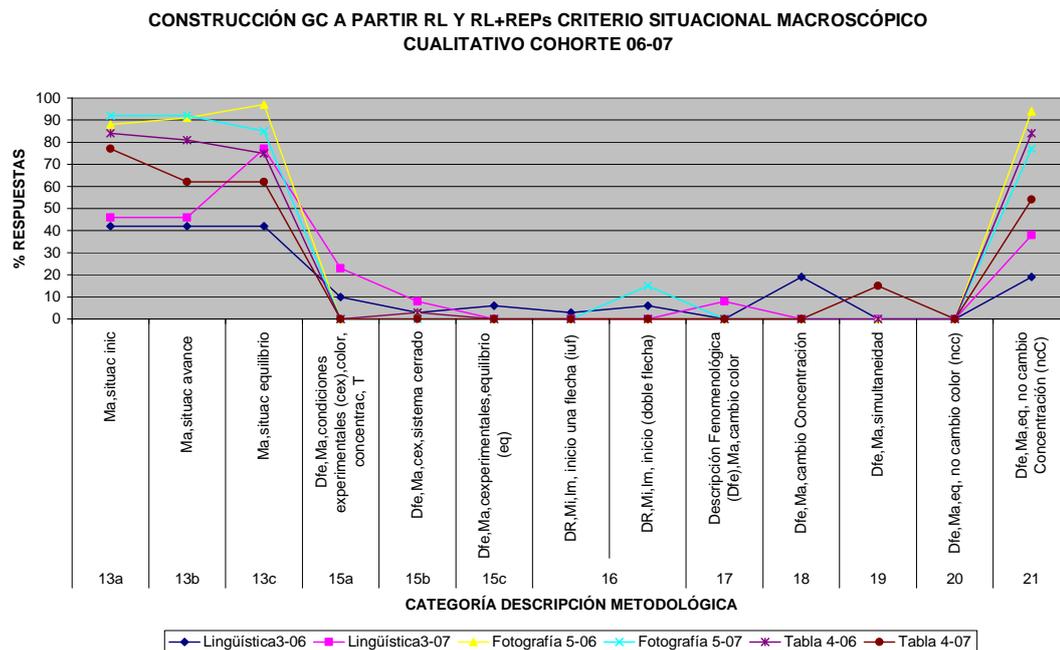


Figura 56: Construcción GC a partir de REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13).

En la Tabla 34 una síntesis de estos resultados.

Tabla 34: Construcción de GC a partir de REL y REL+REP-F Y REL+REP-T. Criterio Situacional-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	F	T	L	F	T
Representación situación experimental planteada	Inicio	13a	Alto % respuestas correctas, la T parece funcionar mejor					
			42	88	84	46	92	77
	Avance	13b	Alto y Medio % respuestas correctas, F y T parece funcionar mejor					
			42	91	81	46	92	62
	Equilibrio	13c	Alto y Medio % respuestas correctas, funciona mejor F y T					
			42	97	75	77	85	62
Condiciones Experimentales	Propiedades como color, concentración, temperatura	15a	Bajo % respuestas correctas para todas las Representaciones					
			10	0	0	23	0	0
	Sistema Cerrado	15b	Bajo % respuestas correctas para todas las Representaciones					
			3	3	3	8	0	0
	Condiciones en Equilibrio	15c	Bajo % respuestas correctas para todas las Representaciones					
			6	0	0	0	0	0
	Cambio color	17	Bajo % para todas las Representaciones					
			0	0	0	8	15	0
	Cambio concentración	18	Bajo % para todas las Representaciones					
			19	0	0	0	0	0
Simultaneidad	19	Bajo % para todas las Representaciones						
		0	0	0	0	0	15	
No cambio color en equilibrio	20	Bajo % para todas las Representaciones						
		0	0	0	0	0	0	
No cambio de concentración en equilibrio	21	Medio % para L; Alto %Bajo para F y T						
		19	94	84	38	77	54	

Cuando se examinan las respuestas al grupo de ítems asociados con la descripción macroscópica de la situación física planteada en la pregunta, observamos:

- Alto porcentaje de respuestas correctas en las categorías 13a, 13b y 13c
- Influencia del tipo de REP en el contenido de la representación que construyen los estudiantes.

A diferencia de los subgrupos anteriores, B1, B2 y B3, (en el que estudiamos los aspectos Paradigmáticos), en este grupo B4 (centrado en revisar aspectos situacionales) encontramos que aumenta el porcentaje de respuestas correctas para las categorías 13a, 13b, 13c y la categoría 21. Sin embargo, las diferencias no son tan marcadas como para el caso A1, A2 y A3.

El desempeño de la cohorte 2007 es, en general, muy parecido al de la cohorte 2006, si los examinamos en términos de los valores de los % de respuestas correctas, es decir, se observa una tendencia similar en los resultados en los siguientes aspectos:

- Incluir REPs tipo F y T permite que los estudiantes centren su atención en el hecho que una vez el sistema alcance el equilibrio las concentraciones de reactivos y productos se mantiene constante (*categoría 21*)
Fotografía 94% - 2006 y 77% - 2007;
Tabla tenemos 84% -2006 y 54% - 2007.
Los valores son menores si solo se da la REL 19%-2006 y 38%-2007
- Enfrentados a la tarea de construir una GC, la incorporación a la REL de una fotografía (REL+REP-F) o una tabla (REL+REP-T) no facilita reconocer que, una vez alcanzado el equilibrio, se tienen propiedades como el color que no cambian. Se hace esta inferencia a partir de los resultados encontrados

- para la **categoría 20: 0 % para cohorte 2006 y 0% para cohorte 2007 en todos los formatos (REL, REL+REP-F y REL+REP-T).**
- c) Incluir fotografías en el texto no conlleva a reconocer que durante el avance al equilibrio se produce un cambio de color en los componentes del sistema - producto del cambio de concentración de los componentes - (**categoría 17) 0 % para cohorte 2006 en todos los formatos y 8, 15 y 0% para cohorte 2007 en los formatos REL, REL+F y REL+T respectivamente.**
- d) No influye la realización de esta tarea en la posibilidad de hablar de la composición del sistema en términos de la concentración de reactivos y productos (**categoría 18**). Sólo se registra 19% para la REL en la cohorte 2006 y 0 % para los formatos REL+REP-F y REL+REP-T; se repite el valor 0% para la cohorte 2007 en todos los formatos.
- e) Los valores apuntan a que, en general, las REPs parecen favorecer el reconocimiento de las situaciones experimentales concretas. Aunque las REL+REP-F y REL+REP-T parecen funcionar mejor para el reconocimiento de las condiciones iniciales y el avance del sistema a la condición de equilibrio (**categorías 13a y 13b**). Basamos esta afirmación en los altos porcentaje de respuestas para la cohorte 2006 (88 y 84%) y la cohorte 2007 (92 y 77%) para la categoría 13a. De igual manera, esta situación se repite para la cohorte 2006 (91 y 81%) y 2007 (92 y 62%) para la categoría 13b, suponemos que la razón es posible encontrarla en el hecho que las concentraciones en la tabla se expresan con valores numéricos lo que permite una fácil identificación de cuál o cuáles compuestos están presentes. No tenemos explicación para el efecto de la fotografía.
- f) Igual efecto encontramos para la categoría 13c registrándose % 97 y 85 para el formato REL+REP-F cohorte 2006 y 75 y 62 % para cohorte 2007 en el formato REL+REP-T

Así observamos que, para ambas cohortes, las REPs ejercen una influencia positiva en el reconocimiento de las condiciones físicas de la situación descrita; sin que esto se traduzca en el reconocimiento explícito de propiedades macroscópicas como color, concentración, la necesidad de tener un sistema cerrado, lo cual contrasta con los resultados encontrados para el grupo A4 grupo en el que mejora la respuesta en todas las categorías.

A continuación, el subgrupo B.5, en el se sintetizan las respuestas de los estudiantes agrupadas en función de las categorías que hemos definido como Situacionales y que están asociadas a la representación microscópica en la categoría explicación.

B.5. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

CONSTRUCCIÓN GC A PARTIR RL Y RL+REPs CRITERIO SITUACIONAL MICROSCÓPICO
CUALITATIVO COHORTE 07-07

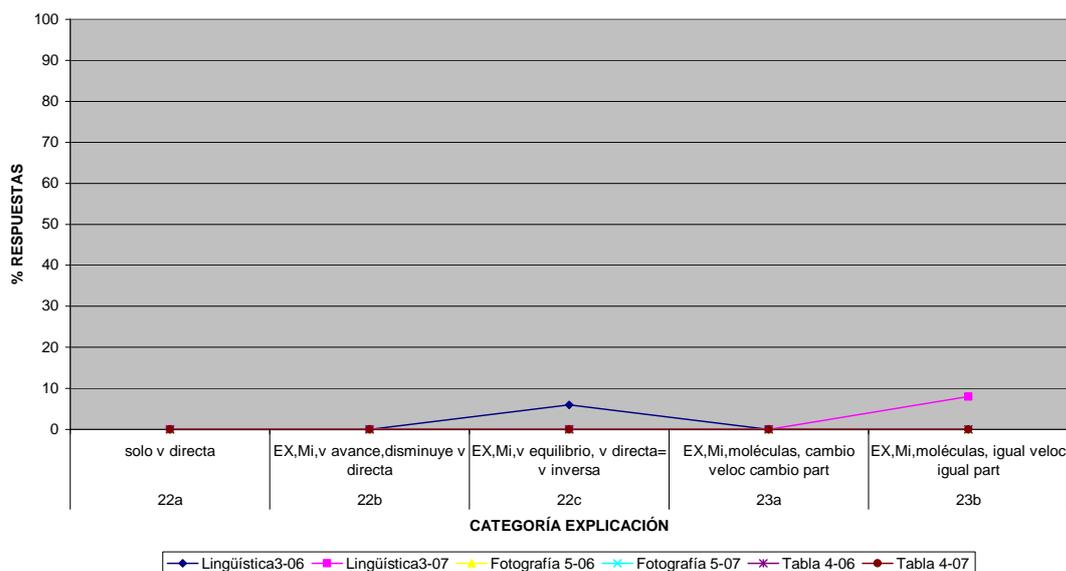


Figura 57: Construcción GC a partir de REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA). Aspectos situacionales asociados al sistema de representación microscópico cualitativo comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

En la Tabla 35 que se presenta a continuación se registran los resultados obtenidos para el criterio situacional microscópico.

Tabla 35: Construcción de GC a partir de REL, REL+REP-F y REL+REP-T. Criterio Situacional-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	F	T	L	F	T
Explicaciones Velocidad reacción	Solo $v_{directa}$	22a	No hay respuestas correctas,					
			0	0	0	0	0	0
	Para avance disminuye $v_{directa}$	22b	No hay respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0
	$v_{directa} = v_{inversa}$ en EQ	22c	Prácticamente no hay respuestas correctas					
			6	0	0	0	0	0
	Cambio v y cambio en N° Partículas en avance	23a	No hay respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0
	No Cambio v y cambio en N° Partículas en EQ	23b	No hay respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0

Tal como se reporta en la bibliografía la referencia a lo microscópico como espacio para la búsqueda de las explicaciones es de difícil acceso a los estudiantes, de allí los muy bajos porcentaje de respuestas, ninguno de los formatos ni la tarea de construir GC contribuye en el reconocimiento de que en el equilibrio las velocidades de las reacciones directa e inversa se igualan, razón por la cual el número de partículas se mantiene constante; sin embargo, no logran hacer referencia a que la composición del sistema se mantiene constante, en el equilibrio, porque no cambia el número de partículas involucradas.

A continuación, en el subgrupo, B.6, examinamos cómo los estudiantes utilizan el sistema de recursos semióticos para construir un GC.

B.6. CONSTRUCCIÓN GC. USO RECURSOS SEMIÓTICOS

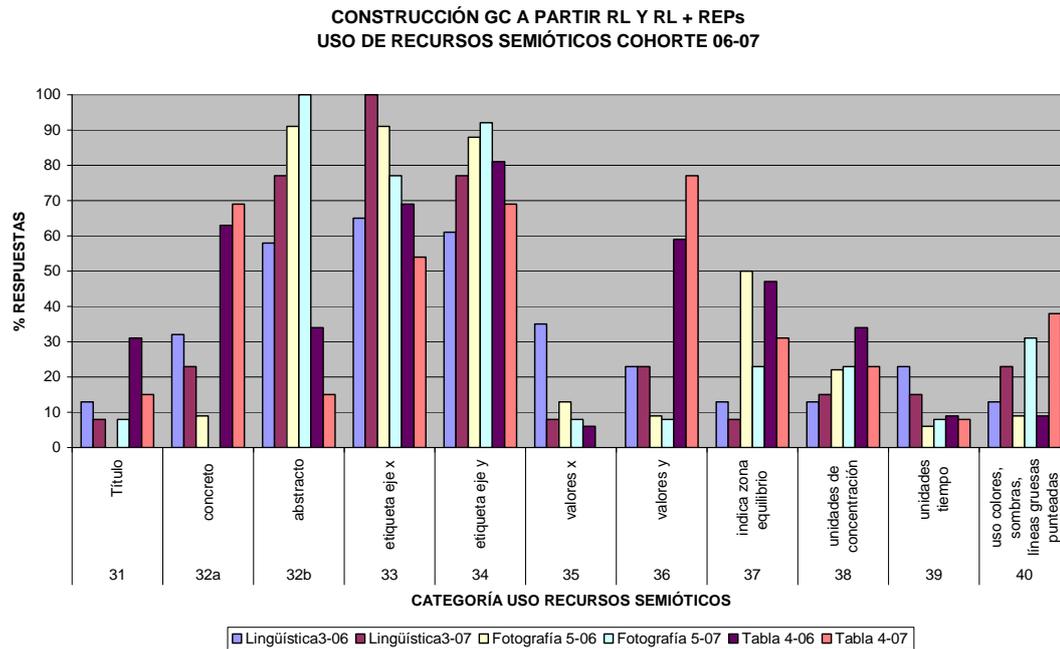


Figura 58: Construcción GC a partir de REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA).
 Uso de recursos semióticos para la construcción de gráficos cartesianos. Comparación
 cohortes 2006(N=32)-2007(N=13).

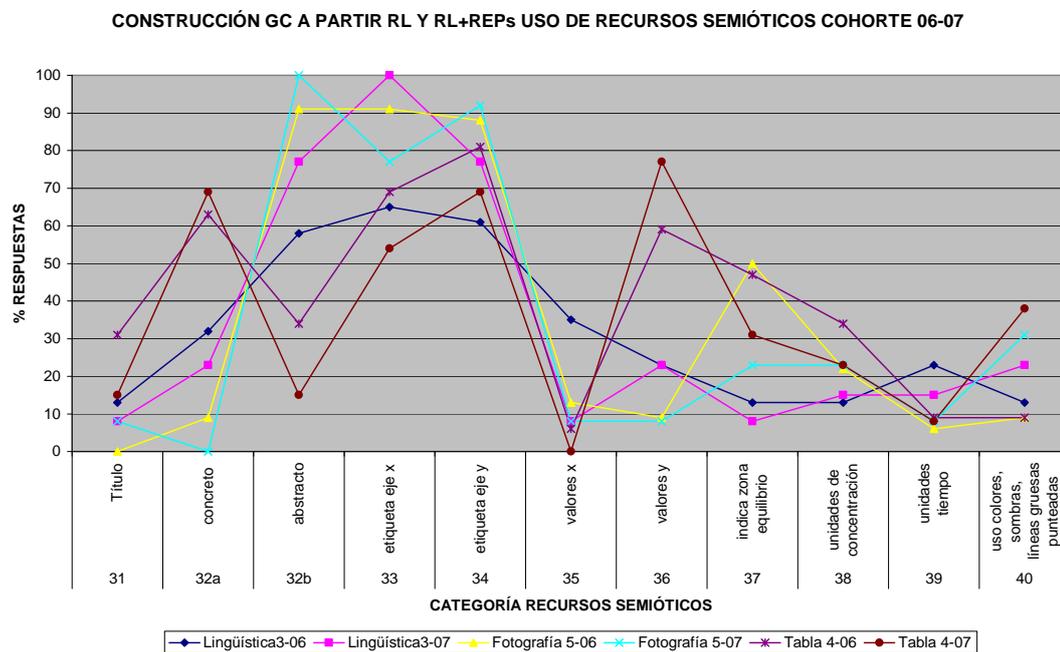


Figura 59: Construcción GC a partir de REL Y REL + REP (FOTOGRAFÍA, TABLA).
 Uso de recursos semióticos para la construcción de gráficos cartesianos. Comparación
 cohortes 2006(N=32)-2007(N=13).

A partir del análisis de cómo los estudiantes hacen uso de los recursos semióticos al enfrentar la tarea de construir un GC, se evidencia el papel que desempeña la representación inicial que se ofrece para realizar las tareas.

Los resultados reflejados en la Figura 59 permiten plantear las siguientes afirmaciones:

a) *Con relación al tipo de Gráfico Cartesiano que se construye.*

Si se inicia la tarea desde la REL o la REL+REP-F, los estudiantes muestran una mayor tendencia a construir un GC abstracto, es decir, sin especificar valores (categoría 32a y 32b). Por el contrario, si la tarea comienza desde una REL+REP-T la tendencia es a construir un GC concreto.

Esto evidencia el papel de la Representación inicial en la construcción del GC. En las tablas se tienen valores numéricos que permiten la construcción de un GC concreto.

b) *Identificación de etiquetas y título.*

Los estudiantes tienden a especificar las etiquetas de los ejes x e y (**categoría 33 y 34** para las que se encuentran % de respuestas superiores al 50 %). Esta tendencia no se repite si se examina la categoría colocar título a la REP (respuestas a la **categoría 31** menores del 20 %)

c) *Los valores.*

Se encuentra que se especifican los valores de concentración en el eje y , en una mayor proporción cuando la representación inicial incluye una Tabla (**categoría 36**)

d) *Las unidades de concentración y tiempo.*

Los estudiantes tienden a no especificar las unidades, menos del 35 % reporta las unidades de concentración (**categoría 38**) y menos del 25 % reporta las unidades de tiempo (**categoría 39**).

e) *Uso de color, sombras, líneas punteadas.*

Un pequeño grupo de estudiantes (menos del 25 %, **categoría 40**) recurre al uso del color y/o líneas punteadas como recurso semiótico al construir el GC.

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS PARA EL GRUPO B.

En este grupo se propone como tarea para ser realizada por los estudiantes la construcción de un GC que describa un experimento. La tarea debe realizarse a partir de la lectura-interpretación-comprensión de tres textos multimodales. La REL en los tres textos es igual y se cambia la REP que se inserta en el texto. El primer texto es sólo la REL. En el segundo texto se incorpora una fotografía siendo la representación de partida del tipo REL+REP-(F; DE). El tercer texto se conforma de la REL más una tabla REL+REP-T. Los resultados permiten realizar las siguientes inferencias:

- a) Al igual que para el grupo A, los estudiantes hacen uso de las fórmulas químicas para referirse a las sustancias que intervienen en el proceso. Sin

embargo, hacen poca referencia a las estructura de las sustancias que intervienen en la reacción.

- b) Los estudiantes tienen dificultades para expresar mediante reacciones químicas los procesos de cambio de un sistema que alcanza un estado de equilibrio. Nos referimos a utilizar el sistema de reglas que exige la incorporación a la ecuación del estado, la estequiometría, la doble flecha. La incorporación de REP de diferente formato (F, T) **no contribuye a que los estudiantes utilicen el lenguaje formal para la representación de los cambios químicos.**
- c) Asignar como tarea la construcción de un GC contribuye a que los estudiantes puedan recuperar información que permite la descripción macroscópica del sistema que alcanza un estado de equilibrio en términos de la composición del sistema, lo que los lleva a hacer referencia a la concentración. Esta influencia se percibe inclusive cuando se suministra una REL+REP-F si observamos los % de respuestas: 94 % para la cohorte 2006 y 100% para la cohorte 2007. Contrasta este hecho con los resultados encontrados para el grupo A en esta categoría (2b) para la cual insertar una fotografía sólo lleva a obtener % respuestas entre 15%(2007)-28%(2006).

Cuando la tarea propuesta implica construir un GC, destaca el hecho que insertar una fotografía no contribuye a que se haga referencia a una propiedad del sistema que cambia con el avance de la reacción: el color. Igual efecto se encuentra para estado, en las respuestas construidas se encuentra poca referencia al estado de los compuestos (menos del 10% para ambas cohortes).

Este hecho nos permite afirmar que hay una doble influencia de la REP: a) cuando actúa como fuente de información y b) cuando dirige la tarea a realizar. Para la construcción del GC no es relevante la información que alude al color de los compuestos como indicador de avance de la reacción, o al estado físico.

El efecto de introducir una REP a la REL se repite al analizar la descripción situacional.

Las REL, REL+REP-F y REL+REP-T contribuyen a que se pueda reconocer las condiciones iniciales, el avance y la situación de equilibrio. Aunque contribuyen en mayor proporción REL+REP-F y REL+REP-T.

Las fotografías y las tablas permiten al estudiante construir un discurso en el que hacen referencia al no cambio de concentración en el equilibrio sin establecer relación con no cambio de color en el equilibrio.

- d) Es pequeño el aporte de la incorporación de REP a la construcción de un discurso que focalice su atención en la visión microscópica que conecte el cambio a una situación de equilibrio con las velocidades de la reacción directa e inversa, o al número de partículas.
- e) Otro indicativo de la influencia de la información disponible al inicio, las representaciones de partida, sobre la información que los estudiantes recuperan se encuentra al examinar el uso que hacen de los recursos

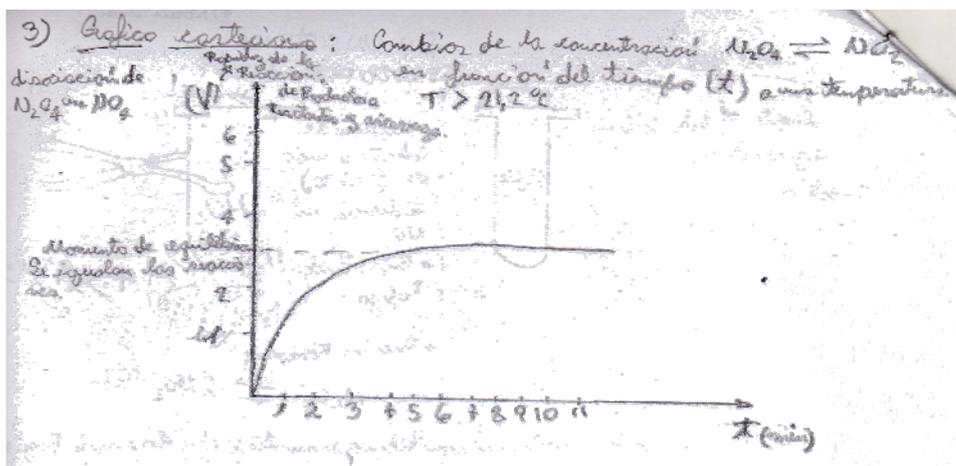
semióticos al construir un GC. Suministrar REL+REP-T hace que los estudiantes tiendan a construir un GC concreto (en el que se especifican valores de concentración), por el contrario partir de solo la REL o REL+REP-F lleva a la construcción de un GC abstracto, sin especificar valores de concentración. A partir de la información suministrada es imposible asignar valores de tiempo.

Suministrar REL+F o REL+T lleva a los estudiantes a utilizar recursos que les permitan señalar la zona de equilibrio.

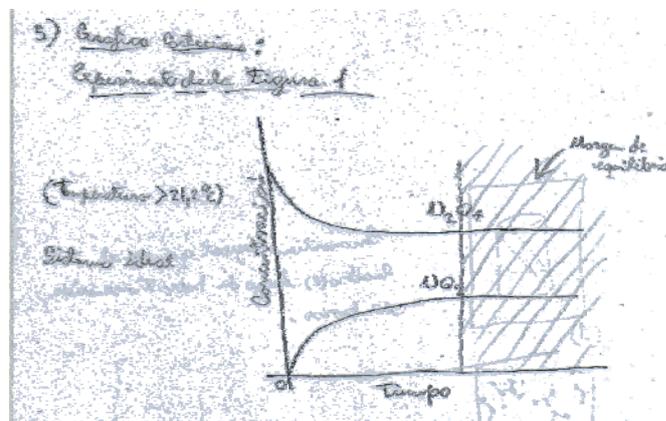
- f) En la construcción de los GC observamos que los estudiantes especifican las etiquetas para los ejes x e y; aunque no especifican título para el gráfico.

A continuación, se muestran los textos producidos por los estudiantes Jua (cohorte 2006) y Ton (cohorte 2007) en respuesta a la pregunta: DESCRIBE CON TUS PALABRAS EL EXPERIMENTO.

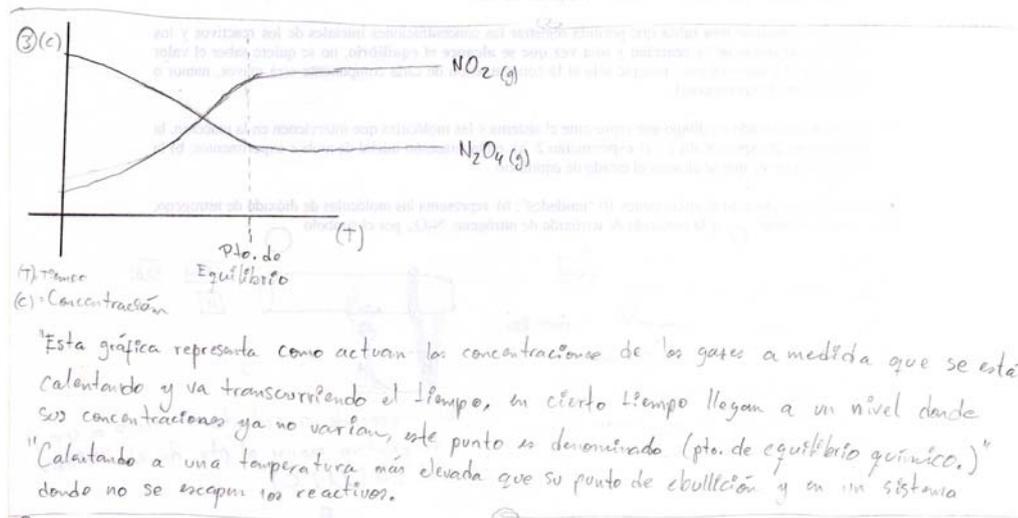
Estudiante Jua (cohorte 2006). Construcción REP-GC a partir REL



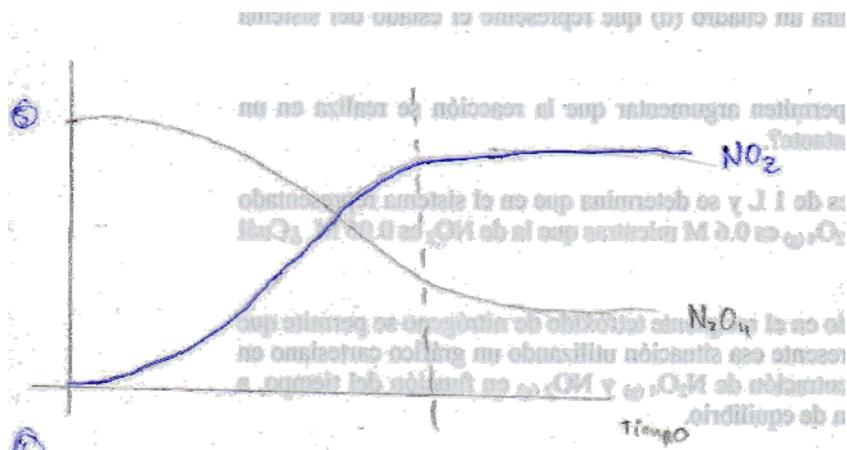
Estudiante Jua (cohorte 2006). Construcción REP-GC a partir REL+REP-F



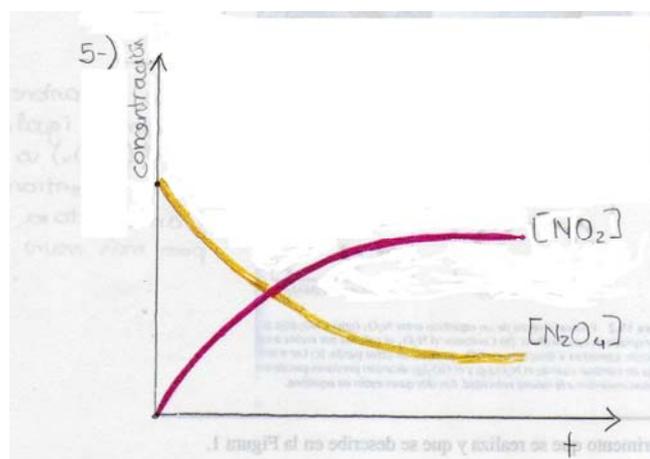
Estudiante Ton (cohorte 2007). Construcción REP-GC a partir REL



Estudiante Ton (cohorte 2007). Construcción REP-GC a partir REL+REP-F.



Estudiante Mars (cohorte 2007). Construcción REP-GC a partir REL+REP-F



V-B.3. GRUPO C. INFLUENCIA R. LINGÜÍSTICA SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE REP DE DIFERENTE FORMATO (DIBUJO, DIAGRAMA ESTRUCTURA, GRÁFICO CARTESIANO, TABLA).

Transformación a REP a partir de REL. COHORTES 2006 Y 2007.

Análisis según criterio paradigmático-categorías: lingüística-matemática; propiedad física; velocidad de reacción-partículas y criterio situacional-categorías descripción; explicación.

GRUPO C: CONSTRUCCIÓN DIBUJO, DIAGRAMA DE ESTRUCTURA, GRÁFICO CARTESIANO Y TABLA A PARTIR DE REL. COHORTES 2006 Y 2007

En este tercer grupo exploramos como los estudiantes realizan la tarea de construir REPs en diferentes formatos (D-L1, DE-L2, GC-L3 y T-L4) a partir de una REL.

Al igual que en el grupo anterior, focalizamos nuestra atención en el uso de:

1. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Las representaciones simbólicas lingüísticas-matemáticas utilizadas comúnmente para construir el lenguaje formal sobre EQ.
 - b) Los sistemas de representación macroscópicas
 - c) Los sistemas de representación microscópicas
2. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Los sistemas de representación macroscópicas
 - b) Los sistemas de representación microscópicas

ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DADAS POR LOS ESTUDIANTES A LAS PREGUNTAS 1.1-1.2-1.3-1.4

<p>Propósito</p> <p>Ver cambios en la construcción de la REP a partir de textos conformados solo por REL</p> <p>La construcción del REPs se realiza a partir de la descripción de una situación inicial caracterizada porque la composición del sistema en el estado inicial es diferente. Se debe describir, utilizando el GC el avance al equilibrio y la situación de equilibrio.</p>	<p>✓ Tarea</p> <p>A partir de la lectura de una REL</p> <p>Se pide construir una REP del tipo Dibujo (1.1), Diagrama Estructura (1.2), Gráfico Cartesiano (1.3) y Tabla (1.4)</p> <p>✓ Operaciones</p> <p>4. CONSTRUIR, que implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Leer ✓ Capturar información ✓ Planificar y diseñar REP-GC ✓ Transformar una representación en otra diferente <p>5. INTERPRETAR</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Examinar consistencia de los datos ✓ Generar el significado de una REP ✓ Dar sentido al fenómeno, concepto o datos representados por la REP <p>3. RAZONAR</p>	<p>Se comparan las respuestas 1.1-1.2-1.3-1.4</p> <p>1.1: construir Dibujo Realiza un dibujo que permita describir físicamente el experimento realizado en el nivel macroscópico. Especifica las características del recipiente en que se realiza la reacción.</p> <p>1.2: construir Diagrama de estructura Escribe, utilizando una representación de bolitas, la representación de la reacción de equilibrio.</p> <p>1.3: construir GC El experimento se realiza colocando al inicio en el recipiente tetróxido de nitrógeno se permite que la reacción avance hasta el equilibrio. Represente esa situación utilizando un gráfico cartesiano en el que se muestra como cambia la concentración de $N_2O_4(g)$ y $NO_2(g)$ en función del tiempo, a medida que la reacción avanza a la situación de equilibrio.</p> <p>1.4: construir Tabla</p>
---	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Soportar con argumentos ✓ Conceptualizar el fenómeno 	<p>Se realizan dos experimentos diferentes. El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1 L. Se quiere construir una tabla que permita registrar las concentraciones iniciales de los reactivos y los productos al inicio de la reacción y una vez que se alcance el equilibrio, no se quiere saber el valor exacto de la concentración, indique sólo si la concentración de cada componente será mayor, menor o igual que en el experimento1.</p>
--	---	--

C.1. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA DE TIPO LINGÜÍSTICA-MATEMÁTICA

A continuación en el grupo C.1. se resumen las respuestas a las preguntas que permiten examinar el uso que hacen los estudiantes de las representaciones lingüísticas-matemáticas.

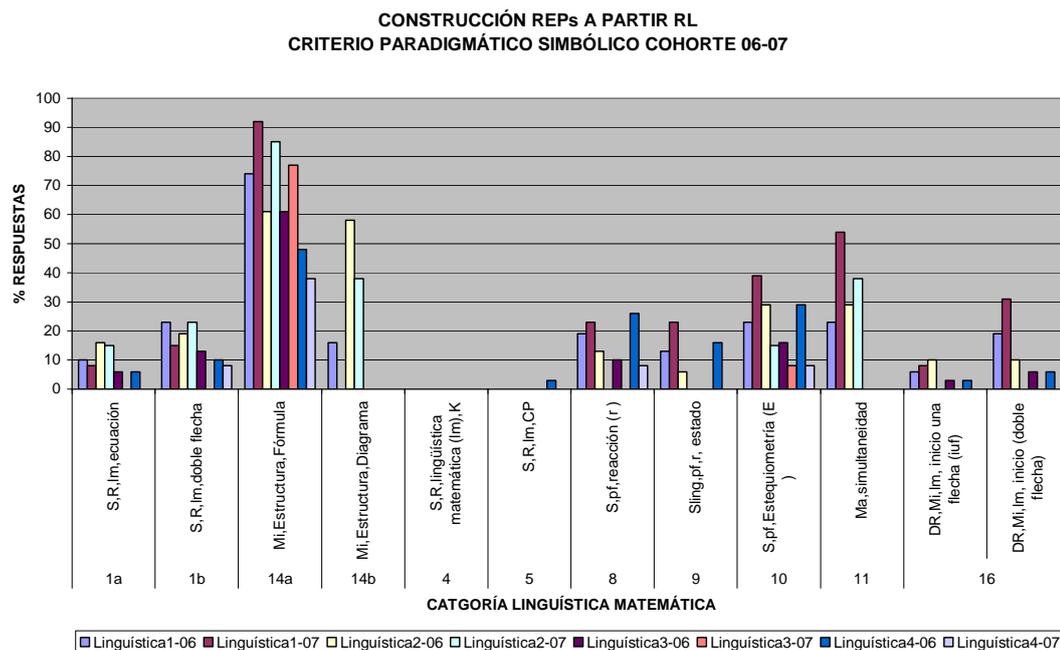


Figura 60: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación simbólica. Comparación cohortes 2006 (N=32) Y 2007 (N=13).

CONSTRUCCIÓN REPs A PARTIR RL
CRITERIO PARADIGMÁTICO SIMBÓLICO COHORTE 06-07

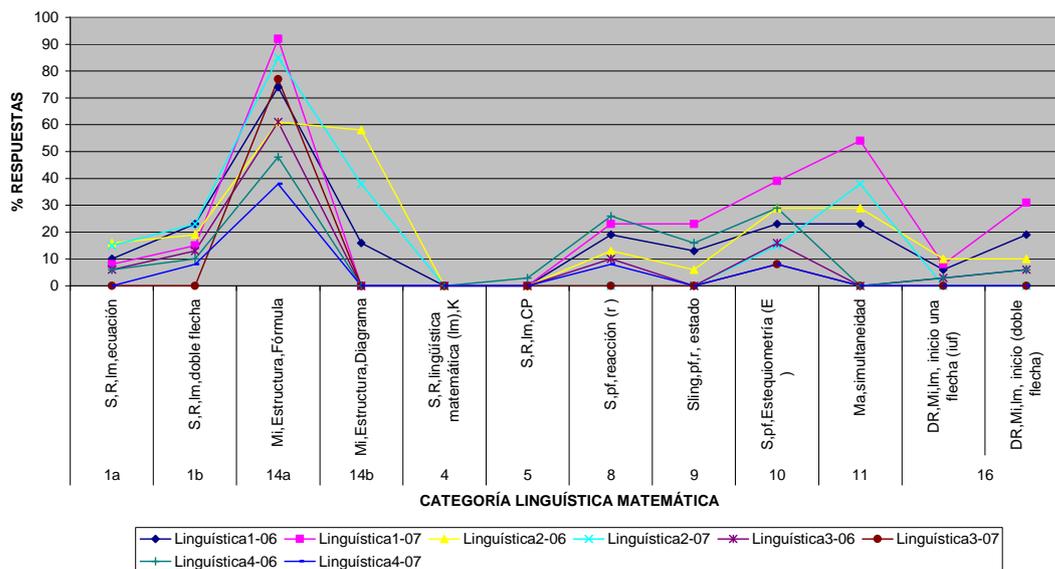


Figura 61: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación simbólica. Comparación cohortes 2006 (N=32) y 2007 (N=13).

USO DEL LENGUAJE FORMAL: Las Representaciones simbólicas de tipo lingüísticas-matemáticas utilizadas para la representación de los estados de equilibrio.

Nos proponemos indagar el efecto sobre la **construcción** de diferentes REPs: Dibujo, Diagrama Estructura, GC y Tabla³⁵. Esta construcción se debe realizar a partir de la lectura-interpretación-comprensión de un texto presentado como una REL.

Estudiaremos las representaciones lingüísticas-matemáticas utilizadas por los estudiantes cuando tienen como tarea construir diferentes REPs que involucre “hablar” sobre una reacción química en situación de EQ y/o de avance al EQ.

Las categorías empleadas son iguales a las utilizadas en los dos grupos anteriores: representación del cambio químico, uso de los símbolos y representación matemática del equilibrio. Las categorías son:

- a) Representación de las sustancias que intervienen en el proceso mediante fórmulas químicas: **categoría 14a**.
- b) Representación del proceso de cambio mediante ecuaciones químicas: **categoría 1a y 8**.
- c) Necesidad de especificar la estequiometría dada la dependencia de la constante de los coeficientes estequiométricos: **categoría 10**.
- d) Representación del estado de las sustancias que intervienen: **categoría 9**.

³⁵ Identificadas en las Figuras 61-70, como Lingüística1 (Dibujo), Lingüística2 (Diagrama Estructura), Lingüística3 (GC) y Lingüística4 (Tabla).

- e) Uso de flechas y dobles flechas para diferenciar reacciones que transcurren hasta completarse o reacciones que alcanzan equilibrio: *categorías 1b y 16*.

A continuación los resultados para las categorías establecidas (Tabla 36)

Tabla 36: Construcción diferentes REPs: Dibujo (D), Diagrama Estructura (DE), Gráfico Cartesiano (GC) y Tabla (T) a partir de una REL. Criterio Paradigmático-Simbólico. Comparación Cohortes 2006-2007

Representación simbólica tipo Lingüística-Matemática		Categorías	2006 (N=32)				2007 (N=13)			
			D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
R. Sustancias	Fórmula	14a	Medio y alto % respuestas correctas							
			74	61	61	48	92	85	77	38
R. Sustancias	Diagrama Estructura	14b	Destaca medio % de respuestas correctas para DE ambas cohortes							
			16	58	0	0	38	0	0	0
R. Reacción	Reacción	1a	% respuestas correctas							
			10	16	6	6	8	15	0	0
		8	19	13	10	26	23	0	0	8
	Estado	9	Bajo % respuestas correctas							
			13	6	0	16	23	0	0	0
	Estequiometría	10	Bajo % respuestas, medio para D (2007)							
			23	29	16	29	39	15	8	8
	Doble flecha	1b	Bajo % respuestas							
		23	19	13	10	15	23	0	8	
	16 b	19	10	6	31	0	0	0	0	
R. matemática del EQ	Expresión de la Keq	4	No se producen respuestas							
			0	0	0	0	0	0	0	0
	Uso de concentraciones o presiones	5	Prácticamente No se producen respuestas correctas							
			0	0	0	3	0	0	0	0

1. *Representación del cambio químico expresado como:*

- A. La representación de las *sustancias que intervienen en la reacción*, que debe concretarse por la escritura de las fórmulas (*categoría 14a*).

Se repiten los altos porcentaje de respuestas encontrados para los grupos A1 y B1. *Los valores más altos corresponden al formato Dibujo con 74 % para 2006 y 92 % para 2007 en esta categoría para los formatos D, DE, GC, bajando este % para el formato T (48% para 2006 y 38% para 2007)*. Los resultados muestran una alta tendencia a utilizar las fórmulas para expresar las sustancias que intervienen en la reacción.

Sin embargo, en contraposición a los resultados encontrados hasta ahora, observamos que si se pide expresamente escribir los diagramas de estructura (*categoría 14b*) **se tiene como resultado un aumento porcentual de respuestas (58 % para 2006 y 38 % para 2007)**.

En los grupos A1 y B1 los estudiantes no utilizan este tipo de diagramas (*Grupo A1 % de respuestas entre 3 y 8 % y para el grupo B1 0%*). *Destaca el valor 38% de estudiantes que utilizan el diagrama de estructura al construir su respuesta (cohorte 2007) cuando la construcción deben realizarla a partir de una REL+REP-F. La fotografía incluye una representación de la reacción utilizando los referidos diagramas.*

Destacamos que el punto de partida era la lectura de una REL sin incluir REPs en ningún formato. Sin embargo, no nos atrevemos a afirmar que los estudiantes

logran “hablar” en el nivel microscópico, se necesitaría más información para asegurarlo.

B. *La representación del proceso:*

En cuanto a la escritura de las reacciones químicas como manera de representar los cambios químicos que transcurren, los resultados sugieren (igual para los grupos A1 y B1) que los estudiantes no logran construir en su “discurso” una representación que respete las reglas establecidas por la comunidad discursiva para escribir una reacción química en el contexto de EQ. Sustentamos esta afirmación en los bajos porcentaje de respuestas correctas para la *categoría 1a* (6-16%) y la *categoría 8* (0-26%) en todos los formatos.

Como ya se ha señalado es preciso, dentro del modelo EQ, especificar el estado de todas las sustancias que intervienen; se examinan las respuestas a este ítem a partir de los resultados a la *categoría 9*. Las respuestas indican que parece activarse más esta información cuando se construye un dibujo (13 % para 2006 y 23 % para 2007) *posiblemente* porque al tener que describir se piensa en una característica como el estado de las sustancias, característica para la que tienen una referencia experiencial. En este caso (indicar el estado) se encuentran resultados similares para los grupos A1 y B1

Sin embargo, al examinar la especificación de la estequiometría (*categoría 10*), hay un aumento en el porcentaje de respuestas en todos los formatos con valores de % que varían entre 16-29 % para cohorte 2006 correspondiendo el valor más alto (29) para los formatos Diagrama Estructura y Tabla. Para la cohorte 2007 los valores cambian entre 8-39% correspondiendo el valor más alto (39 %) a Dibujo. Estos valores contrastan con las exigencias paradigmáticas. Es posible que estos resultados tengan su origen en el hecho que los problemas que se plantean siempre deben especificar la relación estequiométrica para asegurar que el valor de la constante con que se trabaja es la correspondiente a la reacción planteada, por lo que los estudiantes al enfrentar la resolución de un problema no deben balancear la reacción.

De igual manera observamos que los estudiantes no respetan la convención de utilizar doble flecha para los sistemas químicos que alcanzan el equilibrio (*categoría 1b*, % de respuestas entre 0-13%) y (*categoría 16b*, % de respuestas entre 0-15%). El tipo de representación que deben construir no parece ejercer influencia sobre las respuestas.

2. *Representación matemática del equilibrio:* Constante de equilibrio (*categoría 4 y 5*).

Al igual que para los grupos A1 y B1 no encontramos en las respuestas la necesidad de expresar las cantidades de reactivos y productos (dentro de la K_{eq}) en las variables correspondientes: Concentración y/o Presión (*categoría 5: % de respuestas aproximadas a 0%*).

Afirmaciones que podemos realizar a partir de los resultados.

Para este grupo (C1) los resultados nos permiten afirmar que las cohortes 2006 y 2007 muestran una tendencia similar a no utilizar el lenguaje simbólico en la categoría que hemos denominado lingüística matemática. La demanda de construir diferentes formatos de REPs produce, en líneas generales, un aumento en los porcentajes de respuestas en las categorías que representan la descripción de proceso (reacción). Al comparar los resultados para los grupos A1, B1 y C1 inferimos que proponer como tarea construir una REP en un formato particular permite que los estudiantes recuperen un tipo específico de información, lo que se refleja por un aumento en los porcentajes de respuestas. Por ejemplo la especificación de la estequiometría de la reacción se explicita en las respuestas en mayor porcentaje (que varían entre 20 y 50) cuando se pide a los estudiantes hacer un dibujo o escribir el diagrama de estructura. Estos resultados contrastan con los obtenidos al pedir construir una REL (grupo A1, se obtiene valores que varían entre 0 y 20%).

Constituye una excepción la categoría 14a, lo que nos hace pensar que el lenguaje químico, para los estudiantes de estas cohortes, se reduce a escribir las fórmulas químicas de las sustancias que intervienen en el proceso. Se debe indagar en posteriores trabajos el significado que los estudiantes atribuyen a las fórmulas pues es posible que escribirlas sea un acto más mecánico que de significado.

La naturaleza de las tareas que generalmente se propone a los estudiantes (resolución de problemas) puede ser el origen de no prestar atención a la necesidad escribir la reacción química especificando la estequiometría, el estado. Normalmente en los problemas propuestos se especifica la reacción, el balanceo y el estado porque de estas variables depende tanto la forma de escribir, por ejemplo, el valor de la constante de equilibrio. Escribir la ecuación balanceada e indicar el estado hace posible operar matemáticamente para realizar los cálculos, reafirmando el carácter operativo de los esquemas desarrollados por los alumnos (Hernando y col., 2003; Níaz, 1995c)

C.2. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO.

En el grupo C.2., se resumen los resultados encontrados para los aspectos Paradigmático asociados al nivel Macroscópico, en la categoría propiedad física.

CONSTRUCCIÓN REP A PARTIR RL
 CRITERIO PARADIGMÁTICO MACROSCÓPICO CUALITATIVO COMPARACIÓN 06-07

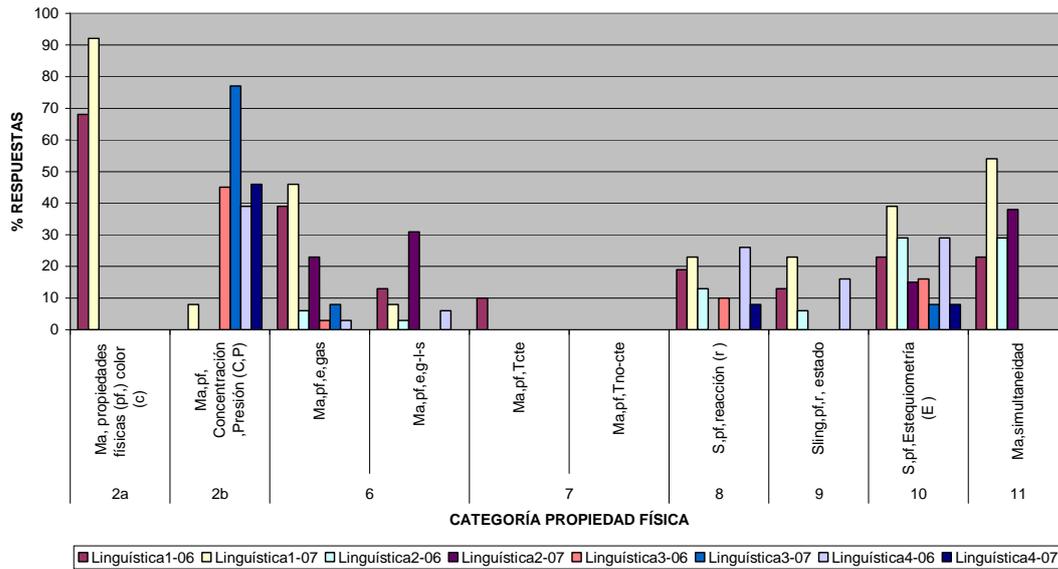


Figura 62: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio paradigmático macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32)-2007(N=13)

CONSTRUCCIÓN REPs A PARTIR RL
 CRITERIO PARADIGMÁTICO MACROSCÓPICO CUALITATIVO COMPARACIÓN COHORTE 06-07

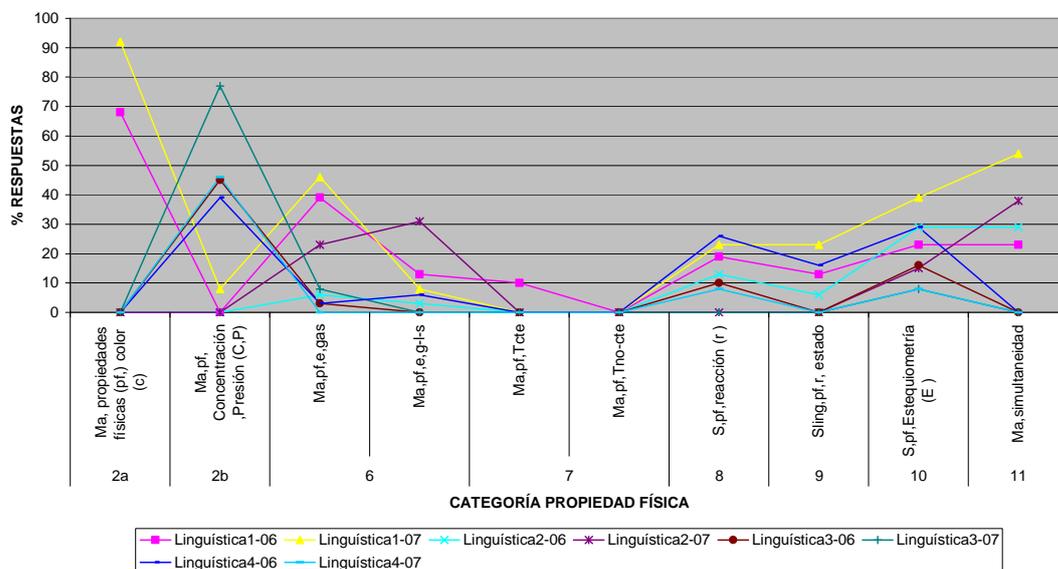


Figura 63: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio paradigmático macroscópico cualitativo. Comparación cohorte 2006 (N=32)-2007(N=13)

LAS DESCRIPCIONES MACROSCÓPICAS. *Reconocimiento de los aspectos macroscópicos asociados a la situación física: color, equipos, sustancias y estados, simultaneidad.*

Examinamos en este apartado las respuestas dadas por los estudiantes desde la óptica de las variables macroscópicas a considerar para describir el EQ:

- Propiedades observables: color (*categoría 2a*)
- Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)
- Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*)
- Requerimiento de mantener Temperatura constante (*categoría 7*)
- Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría 11*)

A continuación, se exponen los resultados en la Tabla 37.

Tabla 37: Construcción REPs en diferentes formatos (D, DE, GC, T) a partir de REL. Criterio Paradigmático-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Paradigmáticos Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)				2007 (N=13)			
			D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
Propiedades observables que contribuyen a Descripción de situación física	Color	2a	Altos % respuestas para dibujo							
			68	0	0	0	92	0	0	0
	Composición expresada como concentración	2b	Medio % respuestas para GC y T							
			0	0	45	39	8	0	77	46
	Estado	6	39	6	3	16	46	23	8	0
			13	3	0	0	8	31	0	0
Requisitos del EQ	Temperatura	7	Bajos % de respuestas							
			10	0	0	0	0	0	0	0
	Simultaneidad	11	Respuestas para D y DE							
			23	29	0	0	54	38	0	0

Analizaremos la *representación del proceso* en términos de una descripción fenomenológica utilizando las categorías preestablecidas:

- Propiedades observables: color (*categoría 2a*)

La construcción de un Dibujo (D) implica fijar la atención sobre propiedades macroscópicas como el color al construir el discurso, lo que coincide con el hecho que los estudiantes hacen referencia a esta propiedad, se *encuentra 68%-2006 y 92 %-2007. En contraposición, para los formatos DE, GC y T se tiene 0% de respuestas que hacen referencia al color.*

Los resultados obtenidos para este grupo, C2, contribuyen a reafirmar los encontrados para A2 en el sentido de tener una doble influencia: a) la naturaleza de la tarea y b) la naturaleza de las condiciones a partir de la cual se debe realizar la tarea.

- Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)

Las respuestas a esta tarea permiten reafirmar la relación de interdependencia entre la información que se recupera y la tarea a realizar. En este caso en que la tarea consiste en construir un gráfico cartesiano, o una tabla, la tarea implica hacer uso de recursos semióticos como las etiquetas que identifican las variables a graficar en los ejes o las entradas de las tablas. Al construir el GC es preciso especificar la variable concentración (eje y) y la variable tiempo (eje x); de igual manera al construir la Tabla se debe especificar la variable concentración como entrada de una columna o fila.

Consideramos que la necesidad de explicitar las variables en el GC y la T hace que los estudiantes hagan referencia a la variable concentración al construir este tipo de REP, por el contrario, no se hace referencia al construir el dibujo o el diagrama de estructura.

Se obtienen los siguientes resultados: Dibujo (0 y 8%); para Diagrama de estructura (0 y 0%); para la GC (45 y 77%) y para la Tabla (39 y 46 %).

- c) Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*) y consideración de la estequiometría (*categoría 10*).

Nuevamente estos resultados parecen destacar la importancia de la tarea a realizar como elemento para focalizar la atención sobre un tipo particular de información, en este caso la construcción de un Dibujo (D) requiere información sobre estado, color, por lo se hace referencia a esta información al construir la respuesta.

Los porcentajes de respuestas encontrados para el reconocimiento del estado (*categoría 6*) de las sustancias al construir un D (39 y 46%). Contrastan estos resultados con los valores reportados para esta **categoría 6** si la REP que se debe construir es: a) diagrama de estructura DE (6 y 23 %), b) un GC (3 y 8 %) y c) una Tabla (16-8%).

En cuanto a hacer referencia a la estequiometría de la reacción (*categoría 10*) llama la atención el cómo se distribuyen las respuestas, pareciera que el tener que construir estas REPs a partir de REL focaliza la atención de los estudiantes y los lleva a especificar el balanceo de la ecuación, sin embargo, de acuerdo a los modelos conceptuales se esperaba porcentajes de respuestas mucho mayores a los encontrados.

- d) La Temperatura como variable constante (*categoría 7*)

Este es un aspecto paradigmático clave para la aplicación del modelo conceptual equilibrio químico.

*A partir de nuestros resultados podemos afirmar que construir una REP no facilita el reconocer el valor de la Temperatura a la que se realiza el proceso, tampoco se reconoce como requisito que la temperatura debe mantenerse constante para poder aplicar los modelos conceptuales (rango de variación entre 0-10 % para la **categoría 7**). Insistimos que este hecho puede tener su origen en la representación pedagógica asumida como modelo. En la mayoría de los problemas propuestos en las aulas y en los textos exigen considerar esta variable. En general, los estudiantes consideran que especificar el valor de la temperatura corresponde a un elemento distractor porque no deben operar matemáticamente con ese valor.*

- e) Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría 11*).

Parece que lo abstracto de la representación a construir (GC) no activa referencias a esta característica del sistema, que es explícita en la fotografía, lo cual contribuye a

reforzar la idea de dos variables: a) el texto de partida y b) las características de la tarea a realizar.

C.3. ASPECTOS PARDIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

En el subgrupo C.3., se presentan los resultados correspondientes a los aspectos Paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico en la categoría velocidad de reacción.

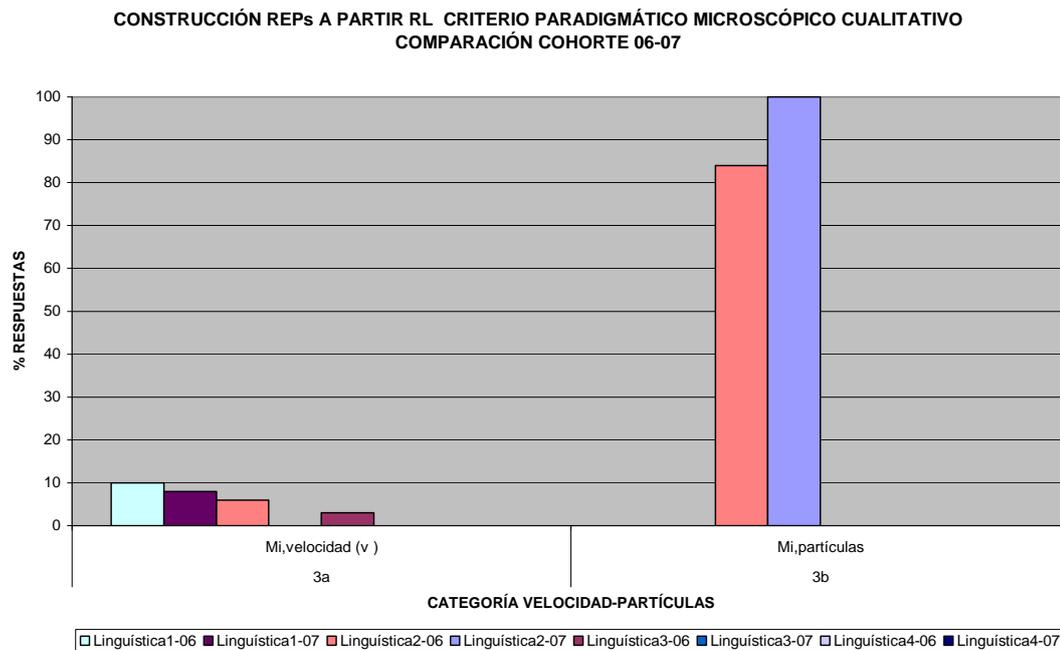


Figura 64: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio paradigmático microscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32)-2007(N=13)

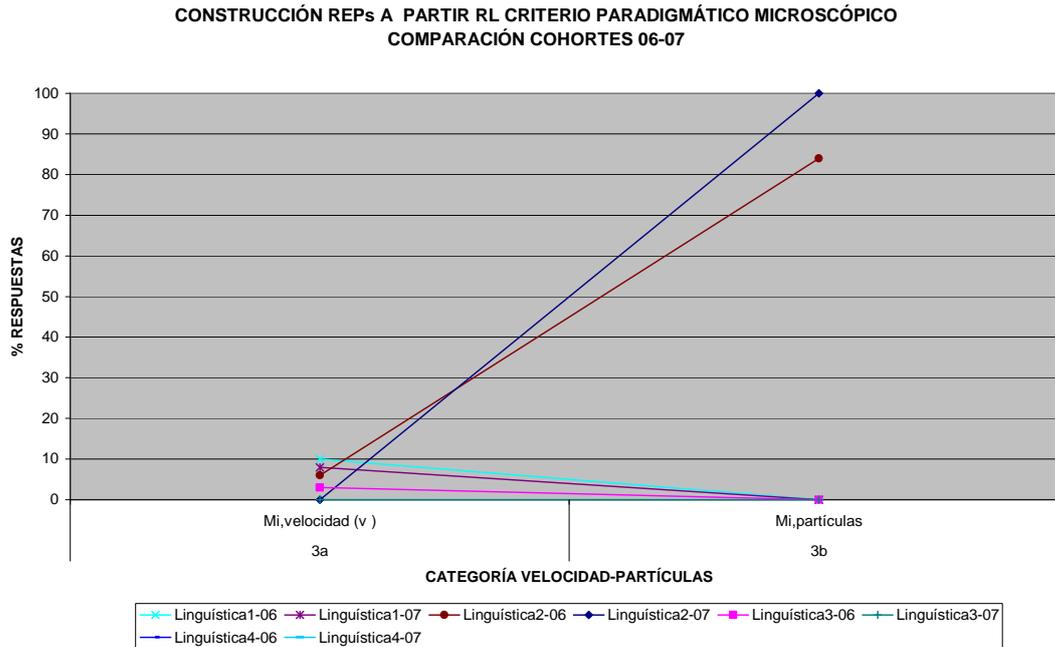


Figura 65: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio paradigmático microscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32)-2007(N=13)

La búsqueda de Explicaciones. Uso del nivel Microscópico.

Las explicaciones en el nivel microscópico están asociadas a:

- c) La velocidad de la reacción, entendiendo que se debe diferenciar entre la velocidad de la reacción directa y la inversa en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (*categoría 3a*).
- d) El número de partículas (*categoría 3b*).

Tabla 38: Construcción de Dibujo (D), Diagrama de Estructura (DE), GC y Tabla (T) a partir de REL. Criterio Paradigmático-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Paradigmáticos Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)				2007 (N=13)			
			D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
Explicaciones	Velocidad reacción	3a	Muy bajo % de respuestas							
			10	6	3	0	8	0	0	0
	Partículas	3b	Alto % para los DE							
			0	84	0	0	0	100	0	0

La construcción de un tipo particular de REPs, a partir de una REL no parece ejercer influencia para activar los aspectos microscópicos asociados a velocidad, estos aspectos se reporta en la bibliografía que son difíciles de activar. Nuevamente las características de la tarea que se propone realizar parecen influir sobre el tipo de información que se activa.

En el caso del GC, así como la solicitud de representar variaciones en la composición, no permite activar explicaciones en términos de velocidad de reacción lo que contrasta con lo encontrado para el grupo A3. Para el grupo A3, el GC facilita hacer referencia a las explicaciones en términos de velocidad de reacción (28 % para cohorte 2006 y 15% para cohorte 2007)

Pedir a los estudiantes construir Diagramas de estructuras permite focalizar la atención sobre las partículas como se observa a partir de los resultados a la categoría 3b cuyos % varían entre 84% para la cohorte 2006 y 100% para la cohorte 2007.

Reafirmamos que activar las representaciones microscópicas como base del sistema de explicaciones en Química es un verdadero problema pedagógico, no solo para este tema en general para todos los temas en Química General.

C.4. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO.

En el subgrupo C.4., se examinan las respuestas fijando la atención en los aspectos situacionales asociados a las representaciones macroscópicas, en la categoría descripción.

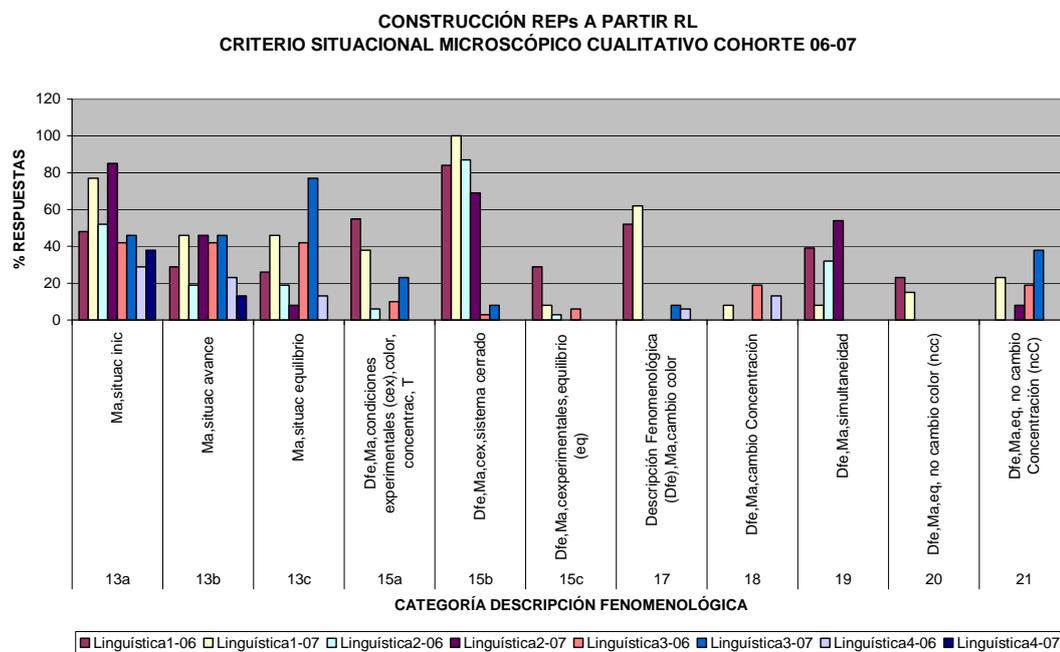


Figura 66: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio situacional macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32), 2007(N=13)

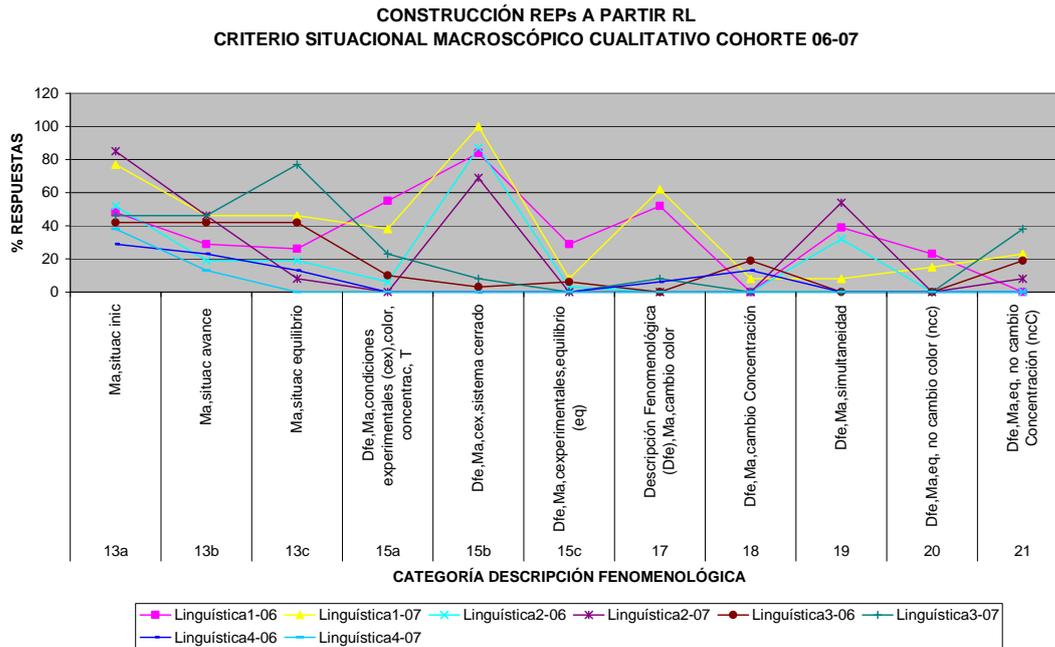


Figura 67: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio situacional macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32), 2007(N=13)

Examinemos los resultados encontrados y reflejados en la Tabla 39 que se presenta a continuación.

Tabla 39: Construcción de REPs (D; DE; GC; T) a partir de REL. *Criterio Situacional-Macroscópico*. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)				2007 (N=13)			
			D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
Representación situación experimental planteada	Inicio	13a	48	52	42	29	77	85	46	38
	Avance	13b	29	19	42	23	46	46	46	23
	Equilibrio	13c	26	19	42	13	46	8	77	0
Condiciones Experimentales	Propiedades como color, concentración., temperatura	15a	55	6	10	0	38	0	23	0
	Sistema Cerrado	15b	84	87	3	0	100	69	8	0
	Condiciones en Equilibrio	15c	29	3	6	0	8	0	0	0
	Cambio color	17	52	0	0	0	62	0	8	0
	Cambio concentración	18	0	0	19	13	8	0	0	0
	Simultaneidad	19	39	32	0	0	8	54	0	0
	No cambio color en equilibrio	20	23	0	0	0	15	0	0	0
	No cambio de concentración en equilibrio	21	0	0	19	0	23	8	38	0

Las respuestas al grupo de ítems asociados con la descripción macroscópica de la situación física planteada en la pregunta, observamos, que:

- ✓ En general, se obtienen valores menores del 50% de respuestas correctas en el reconocimiento de la situación de inicial, de avance y equilibrio
- ✓ La influencia del tipo de REP que hay que construir, es decir la tarea a realizar, sobre la información que se recupera a partir de la REL.

El desempeño de la cohorte 2007 es, en general, muy parecido al de la cohorte 2006, si los examinamos en términos de los valores de los % de respuestas correctas, es decir, se observa una tendencia similar en los resultados; por ejemplo:

- a) Construir un D o un DE permite que los estudiantes centren su atención en el hecho que el sistema es cerrado (*categoría 15b*)
Dibujo: 84% - 2006 y 100% - 2007; Diagrama de estructura: 87% -2006 y 69% - 2007.

Datos que contrastan con las categorías encontradas para GC (3 %-2006 y 8 %-2007) y Tabla (0% ambas cohortes)

- b) Los valores apuntan a que, en general, construir diferentes tipos de REPs parece favorecer el reconocimiento de las situaciones experimentales concretas, por ejemplo, el reconocimiento de las condiciones iniciales y el avance del sistema a la condición de equilibrio y la situación de equilibrio (*categorías 13a, 13b y 13c*). la representación que parece ayudar menos es la tabla.

Basamos esta afirmación en los porcentajes de respuestas para la cohorte 2006 y la cohorte 2007 para la *categoría 13a*.

Dibujo: 48% - 2006 y 77% - 2007; Diagrama de estructura: 52% -2006 y 85% - 2007; GC: 42 %-2006 y 46 %-2007 y para Tabla: 29 %-2006 y 38 %-2007

De igual manera esta situación se repite para la *categoría 13b*,

Dibujo: 29% - 2006 y 46% - 2007; Diagrama de estructura: 19% -2006 y 46% - 2007; GC: 42 %-2006 y 46 %-2007 y para la Tabla: 23 %-2006 y 23 %-2007.

Para la categoría 13c se tiene:

Dibujo: 26% - 2006 y 46% - 2007; Diagrama de Estructura: 19% -2006 y 8% - 2007; GC: 42 %-2006 y 77 %-2007 y Tabla: 13 %2006 y 0%-2007.

Se observa, para ambas cohortes, que la construcción de una REPs ejerce una influencia positiva en el reconocimiento de las condiciones físicas de la situación descrita. La construcción de un tipo particular de REPs permite activar el reconocimiento explícito de propiedades macroscópicas como color, *categoría 15a* (caso del Dibujo, 55%-2006 y 38% -2007) concentración, necesidad de tener un sistema cerrado (*categoría 15b*, con valores altos para los formatos D: 84%-2006, 100%-2007 y DE: con 87%-2006 y 69%-2007) lo cual contrasta con los resultados encontrados para los formatos GC y T para los dos grupos (GC: 3%-2006, 8%-2007; T: 0% 2006 y 2007).

También se observa el efecto de la tarea (construir REPs a partir de una REL) si se observan los resultados para la *categoría 17*. Construir un Dibujo facilita asociar el

avance con cambio de color (D: 52%-2006, 62%-2007) la construcción de DE, GC o T no activa la relación avance-cambio color. Estos resultados se repiten si se trata de asociar equilibrio/no cambio color aunque los valores de los % son menores (*categoría 20*).

Por el contrario la asociación avance/cambio de concentración se activa cuando la tarea es construir un GC (19%-2006 y 38%-2007); cuando la tarea es construir D, DE o T asociar avance/cambio de concentración es una relación que prácticamente no se produce (ver tabla 39)

C.5. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

En el subgrupo C.5, se presentan los resultados obtenidos al examinar los aspectos situacionales en su representación microscópica, categoría búsqueda de explicaciones

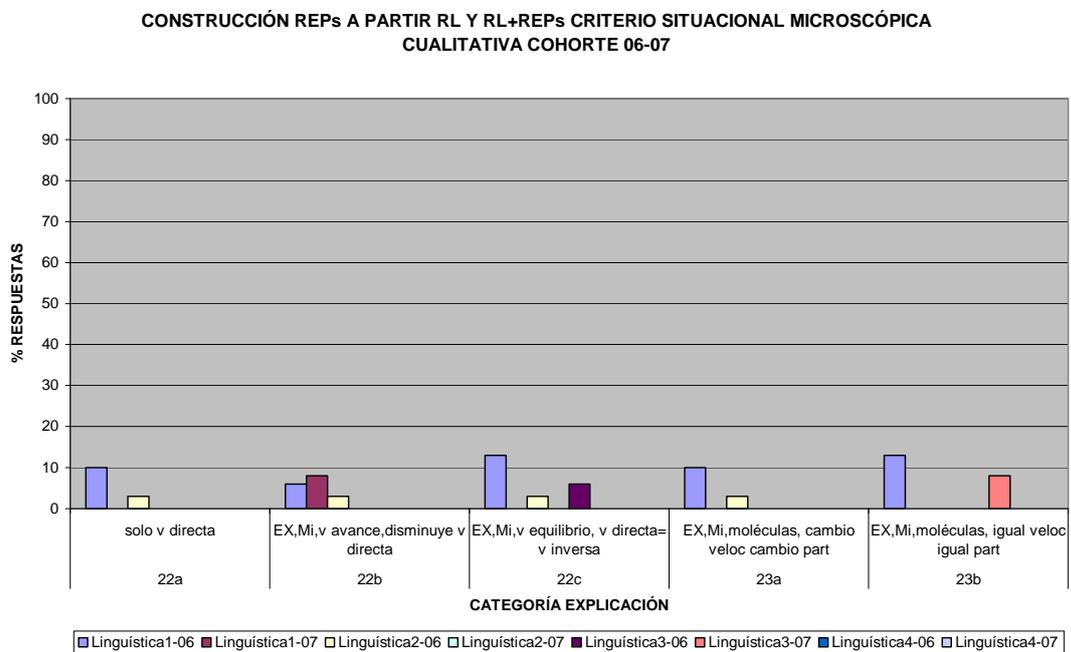


Figura 68: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio situacional microscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32), 2007(N=13)

CONSTRUCCIÓN REP_s A PARTIR RL Y RL+REP_s CRITERIO SITUACIONAL MICROSCÓPICA
 CUALITATIVA COHORTE 06-07

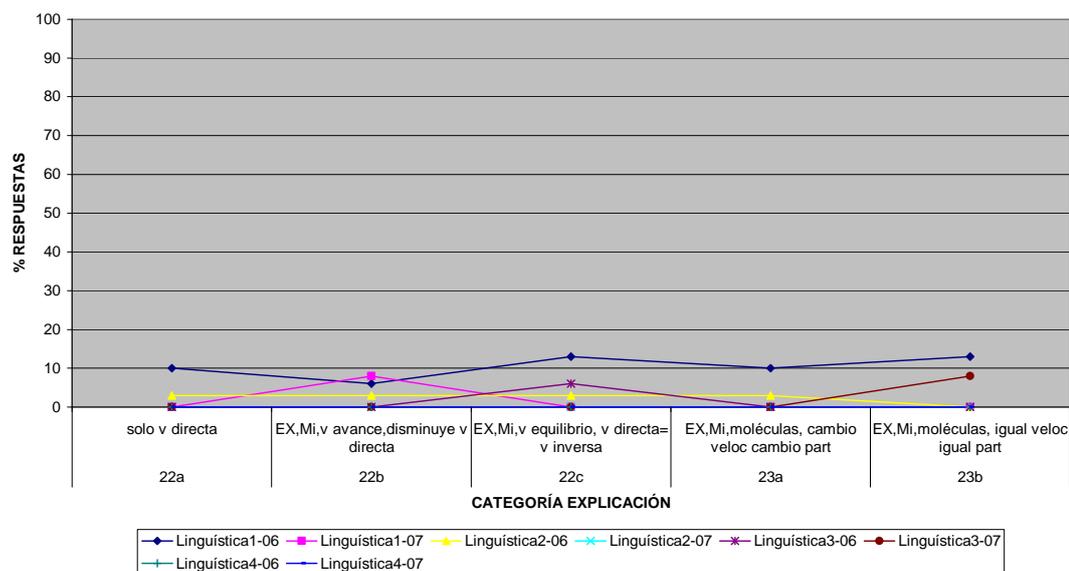


Figura 69: Construcción REP tipo D (L1), DE (L2), GC (L3) y T (L4) a partir de REL. Criterio situacional microscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32)-2007(N=13)

En la Tabla 40 una síntesis de los resultados.

Tabla 40: Construcción de REPs (D; DE; GC; T) a partir de REL. Criterio Situacional-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)				2007 (N=13)			
			D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
Explicaciones Velocidad reacción	Solo $d_{directa}$	22a	No hay respuestas correctas,							
	Para avance disminuye $d_{directa}$	22b	No hay respuestas correctas							
	$d_{directa} = v_i inversa$ en EQ	22c	Prácticamente no hay respuestas correctas							
	Cambio v y cambio en N° Partículas en avance	23a	No hay respuestas correctas							
	No Cambio v y cambio en N° Partículas en EQ	23b	No hay respuestas correctas							

De nuevo encontramos que la referencia a lo microscópico como espacio para la búsqueda de las explicaciones es de difícil acceso a los estudiantes. La tarea de construir REPs no contribuye en el reconocimiento de que en el equilibrio las velocidades de las reacciones directa e inversa se igualan, razón por la cual el número de partículas se mantiene constante. Sin embargo no logran hacer referencia a que la composición del sistema se mantiene constante, en el equilibrio, porque no cambia el número de partículas involucradas. A establecer esta relación no contribuye la tarea de construir los diagramas de estructura. Se trata de una relación en que se debe vincular el número de partículas a un proceso más macro como le es la reacción.

C.6. USO DE RECURSOS SEMIÓTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN REP.

En este grupo se muestra como se hace uso de los recursos semióticos cuando se construye un DE o un GC.

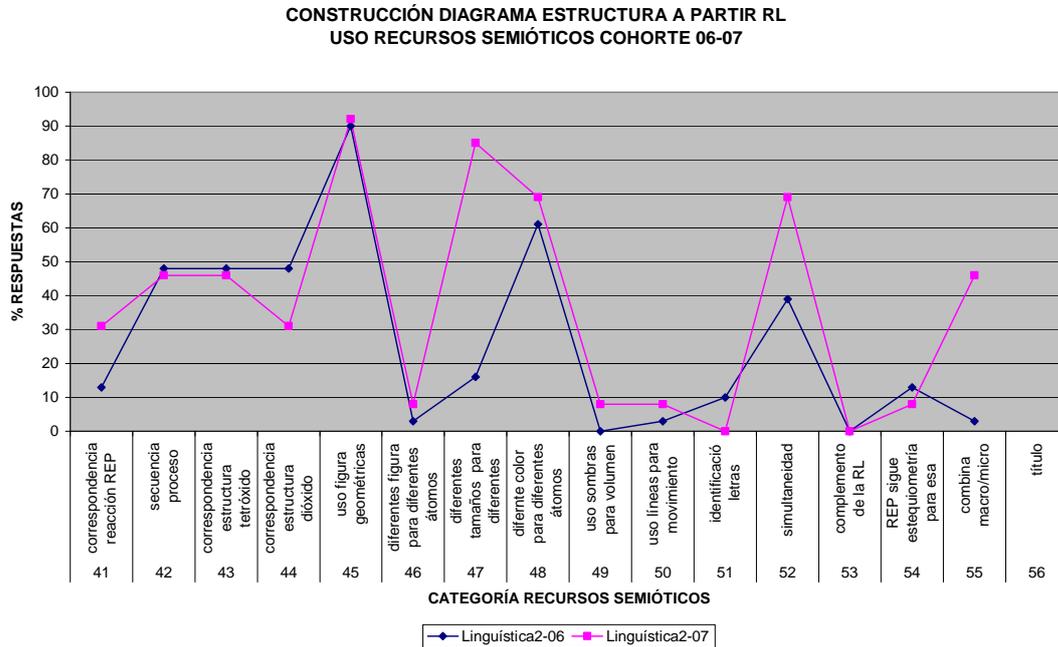


Figura 70: Construcción REP-DE a partir REL. Uso de recursos semióticos. Comparación cohortes 2006 (N=32)-2007(N=13)

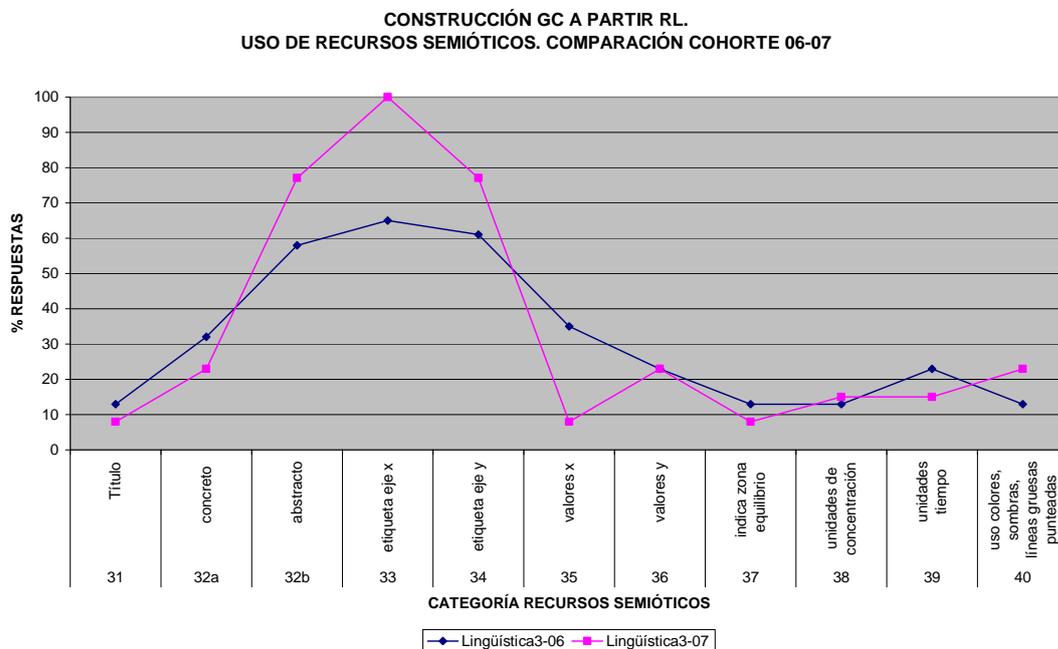


Figura 71: Construcción de REP-GC a partir REL. Uso de recursos semióticos. Comparación cohortes 2006 (N=32)-2007(N=13).

Recursos Semióticos en la Construcción GC

A partir del análisis de cómo los estudiantes hacen uso de los recursos semióticos al enfrentar la tarea de construir un GC, se evidencia el papel que desempeña la representación inicial de la que se parte para realizar las tareas.

Los resultados reflejados en la Fig. 71, permiten plantear las siguientes afirmaciones:

a) *Con relación al tipo de Gráfico Cartesiano que se construye.*

Al iniciar la tarea desde la REL, los estudiantes muestran una mayor tendencia a construir un GC abstracto, es decir sin especificar valores (categoría 32a y 32b).

b) *Identificación de etiquetas.*

Los estudiantes tienden a especificar las etiquetas de los ejes x e y (**categoría 33 y 34** para las que se encuentran % de respuestas superiores al 60 %).

c) *Los valores.*

Se tiende a no especificar valores de concentración en el eje y , lo que coincide con el punto de partida que no los incluía pues era una REL (**categoría 36**)

d) *Las unidades de concentración y tiempo.*

Los estudiantes tienden a no especificar las unidades, menos del 15 % reporta las unidades de concentración (**categoría 38**) y menos del 25 % reporta las unidades de tiempo (**categoría 39**).

e) *Uso de color, sombras, líneas punteadas.*

Un pequeño grupo de estudiantes (menos del 23 %, **categoría 40**) recurre al uso del color y/o líneas punteadas como recurso semiótico al construir el GC.

f) *Título.*

No se llega a reconocer la importancia del título y la ayuda que representa para el lector del gráfico. Colocados los estudiantes en el papel de autores no usan el recurso título para presentar al lector el tema a tratar (menos del 15% para la **categoría 31**).

Recursos Semióticos en la Construcción Diagrama de Estructura.

a) *Uso de figuras geométricas, tamaños y colores para diferenciar los átomos (categorías 45, 47 y 48).*

En ambas cohortes se encuentra gran tendencia a utilizar recursos semióticos como formas, tamaños y colores para diferenciar los átomos que conforman las moléculas de N_2O_4 y NO_2 (% mayores al 90 para categoría 45; % mayor al 80% -2007- para la categoría 47 y % mayores al 60% para la categoría 48). Estos resultados se corresponden con los altos porcentaje de respuestas al escribir las fórmulas químicas encontradas para la categoría 14a.

b) *Correspondencia de los DE con la reacción.*

No se percibe una correspondencia entre el DE que se construye y la representación de la reacción confirmando las dificultades para representar los procesos siguiendo las reglas establecidas por el modelo conceptual (**categoría 41**: 13%-2006- y 31%-2007-; **categoría 54**: % 13%-2006- y 8%-2007).

c) *Simultaneidad.*

La representación construida hace referencia a que ambas sustancias están en el mismo recipiente (*categoría 52*: 39%-2006- y 69%-2007)

d) *Título.*

Los estudiantes no asignan título a la REP (0% ambas cohortes para la *categoría 56*)

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS PARA EL GRUPO C.

En este grupo se propone como tarea a realizar por los estudiantes la construcción de diferentes REP: Dibujo (D); Diagrama de Estructura (DE); Gráfico Cartesiano (GC); y una Tabla (T) a partir de una REL que describa un experimento. La tarea debe realizarse a partir de la lectura-interpretación-comprensión de un texto construido utilizando REL y ecuaciones químicas. Los resultados permiten realizar las siguientes inferencias:

- a) Al igual que para los grupos A y B, los estudiantes hacen uso de las fórmulas químicas para referirse a las sustancias que intervienen en el proceso. Proponer como tarea construir DE los induce a referirse a la estructura de las sustancias que intervienen en la reacción.
- b) Los estudiantes tienen dificultades para expresar mediante reacciones químicas los procesos de cambio de un sistema que alcanza un estado de equilibrio. Nos referimos a utilizar el sistema de reglas que exige la incorporación a la ecuación del estado, la estequiometría, la doble flecha.
- c) Asignar como tarea construir un D a partir de una REL contribuye a que los estudiantes puedan recuperar información que permite la descripción macroscópica del sistema en términos de: a) color (*categoría 2a*: 68% -2006- y 92% -2007-), b) estado (*categoría 6*: 39% -2006- y 46% -2007-)
- d) La construcción de GC o T a partir de la REL permite la descripción macroscópica del sistema que alcanza un estado de equilibrio en términos de la composición del sistema, lo que los lleva a hacer referencia a la concentración.

Los resultados especificados en los apartes c y d contribuyen a documentar la **afirmación sostenida sobre la doble influencia de la REP**: a) cuando actúa como fuente de información y b) cuando dirige la tarea a realizar. Para la construcción de un GC o una T no es relevante la información que alude al color de los compuestos como indicador de avance de la reacción, o al estado físico. Por el contrario la construcción de un D permite fijar la atención sobre características del sistema como color o estado de las sustancias presentes.

- e) El efecto diferenciado que ejerce la tarea propuesta sobre el tipo de información que se recupera se repite al analizar la descripción situacional.

Construir un D, DE, GC o una T contribuyen a que se pueda reconocer las condiciones iniciales, el avance y la situación de equilibrio. Aunque las T son las que contribuyen en menor proporción.

Construir un GC permite al estudiante elaborar un discurso en el que hace referencia al no cambio de la composición del sistema (38% respuestas para la *categoría 21*, cohorte 2007). Construir un D permite hacer referencia a cambio de color en el equilibrio sin establecer relación con no cambio de color en el equilibrio.

- f) Es pequeño el aporte que la construcción de las REP (D, GC, T) realiza a la construcción de un discurso que focalice su atención en la visión microscópica, lo cual tiene justificación en que las representaciones D, GC y T son todas REP que se expresan en un nivel macroscópico. Por el contrario, pedir la construcción de un DE los lleva a la descripción en términos de partículas (84 % -2006- y 100% -2007- a la *categoría 3b*).

En cuanto al uso de los recursos semióticos para GC y DE.

Otro indicativo de la influencia que ejerce la información disponible al inicio de la tarea, la REL, sobre la información que los estudiantes recuperan se encuentra al examinar el uso que hacen de los recursos semióticos al construir un GC o un DE.

- a) Suministrar REL hace que los estudiantes tiendan a construir un GC abstracto (en el que no se especifican valores de concentración).
- b) Suministrar sólo una REL no induce a los lectores a indicar la zona de equilibrio (% menores a 15 respuestas a la *categoría 37* para ambas cohortes). Cuando se parte de una REL+REP-F o una REL+REP-T los estudiantes de la cohorte 2006 indican la zona de equilibrio en un % cercano al 50% para la categoría 37.
- c) En la construcción de los GC observamos que ambas cohortes de estudiantes especifican las etiquetas para los ejes x e y en porcentajes superiores al 60 %. El título es utilizado por un pequeño grupo (% menores al 15 % para ambas cohortes en la categoría 31).
- d) En lo que respecta a los recursos semióticos utilizados para la construcción de los DE destaca el uso de figuras geométricas de diferentes tamaños y/o colores para representar los átomos.

A continuación ej. De las respuestas construidas por los estudiantes.

1. Construcción de REP-D a partir de una REL

Jua (2006).

1) **EN NIVEL MACRO**

atualmente el tubo contiene N_2O_4 puro y congelado.

EN UN SISTEMA CERRADO PARA AMBOS

Después de calentarlo a una T de $(21,2^\circ C)$

1. Se disocia en NO_2

2. Color: Pardo Rojizo.

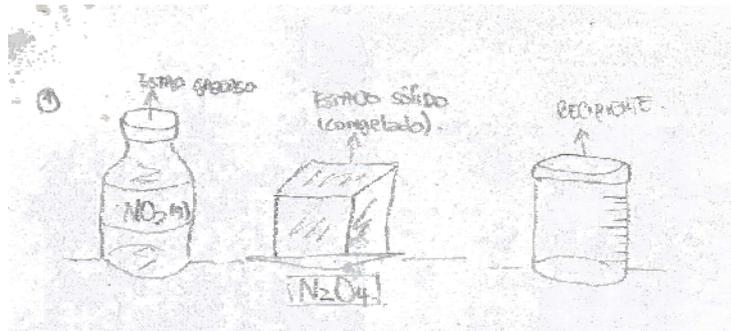
Reacción Formada:

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$

Se puede observar el equilibrio de manera el color pardo rojizo y la concentración.

El experimento se realiza en un sistema cerrado en condiciones ideales.

Car (2006)



Mars (2007)

1) $N_2O_4 (s) \rightleftharpoons 2NO_2 (g)$ Nivel Macroscópico

a) Se calienta el N_2O_4 congelado en un recipiente tapado, por encima de $21,2^\circ C$ (Punto de ebullición)

b) El gas toma un color pardo rojizo, transformándose a NO_2

c) Momento en que no se transforma más N_2O_4 a NO_2 y es llamado Equilibrio Químico

Nivel Microscópico

Ton(2007)

1) Tubo que contiene N_2O_4 (tetóxido de Nitrógeno) y se encuentra encerrado el gas de una manera tal que no se escape.

2) Se procede a calentar el tubo a una temperatura mayor al pto. de ebullición del Gas ($21,2^\circ C$).

3) Luego se observa como lentamente lo que esta dentro del tubo comienza a tener un color pardo rojizo, aqui el N_2O_4 se esta transformando en NO_2 .

4) Luego de un determinado tiempo los gases llegan a un nivel de concentraciones iguales y aqui es donde se llaman equilibrio químico

2007

2. Construcción REP-DE a partir REL.

Jua (2006)

2) Reacción: $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

Inicialmente tenemos:

Molécula: $N_2O_4 = \text{[Diagram of } N_2O_4 \text{ molecule]}$

Sistema cerrado.

Juego de la Reacción: Molécula de $N_2 = \bullet$, Molécula de $O_2 = \circ$

Juego: Calentamos a una temperatura mayor de $21,1^\circ C$ (Su punto de Ebullición)

$N_2O_4 = \text{[Diagram of } N_2O_4 \text{ molecule]} \rightarrow$

$NO_2 = \text{[Diagram of } NO_2 \text{ molecule]} \rightarrow$

Sistema cerrado

$T > 21,1^\circ C$

hasta llegar al equilibrio.

Mars (2007)

2) $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$

Nivel Microscópico

Al calentarse a temperatura mayor de $21,2^\circ C$ (Punto de ebullición) Comienza a aumentar su velocidad molecular

a) Moléculas del gas N_2O_4

3

5 2007

V-B.4. GRUPO D: INFLUENCIA DEL TEXTO MULTIMODAL SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE REP TIPO DIBUJO

Transformación a REP DIBUJO a partir de REL Y REL + REP CARTESIANO, TABLA. COHORTES 2006 Y 2007.

Análisis según criterio paradigmático-categorías: lingüística-matemática; propiedad física; velocidad de reacción-partículas y criterio situacional- categorías descripción; explicación.

GRUPO D: CONSTRUCCIÓN DIBUJO A PARTIR DE: a) REL y b) REL + REP-GC, y c) REL + REP-T. COHORTES 2006 Y 2007

En este cuarto grupo nos proponemos estudiar las características de un Dibujo construido por los estudiantes a partir de la lectura-interpretación-comprensión (L/I/C) de: a) REL; b) una REL +REP-GC; c) REL +REP-T.

Al igual que en el grupo anterior, focalizamos nuestra atención en el uso de:

1. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Las representaciones simbólicas lingüísticas-matemáticas utilizadas comúnmente para construir el lenguaje formal sobre EQ.
 - b) Los sistemas de representación macroscópicas.
 - c) Los sistemas de representación microscópicas.
2. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Los sistemas de representación macroscópicas
 - b) Los sistemas de representación microscópicas

ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DADAS POR LOS ESTUDIANTES A LAS PREGUNTAS 1.1-3.2-4.2

<p>Propósito</p> <p>Ver cambios en la construcción de una REP tipo Dibujo (D) al realizar la tarea a partir de REL, REL+GC y REL+T.</p> <p>La construcción del D se realiza a partir de la descripción de una situación inicial. Se debe describir, utilizando el D, la situación inicial, el avance al equilibrio y la</p>	<p>✓ Tarea</p> <p>A partir de la lectura de:</p> <p>a) REL (1.1) b) REL + REP-GC (3.2) c) REL + REP-T (4.2)</p> <p>Se pide construir una REP del tipo Gráfico Cartesiano</p> <p>✓ Operaciones</p> <p>1. CONSTRUIR, que implica: ✓ Leer ✓ Capturar información ✓ Planificar y diseñar REP-GC ✓ Transformar una representación en otra diferente</p> <p>2. INTERPRETAR</p> <p>✓ Examinar consistencia de los</p>	<p>Se comparan las respuestas 1.1-3.2-4.2</p> <p>1.1:REL Realiza un dibujo que permita describir físicamente el experimento realizado en el nivel macroscópico. Especifica las características del recipiente en que se realiza la reacción.</p> <p>3.2: REL + REP-GC Realiza un dibujo que permita describir el experimento representado en la Figura 1(b)</p> <p>4.2 (D.2): REL + REP-T Realiza un dibujo del experimento que se describe en el experimento 3 registrado en la Tabla 1.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">EXPERIMENTO</th> <th colspan="2">CONCENTRACIONES INICIALES (M)</th> <th colspan="2">CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)</th> </tr> <tr> <th>[NO₂]</th> <th>[N₂O₄]</th> <th>[NO₂]</th> <th>[N₂O₄]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>0.0300</td> <td>0.500</td> <td>0.0475</td> <td>0.491</td> </tr> </tbody> </table>	EXPERIMENTO	CONCENTRACIONES INICIALES (M)		CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)		[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	3	0.0300	0.500	0.0475	0.491
EXPERIMENTO	CONCENTRACIONES INICIALES (M)			CONCENTRACIONES EN EL EQUILIBRIO (M)												
	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]	[NO ₂]	[N ₂ O ₄]												
3	0.0300	0.500	0.0475	0.491												

<p>situación de equilibrio.</p>	<p><i>datos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Generar el significado de una REP ✓ Dar sentido al fenómeno, concepto o datos representados por la REP <p>3. RAZONAR</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Soportar con argumentos ✓ Conceptualizar el fenómeno 	
--	--	--

D.1. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA DE TIPO LINGÜÍSTICA-MATEMÁTICA.

En este grupo D.1. se examina el uso que hacen los estudiantes de las representaciones lingüísticas-matemáticas para describir el proceso.

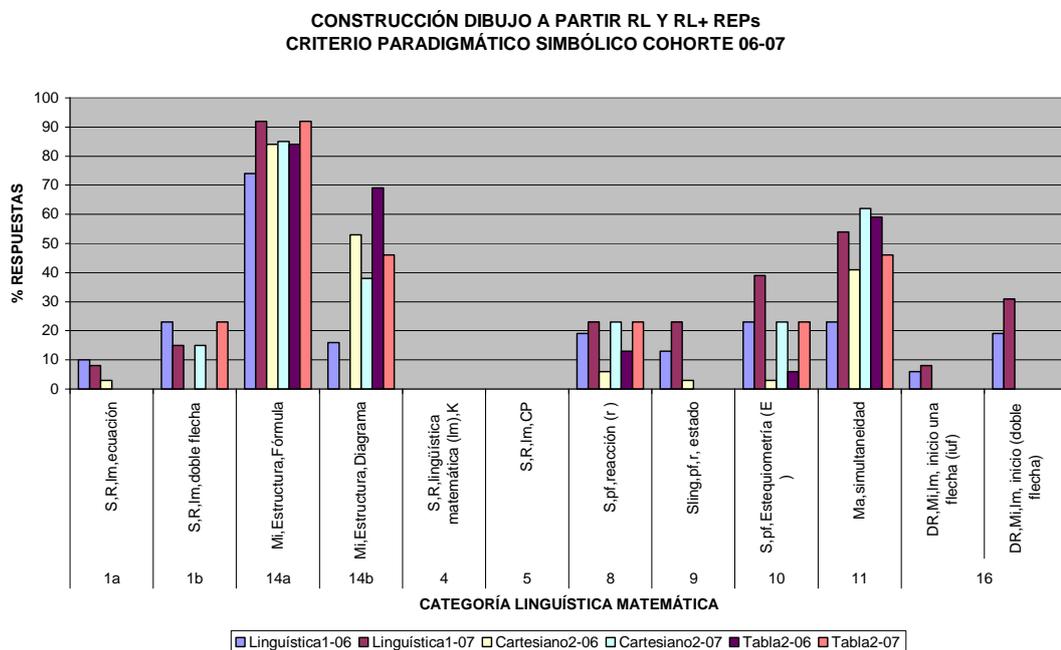


Figura 72: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación simbólica. Comparación cohortes 2006 (N= 32) 2007 (N=13)

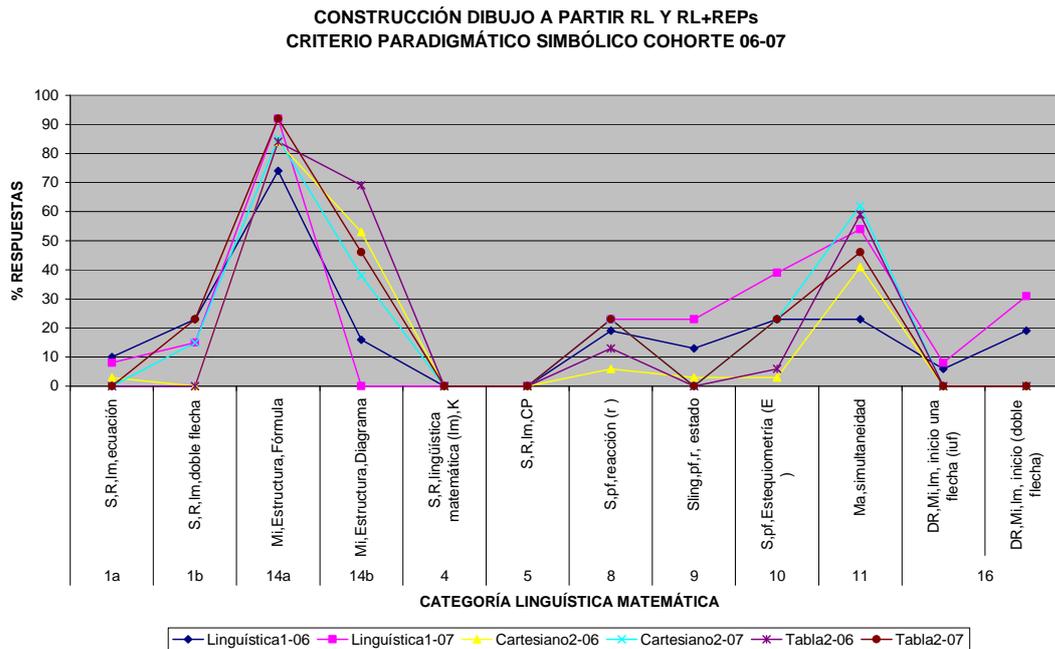


Figura 73: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación simbólica. Comparación cohortes 2006 (N= 32)-2007(N=13)

USO DEL LENGUAJE FORMAL: *Las Representaciones simbólicas de tipo lingüísticas-matemáticas utilizadas para la representación de los estados de equilibrio.*

A partir de estos resultados nos proponemos indagar el efecto que sobre la construcción de una REP tipo Dibujo, ejerce suministrar a) un texto constituido por una REL; b) un texto multimodal en el que se insertan: b.1) REL + REP-GC y b.2) REL + REP-T.

Se estudia el lenguaje químico con el que se construye el discurso sobre EQ. Es un lenguaje en el que se integran representaciones lingüísticas-matemáticas. Se analizan las representaciones que usan los estudiantes cuando deben construir un dibujo que refleje una situación descrita en el texto a partir del examen de cómo hacen uso formal del lenguaje simbólico empleado para “hablar” sobre EQ. Las categorías empleadas para el análisis son:

- a) Representación de las sustancias que intervienen en el proceso mediante fórmulas químicas: **categoría 14a.**
- b) Representación del proceso de cambio mediante ecuaciones químicas: **categoría 1a y 8.**
- c) Necesidad de especificar la estequiometría dada la dependencia de la constante de los coeficientes estequiométricos: **categoría 10.**
- d) Necesidad de representar el estado de las sustancias que intervienen: **categoría 9.**
- e) Uso de flechas y dobles flechas para diferenciar reacciones que transcurren hasta completarse o reacciones que alcanzan equilibrio: **categorías 1b y 16b.**

Todos los aspectos que podrían ser considerados como formales en el uso del lenguaje químico para describir los sistemas en estado de equilibrio. Resaltan los siguientes resultados para las categorías establecidas (Tabla 41)

Tabla 41: Construcción DIBUJO a partir de REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Criterio Paradigmático-Simbólico. Comparación Cohortes 2006-2007

Representación simbólica tipo Lingüística-Matemática		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	GC	T	L	GC	T
R. Sustancias	Fórmula	14a	Alto(superior 60) % respuestas correctas, destaca bajo valor de F-2007					
			74	84	84	92	85	92
	Diagrama Estructura	14b	Bajo(menor 30%) % respuestas correctas					
			16	53	69	0	38	46
R. Reacción	Reacción	1a	Bajo % respuestas correctas					
			10	3	0	8	0	0
		8	19	6	13	23	23	23
	Estado	9	Bajo % respuestas					
			13	3	0	23	0	0
	Estequiometría	10	Bajo % respuestas					
		23	3	6	39	23	23	
Doble flecha	1b	Bajo % respuestas						
		23	0	0	15	15	23	
	16 b		19	0	0	31	0	0
Descripción de situación física	Simultaneidad de la reacción	11	Medio % (mayor 30 y menor 60%) respuestas ambas cohortes					
			23	41	59	54	62	46
R. matemática del EQ	Expresión de la Keq	4	No hay respuestas					
			0	0	0	0	0	0
	Uso de concentraciones o presiones	5	No hay respuestas					
			0	0	0	0	0	0

Afirmaciones que podemos realizar a partir de los resultados.

En este grupo la tarea propuesta consiste en construir un DIBUJO a partir de la lectura/interpretación/comprensión (L/I/C) de un texto formado por REL y REL + REP+REP-GC y REL+REP-T.

A partir del examen de los resultados sintetizados en las Figuras 72 y 73 y la Tabla 41, es posible afirmar que las cohortes 2006 y 2007 muestran una tendencia similar a no utilizar el lenguaje simbólico en la categoría que hemos denominado lingüística matemática.

Para el análisis de estos datos se organizan las categorías desarrolladas en tres grupos: representación del cambio químico, uso de los símbolos, descripción de la situación física y representación matemática del equilibrio.

1. **Representación del cambio químico expresado como:**

1. La representación de las *sustancias que intervienen en la reacción*, que debe concretarse por la escritura de las fórmulas (**categoría 14a**).

Los estudiantes construyen su representación mostrando una alta tendencia a utilizar las fórmulas para expresar las sustancias que intervienen en la reacción, lo cual inferimos a partir de los elevados porcentajes de respuestas ubicadas en la categoría 14a (*%mayores al 74% para ambas cohortes*). Este resultado ya registrado para los grupos A1, B1, C1.

Se registra una tendencia a utilizar los diagramas de estructura (*categoría 14b*), mostrando una influencia del GC (53%-2006 y 38 %-2007) y la T (69%-2006 y 46%-2007). Cuando sólo se usa la REL, no se utilizan los diagramas de estructura (16%-2006 y 0%-2007)

2. La *representación del proceso*: la reacción química (*categoría 1a, 8*). En el caso del equilibrio químico es un requisito fundamental que se especifique tanto la estequiometría (*categoría 10*) como el estado de las sustancias que intervienen (*categoría 9*). Este requisito es impuesto por el marco teórico.

En cuanto a la escritura de las reacciones químicas (proceso) los resultados sugieren que los estudiantes conceden poca importancia, dado los bajos % de respuestas correctas en la *categoría 1a* (0-10%) y la *categoría 8* (6-23%), a la rigurosidad necesaria para que la representación sea la coincidente con la propuesta por la comunidad discursiva. Prácticamente, no se establece diferencia entre las cohortes y tampoco entre los formatos propuestos como base para realizar la tarea.

En cuanto a la necesidad de especificar la estequiometría y el estado de las sustancias que intervienen se observa de igual manera que no se da la debida importancia si consideramos los resultados a la *categorías 10* (3-39%) y la *categoría 9* (0-23%). Los valores más altos de % se encuentran cuando se parte de la REL, lo que parece indicar que las REPs (GC y T) no ejercen influencia. Ya se ha señalado que estas especificaciones son claves para un adecuado desarrollo del modelo conceptual EQ, pues imponen restricciones a la aplicación de las reglas para escribir la constante de equilibrio, lo cual, es básico para la resolución de los problemas que se les plantean.

2. *Uso de la simbología* particular para denotar el estado inicial y el estado de equilibrio la cual se expresa con los símbolos \rightarrow (*categoría 16a*) y \rightleftharpoons (*categoría 1b y 16b*) respectivamente.

Los resultados anteriores se repiten si prestamos atención al uso de la doble flecha como símbolo requerido para expresar que los sistemas se encuentran en equilibrio, expresadas en la *categoría 16b* (0- 31 %). El mejor desempeño para esta categoría se encuentra cuando la tarea debe realizarse a partir de una REL (19%-2006 y 31%-2007). Nuevamente no se observan diferencias que podamos inferir sean introducidas por la diferencia en la representación pictórica que se incorpora al texto.

Estos resultados confirman la dependencia entre Tarea/Información recuperada.

3. *Representación matemática del equilibrio*: Constante de equilibrio (*categoría 4*).

Para esta categoría tenemos porcentajes de respuestas para ambas cohortes y en los tres formatos en que se presenta la tarea. Estos resultados nos llevan a afirmar que los estudiantes no hacen referencia a la constante de equilibrio

En síntesis se puede afirmar que partir de una REL o incluir una REPs, sea GC o una T, en el texto, no parece ejercer influencia en el uso de la simbología que

permite representar un sistema químico en equilibrio, en particular en lo que a la representación del proceso se refiere: la reacción con las especificaciones correspondientes. Los porcentajes de respuestas indicador de la categoría son muy bajas (para las categorías 8, 9 y 10 se obtienen valores que varían entre 0 y 23%; no sigue esta tendencia el grupo de la cohorte 2007 que al construir el dibujo a partir de la REL registra un % de respuestas de 39 %)

De nuevo con este grupo se reafirma que los estudiantes tienen muy arraigado escribir las fórmulas químicas (tal vez asociando lenguaje químico con la escritura de símbolos químicos); no así las reacciones químicas (que representan los procesos) y menos las especificidades que exige la escritura de una reacción que representará un sistema en equilibrio: indicar explícitamente los reactivos y los productos así como el estado en que se encuentran en las condiciones del experimento; la doble flecha y la estequiometría.

D.2. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO.

En la siguiente gráfica identificado como D.2., los resultados del examen de las respuestas en los aspectos Paradigmático fijando la atención en las representaciones Macroscópicas, en la categoría propiedad física.

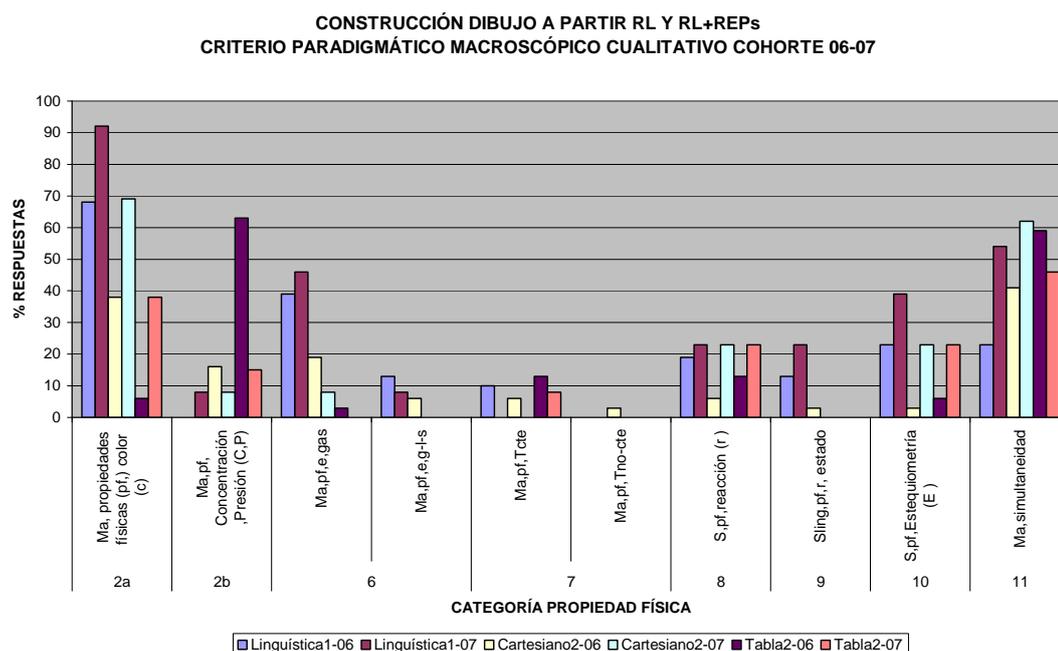


Figura 74: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos Paradigmáticos asociados al Sistema de Representación Macroscópico Cualitativo. Comparación Cohortes 2006 (N= 32) Y COHORTE 2007 (N= 13)

CONSTRUCCIÓN DIBUJO A PARTIR RL Y RL+REPS
CRITERIO PARADIGMÁTICO MACROSCÓPICO CUALITATIVO COHORTE 06-07

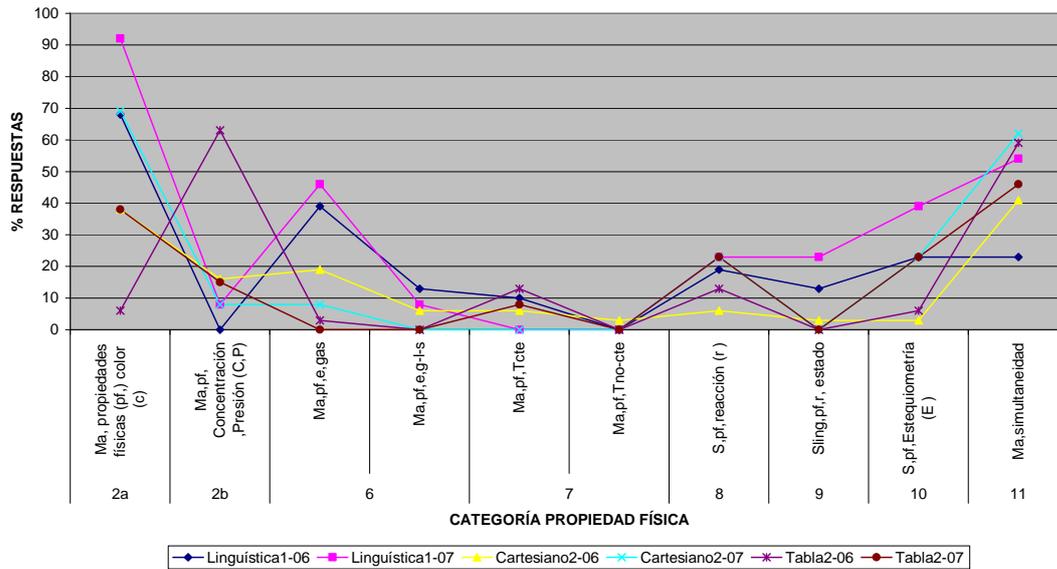


Figura 75: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos Paradigmáticos Asociados al Sistema de Representación Macroscópico Cualitativo. Comparación Cohorte 2006 (N= 32) y Cohortes 2007 (N= 13)

LAS DESCRIPCIONES MACROSCÓPICAS. Reconocimiento de los aspectos macroscópicos asociados a la situación física: color, equipos, sustancias y estados, simultaneidad.

Examinamos en este aparte las respuestas dadas por los estudiantes desde la óptica de las variables a considerar para describir en el nivel macro el EQ:

- Propiedades observables: color (*categoría 2a*)
- Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)
- Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*)
- Requerimiento de mantener Temperatura constante (*categoría 7*)
- Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría 11*)

Los resultados obtenidos se sintetizan en la Tabla 42.

Tabla42: Construcción DIBUJO a partir de REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Criterio Paradigmático-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007.

Aspectos Paradigmáticos Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	GC	T	L	GC	T
Propiedades observables que contribuyen a Descripción de situación física	Color	2a	Alto(superior 60) % respuestas correctas para L medio (mayor 30% para GC y medio para T 2007)					
			68	38	6	92	69	38
	Composición expresada como concentración	2b	Alto(superior 60) % respuestas correctas para GC y T Bajo(menor 30%) % respuestas correctas para F					
			0	16	63	8	8	15
	Estado	6	Medio (hasta 60) % respuestas correctas para L Bajo % respuestas para GC y T					
			39	19	3	46	8	0
Requisitos del EQ	Temperatura	7	Bajo % respuestas, aunque T-2006 resalta					
			10	6	13	0	0	8

			0	3	0	0	0	0
	Simultaneidad	11	Medio % (mayor 30 y menor 60%) respuestas para cohorte 2006 (F y GC) y bajo % respuestas para cohorte 2007					
			23	41	59	54	62	46

Analicemos la *representación del proceso* en términos de una descripción fenomenológica:

a. Propiedades observables: color (*categoría 2a*)

Al examinar el Dibujo construido por los estudiantes para describir las propiedades macroscópicas del sistema, se observa la influencia del texto suministrado. La información que se suministra en la REL parece que facilita elaborar un dibujo en la que destaca propiedades como el color, referencia al estado físico (*categoría 2a 68%-2006 y 92%-2007 y categoría 6: 39%-2006- y 46%-2007*). No se encuentra la misma dependencia si se trata de hacer referencia a las concentraciones de los reactivos y productos (*para categoría 2b se obtiene 0%-2006 y 8 %-2007*). Para construir el discurso haciendo referencia a las concentraciones parece funcionar mejor incrustar una T (*para categoría 2b se obtiene 63%-2006 y 15 %-2007*). Surge la pregunta: si la REL es igual en todos los modelos ¿por qué nos se observa el mismo efecto en todos los formatos?

b. Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)

En cuanto a expresar la composición del sistema en términos de concentración y/o presiones observamos que las tablas presentan un mayor % de respuestas acertadas si los comparamos con los GC (16 y 8 %), T (63 y 15%); REL (0y 8%).

Estos resultados no se corresponden con los encontrados para los otros grupos, por ejemplo, al pedir construir un GC o una T a partir de una REL (grupo C2) los % son: GC (45% y 77%) y T (39% y 46%)

c. Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*)

La REL permite focalizar la atención del estudiante en el estado de los componentes del sistema (*categoría 6 para la que tenemos valores de 39%-2006 y 46%-2007*). Aunque observamos que esta información no se expresa en el lenguaje formal correspondiente, es decir, al escribir las reacciones químicas (*categorías 8,9 y 10*) de acuerdo a los resultados que encontramos en el grupo anterior.

De nuevo contrasta la identificación del estado de las sustancias con el hecho que los estudiantes *conceden poca importancia a la necesidad de especificar el estado de las sustancias en la ecuación que representa la situación de equilibrio, expresada en la categoría 9, categoría que presentó un rango de variación entre 0 y 23 % para este grupo.*

d. La Temperatura como variable que debe ser constante (*categoría 7*)

Este es un aspecto paradigmático clave para la aplicación del modelo conceptual equilibrio químico, solo se puede hablar de constante de equilibrio si la temperatura es constante.

A partir de nuestros resultados podemos afirmar que la REL, REL+ REP-GC y REL+REP-T no contribuyen a que estos lectores reconozcan el valor de la T a la que se efectúa el proceso y el requisito que debe mantenerse constante para poder aplicar los modelos conceptuales. Esta inferencia la realizamos a partir de las respuestas a la categoría 7 que en general asume el valor nos muestra un rango de variación entre 0-13 %. Una explicación a estos resultados podemos encontrarla en el hecho que las operaciones necesarias para “resolver problemas” no requieren considerar esta variable, por lo que la variable temperatura se mantiene “opaca” a los ojos del lector novato.

- e. Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría11*)

Construir un dibujo facilita reconocer que la reacción ocurre en un solo recipiente por lo que los reactantes y productos forman una mezcla. Si se examinan los % registrados para la categoría 11 se encuentra que los porcentajes de respuestas oscilan entre 40 y 65% para ambas cohortes, a excepción de la cohorte 2006 si se pide construir un D a partir de la REL.

A manera de síntesis podemos afirmar que Estos resultados coinciden con los planteamientos de Lemke que las REP forman parte integral del discurso y cada tipo nos permite “hablar” mejor de aspectos específicos. Construir un dibujo permite concentrar la atención en propiedades como color, estado. Las tablas facilitan la descripción del sistema en términos de composición, es posible que la explicación se encuentre en el hecho que la tabla nominaliza de manera explícita las concentraciones.

D.3. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

En el subgrupo D.3., se presentan los resultados correspondientes a los aspectos Paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico en la categoría velocidad de reacción.

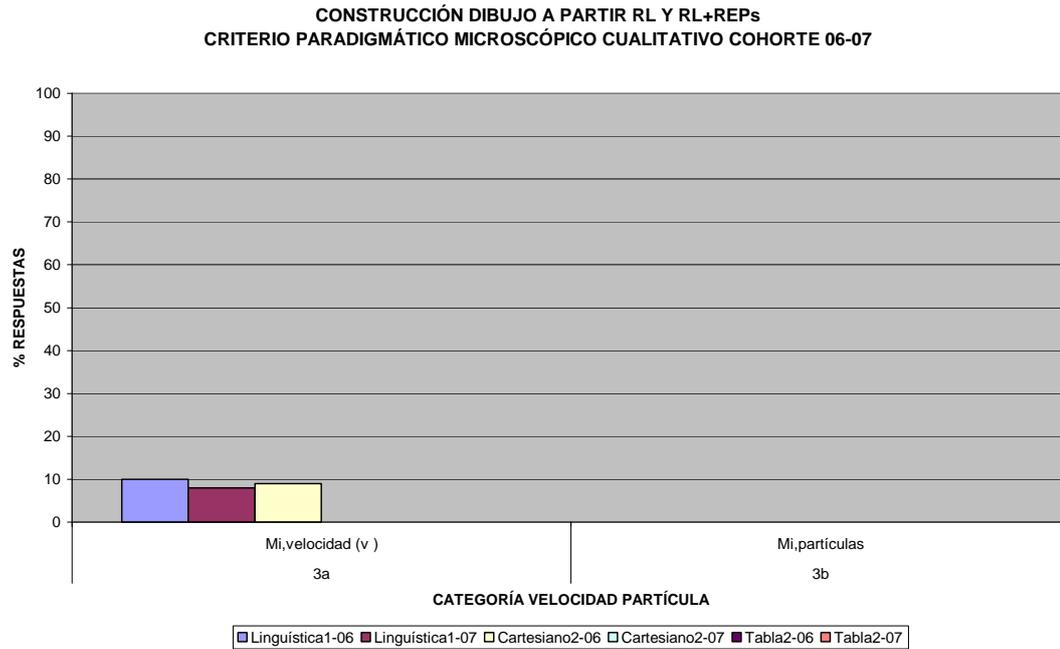


Figura 76: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico cualitativo-comparación cohortes 2006(N=32)-2007(N=13)

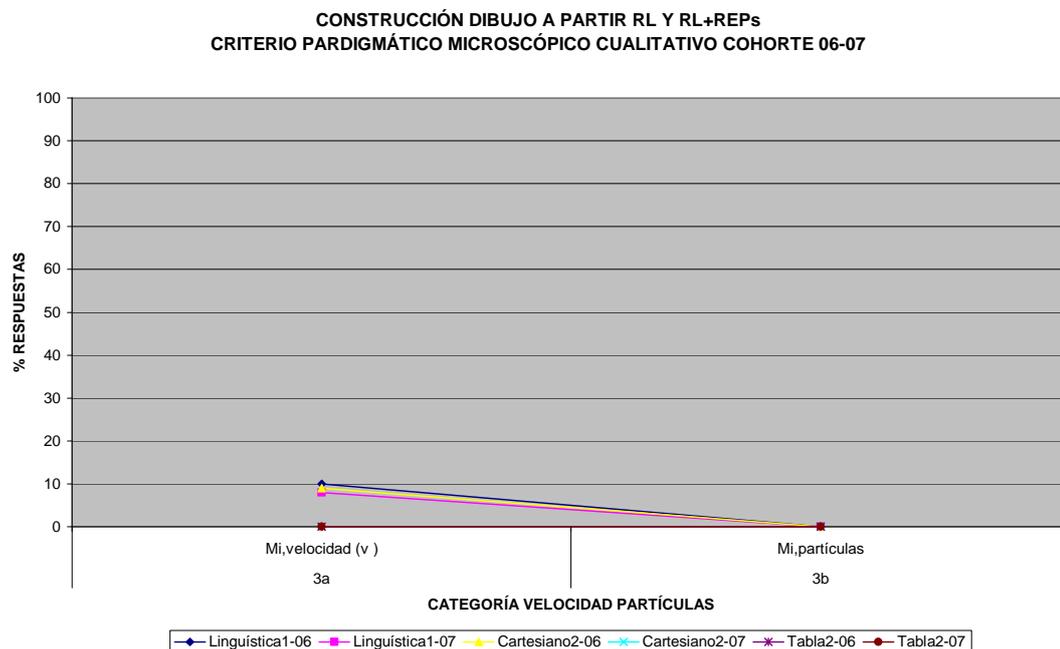


Figura 77: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos paradigmáticos asociados al sistema de representación microscópico cualitativo-comparación cohortes 2006 (N=32)-2007 (N=13)

La búsqueda de Explicaciones. Uso del nivel Microscópico.

Las explicaciones en el nivel microscópico están asociadas a:

- a) La velocidad de la reacción, entendiendo que se debe diferenciar entre la velocidad de la reacción directa y la inversa en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (*categoría 3a*).
- b) El número de partículas de reactivos y productos en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (*categoría 3b*).

Una síntesis de los resultados en la Tabla 43.

Tabla 43: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REP+REP-T. Criterio Situacional-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Paradigmáticos Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	GC	T	L	GC	T
Explicaciones	Velocidad reacción	3a	Bajo (menor 30%) % respuestas correctas, destaca valores mayores para GC					
			10	9	8	8	0	0
	Partículas	3b	Bajo (menor 30%) % respuestas correctas					
			0	0	0	0	0	0

La REL o la incorporación de REPs a esta REL no facilitan la recuperación de los aspectos microscópicos.

Referirse a la reacción en términos de partículas de reactivo y/o productos, es una acción que no logran concretar los estudiantes de ambas cohortes 2006 y 2007 (0% de respuestas). De igual forma “hablar” en términos de la velocidad de reacción sólo lo logra un % pequeño de estudiantes en ambas cohortes.

Como ya se ha señalado lograr activar las representaciones microscópicas como base del sistema de explicaciones en Química es un verdadero problema pedagógico que se encuentra ampliamente documentado no solo para este tema en particular.

D.4. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO

A continuación, en el subgrupo D.4., se examinan las respuestas fijando la atención en los aspectos situacionales asociados a las representaciones macroscópicas, en la categoría descripción fenomenológica.

CONSTRUCCIÓN DIBUJO A PARTIR RL Y RL+REPs
 CRITERIO SITUACIONAL MACROSCÓPICO CUALITATIVO COHORTE 06-07

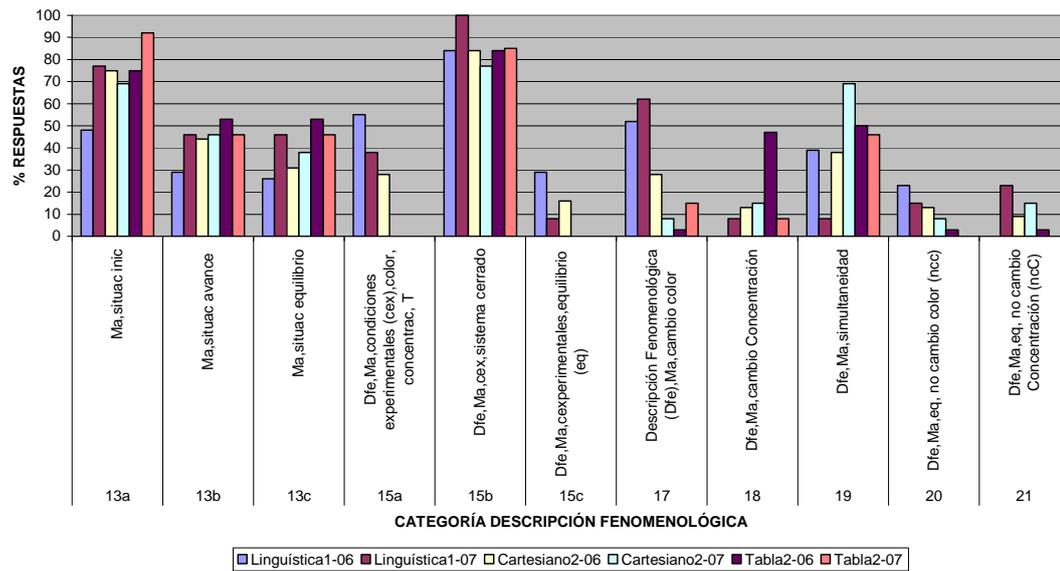


Figura 78: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo-comparación cohortes 2006 (N=32) Y 2007 (N=13)

CONSTRUCCIÓN DIBUJO A PARTIR RL Y RL+REPs
 CRITERIO SITUACIONAL MACROSCÓPICO CUALITATIVO COHORTE 06-07

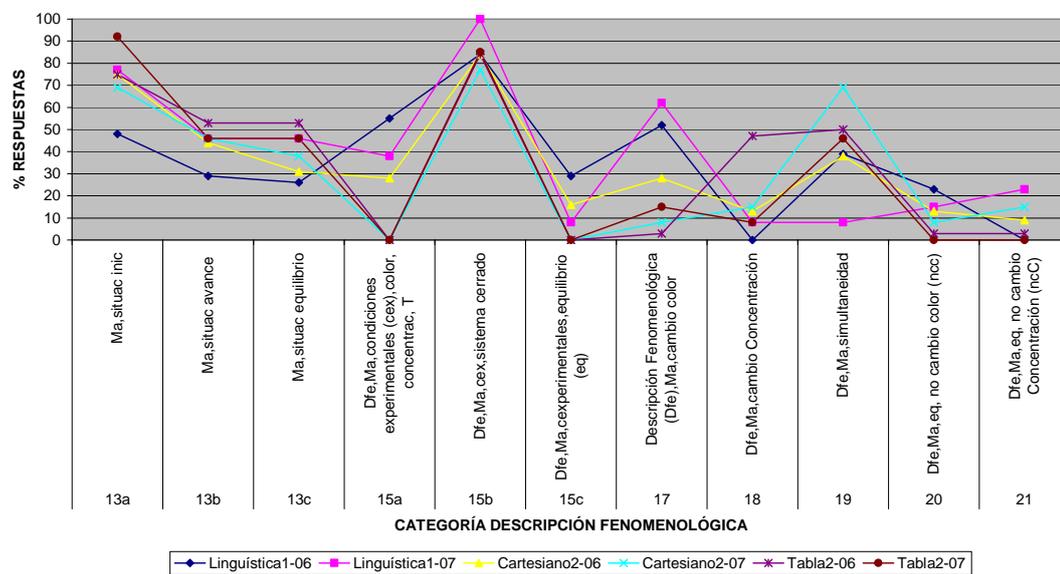


Figura 79: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REP+REP-T. Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópico cualitativo. Comparación cohortes 2006 (N=32) y 2007 (N=13)

Se resumen los resultados en la Tabla 44

Tabla 44: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Criterio Situacional-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	GC	T	L	GC	T
Representación situación experimental planteada	Inicio	13a	Alto % respuestas correctas, la T parece funcionar mejor					
			48	75	75	77	69	92
	Avance	13b	Alto y Medio % respuestas correctas, T parece funcionar mejor					
			29	44	53	46	46	46
	Equilibrio	13c	Alto y Medio % respuestas correctas					
			26	31	53	46	38	46
Condiciones Experimentales	Propiedades como color, concentración., temperatura	15a	Alto y Medio % respuestas correctas para F y T, bajo % GC					
			55	28	0	38	0	0
	Sistema Cerrado	15b	Bajo % respuestas correctas para F y GC y Medio % para T					
			84	84	84	100	77	85
	Condiciones en Equilibrio	15c	Bajo % respuestas correctas para F y GC y T (2007) Alto % T (2006)					
			29	16	0	8	0	0
	Cambio color	17	Alto % para F; Bajo % para GC y T					
			52	28	3	62	8	15
	Cambio concentración	18	Medio y alto % para Tabla y GC, bajo % para F					
			0	13	47	8	15	8
Simultaneidad	19	Bajo % para todas						
		39	38	50	8	69	46	
No cambio color en equilibrio	20	Medio % para F; Bajo para GC y T						
		23	13	3	15	8	0	
No cambio de concentración en equilibrio	21	Medio % para GC; Bajo para F y T						
		0	9	3	23	15	0	

Cuando se examinan las respuestas al grupo de ítems asociados con la descripción macroscópica de la situación física planteada en la pregunta utilizando un dibujo, se observa, en general, una mayor dispersión en las respuestas y una influencia de las representaciones de partida sobre el dibujo que construyen los estudiantes.

A partir de los resultados se puede afirmar:

- a) Las características de la tarea propuesta (REL, REL+REP-GC y REL+REP-T) permite reconocer las condiciones iniciales en que comienza la experiencia (categoría 13a con rangos de respuestas que varían entre 50 y 90 %). Una situación similar, aunque con porcentajes menores, se encuentra para las categorías 13b y 13c. Sin embargo, cuando se trata de asociar las situaciones: inicial, avance y equilibrio con propiedades macro como color parece que la REL funciona mejor (**categoría 17**: 52% y 62% para las cohortes 2006 y 2007 respectivamente).
- b) Aumenta la posibilidad de hablar de la composición del sistema en términos de la concentración de reactivos y productos cuando al texto se incorpora un GC o una T, aunque la T parece funcionar mejor que el GC (**categoría 18**). **Para el GC encontramos los valores 13% para cohorte 2006 y 15% para cohorte 2007 y para la Tabla 47 % para cohorte 2006 y 8% para cohorte 2007. Contrastan estos con 0% para cohorte 2006 y 8 % para cohorte 2007 cuando sólo se ofrece como partida una REL.**

Las REPs tipo GC y/o T, utilizan como recursos semióticos nominalizar las variables de los ejes en los GC, o identificarlas en las entradas de las filas y/o columnas; lo cual hace que a través de la REP se presente una referencia explícita a la variable concentración, facilitando su recuperación. Sin embargo como la tarea es construir un dibujo no precisa especificar concentración.

Afirmaciones a partir de los resultados

En síntesis, plantear como tarea construir un dibujo a partir de una REL y/o una REL+REP-GC y REL+REP-T) es posible sostener, para ambas cohortes, que las REPs ejercen una influencia positiva en el reconocimiento de las condiciones físicas de la situación descrita. En particular propiedades macroscópicas como color, o la necesidad de tener un sistema cerrado.

Este efecto no se observa con la variable concentración pues en la construcción de un dibujo no es necesario especificar concentración. Estos resultados evidencian el papel de la tarea en la recuperación de la información.

D.5. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

El subgrupo D.5, sintetiza los resultados obtenidos al examinar los aspectos situacionales en su representación microscópica, en la categoría búsqueda de explicaciones

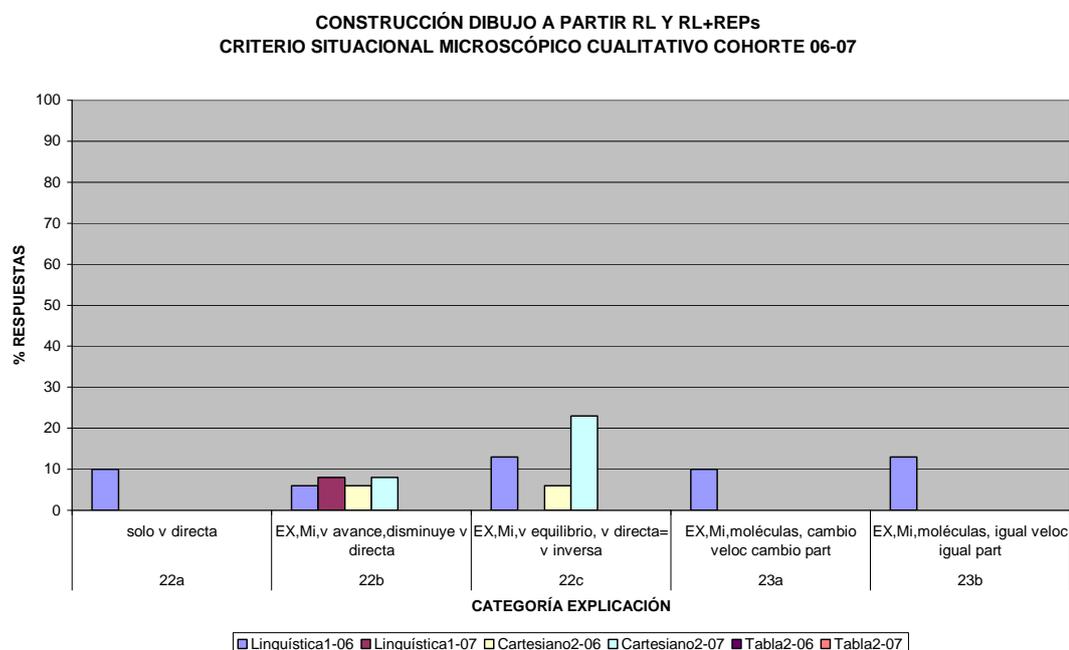


Figura 80: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos situacionales asociados al sistema de representación microscópico cualitativo-comparación cohortes 2006 (N=32) Y 2007 (N=13).

CONSTRUCCIÓN DIBUJO A PARTIR RL Y RL+REPs
 CRITERIO SITUACIONAL MICROSCÓPICO CUALITATIVO COHORTE 06-07

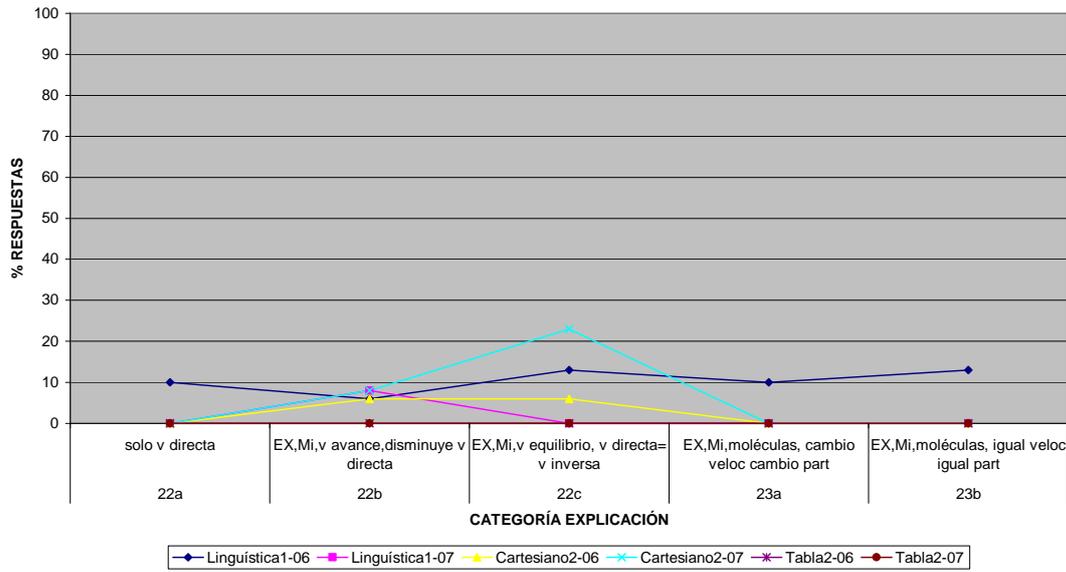


Figura 81: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Aspectos situacionales asociados al sistema de representación microscópico cualitativo-comparación cohortes 2006 (N=32) Y 2007 (N=13).

A continuación se examinan los resultados que hemos encontrados y que se resumen en la Tabla 45.

Tabla 45: Construcción REP-D a partir REL, REL+REP-GC y REL+REP-T. Criterio Situacional-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)			2007 (N=13)		
			L	GC	T	L	GC	T
Explicaciones Velocidad reacción	Solo $v_{directa}$	22a	Muy Bajo % respuestas correctas,					
			10	0	0	0	0	0
	Para avance disminuye $v_{directa}$	22b	Muy Bajo % respuestas correctas					
			6	0	0	8	8	0
	$v_{directa} = v_{inversa}$ en EQ	22c	Bajo % respuestas correctas					
			13	6	0	0	23	0
Explicaciones Partículas	Cambio v y cambio en N° Partículas en avance	23a	Muy Bajo % respuestas correctas					
			10	0	0	0	0	0
	No Cambio v y cambio en N° Partículas en EQ	23b	Muy Bajo % respuestas correctas					
			13	0	0	0	0	0

Estos resultados reafirman la dificultad para la búsqueda de explicaciones en el nivel microscópico, de allí los muy bajos % de respuestas, la naturaleza de la tarea propuesta (construir un dibujo) hace prácticamente innecesario el uso de este nivel reafirmando el papel de la tarea.

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS PARA EL GRUPO D.

En este grupo se propone como tarea a realizar por los estudiantes la construcción de una REP tipo Dibujo (D) a partir de una REL, REL+REP-GC y REL+REP-T que describa un experimento. La tarea debe realizarse a partir de la lectura-interpretación-comprensión de los textos propuestos. Los resultados permiten realizar las siguientes inferencias:

- a) Al igual que para los grupos A, B y C los estudiantes hacen uso de las fórmulas químicas para referirse a las sustancias que intervienen en el proceso.
- b) Los estudiantes tienen dificultades para expresar mediante reacciones químicas los procesos de cambio de un sistema que alcanza un estado de equilibrio. Nos referimos a utilizar el sistema de reglas que exige la incorporación a la ecuación del estado, la estequiometría, la doble flecha.
- c) Asignar como tarea construir un D a partir de una REL contribuye a que los estudiantes puedan recuperar información que permite la descripción macroscópica del sistema en términos de: a) color (*categoría 2a*: REL: 68% -2006- y 92% -2007-; b) estado (categoría 6: 39% -2006- y 46% -2007-) esta tendencia se repite en menor proporción para el GC (categoría 6:GC: 38%-2006- y 69% -2007-)
- d) La construcción de un dibujo a partir de una REL+REP-T permite la descripción macroscópica del sistema que alcanza un estado de equilibrio en términos de la composición del sistema, lo que los lleva a hacer referencia a la concentración.
- e) Los resultados especificados en los apartes c y d contribuye a documentar la **afirmación sostenida sobre la doble influencia de la REP**: a) cuando actúa como fuente de información y b) cuando dirige la tarea a realizar. Para la construcción de un D es relevante la información que alude al color de los compuestos como indicador de avance de la reacción, o al estado físico. Por el contrario la construcción de un D no requiere fijar la atención sobre características del sistema como la composición de las sustancias presentes.
- f) El efecto diferenciado que ejerce la tarea propuesta sobre el tipo de información que se recupera se repite al analizar la descripción situacional.
- g) Construir un D contribuye a que se pueda reconocer las condiciones iniciales, el avance y la situación de equilibrio.
Construir un D no facilita al estudiante elaborar un discurso en el que hace referencia al no cambio de la composición del sistema. Construir un D permite hacer referencia a cambio de color en el equilibrio sin establecer relación con no cambio de color en el equilibrio.
- h) Es poco el aporte que la construcción de las REP (D) realiza a la construcción de un discurso que focalice su atención en la visión microscópica, lo cual tiene justificación en que las representaciones GC y T son todas REP que se expresan en un nivel macroscópico.

Construcción de una **REP-D a partir REL+REP-GC**

Jua (2006)

2) b) Este grafico nos indica que al principio solo el N_2O_4 esta presente y luego de aplicas calor y elevamos su punto de ebullicion se va desprendiendo NO_2 :

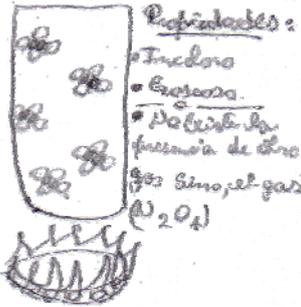
NO_2 :

Moleculas de (N) = ● ; Moleculas de (O) = ○

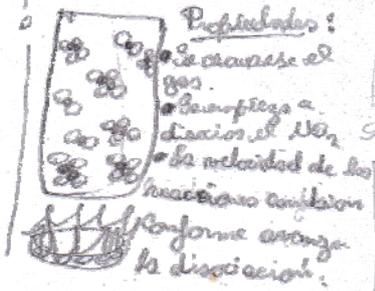
$N_2O_4 = \text{●●○○○○}$

En un sistema cerrado

Al principio



$N_2O_4 = \text{●●○○○○}$; $NO_2 = \text{●○○}$
 • Fuente de calor por su punto de ebullicion (21,2 °C)

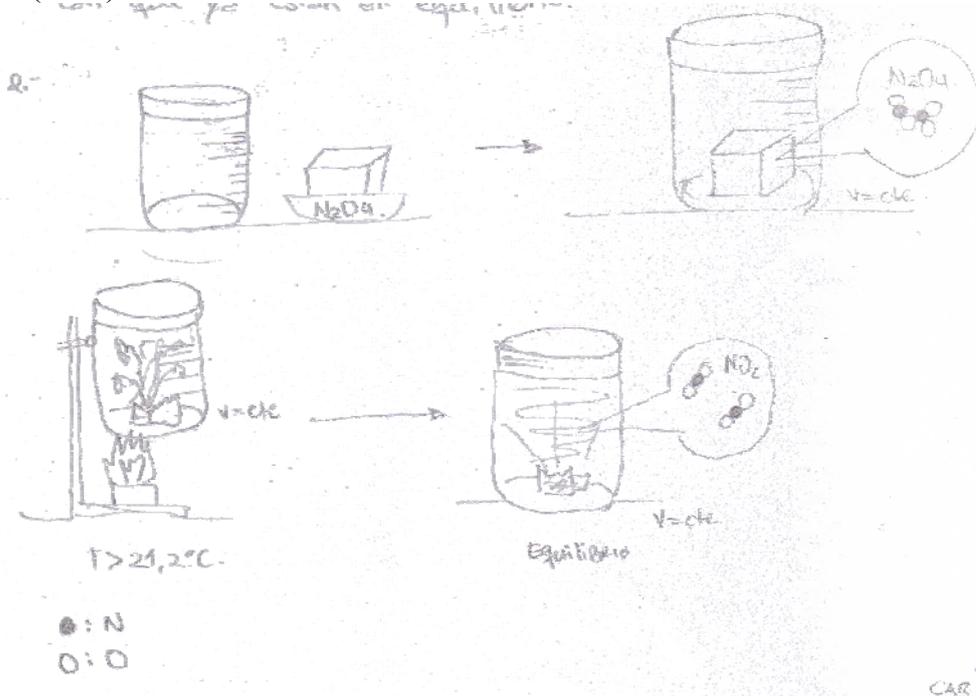


Al alcanzar el equilibrio

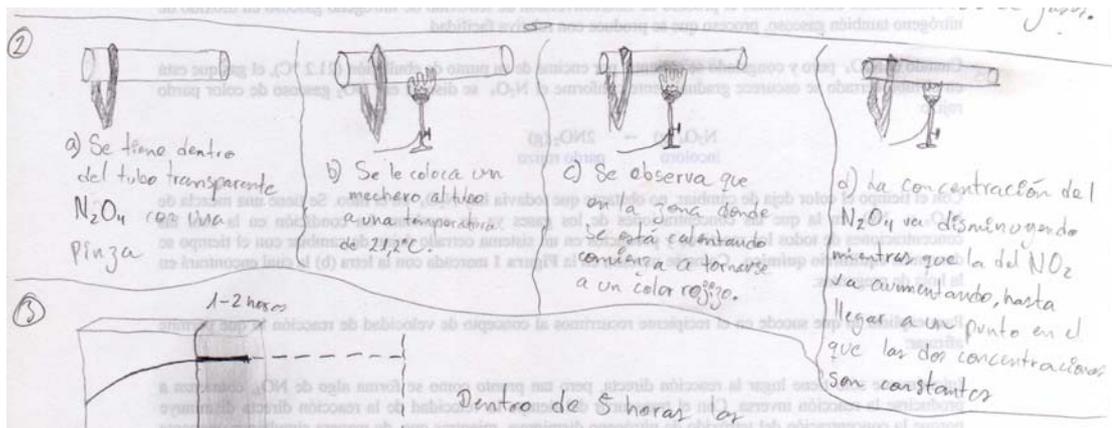


CAR

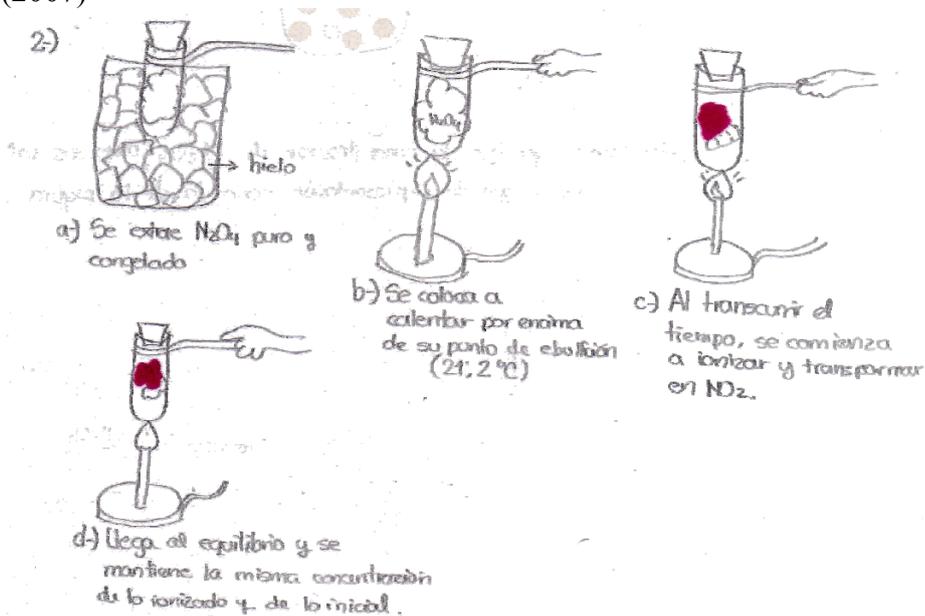
Car (2006)



Ton (2007)



Mars (2007)



A continuación los resultados relativos a la construcción de una tabla.

V-B.5. GRUPO E. INFLUENCIA DEL TEXTO MULTIMODAL SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE REP TIPO TABLA.

Transformación a REP-T a partir de REL Y REL+REP FOTOGRAFÍA. COHORTES 2006 Y 2007.

Análisis según criterio paradigmático-categorías: lingüística-matemática; propiedad física; velocidad de reacción-partículas y criterio situacional- categorías descripción; explicación.

GRUPO E: CONSTRUCCIÓN TABLA A PARTIR DE: a) REL Y b) REL + REP-F, COHORTES 2006 Y 2007

En este quinto grupo nos proponemos estudiar las características de una Tabla que es construida por los estudiantes a partir de la lectura-interpretación-comprensión (L/I/C) de: a) REL; b) una REL +REP-F.

Al igual que en el grupo anterior, focalizamos nuestra atención en el uso de:

1. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Las representaciones simbólicas lingüísticas-matemáticas utilizadas comúnmente para construir el lenguaje formal sobre EQ.
 - b) Los sistemas de representación macroscópicas
 - c) Los sistemas de representación microscópicas
2. Aspectos paradigmáticos asociadas a:
 - a) Los sistemas de representación macroscópicas
 - b) Los sistemas de representación microscópicas

ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS DADAS POR LOS ESTUDIANTES A LAS PREGUNTAS 1.1-3.2-4.2

Propósito	✓ Tarea	Se comparan las respuestas 1.4-2.6
<p>Ver cambios en la construcción de una REP tipo Tabla (T) a partir de una REL y una REL+REP-F</p> <p>La construcción de la T se realiza a partir de la descripción de una situación inicial. Se debe describir, utilizando la T, la situación inicial, el avance al equilibrio y la situación de equilibrio.</p>	<p>A partir de la lectura de:</p> <p>a) REL (1.4) b) REL + REP-F (2.6)</p> <p>✓ Operaciones</p> <p>1. CONSTRUIR, que implica:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Leer ✓ Capturar información ✓ Planificar y diseñar REP-T ✓ Transformar una representación en otra diferente <p>2. INTERPRETAR</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Examinar consistencia de los datos ✓ Generar el significado de una REP ✓ Dar sentido al fenómeno, concepto o datos representados por la REP <p>3. RAZONAR</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Soportar con argumentos ✓ Conceptualizar el fenómeno 	<p>1.4: REL Se realizan dos experimentos diferentes. El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1L.</p> <p>Se quiere construir una tabla que permita registrar las concentraciones iniciales de los reactivos y los productos al inicio de la reacción y una vez que se alcance el equilibrio, no se quiere saber el valor exacto de la concentración, indique sólo si la concentración de cada componente será mayor, menor o igual que en el experimento 1.</p> <p>2.6: REL + REP-F El experimento 1 se realiza partiendo de una situación inicial en la que se introduce 1 mol de dióxido de nitrógeno en un recipiente de 1L. Mientras el experimento 2 se realiza colocando al inicio sólo 1 mol tetróxido de nitrógeno, gaseoso, en un recipiente de 1 L. Se quiere construir una tabla que permita registrar las concentraciones iniciales de los reactivos y los productos al inicio de la reacción y una vez que se alcance el equilibrio, no se quiere saber el valor exacto de la concentración, indique sólo si la concentración de cada componente Ud. será mayor, menor o igual que 1.</p>

E.1. ANÁLISIS DE LOS ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA DE TIPO LINGÜÍSTICA-MATEMÁTICA.

A continuación en el grupo E.1., se presentan las respuestas a las preguntas que permiten examinar el uso que hacen los estudiantes de las representaciones lingüísticas-matemáticas

CONSTRUCCIÓN REP TIPO TABLA A PARTIR RL Y REP TIPO FOTOGRAFÍA
CRITERIO PARADIGMÁTICO SIMBÓLICO COHORTES 06-07

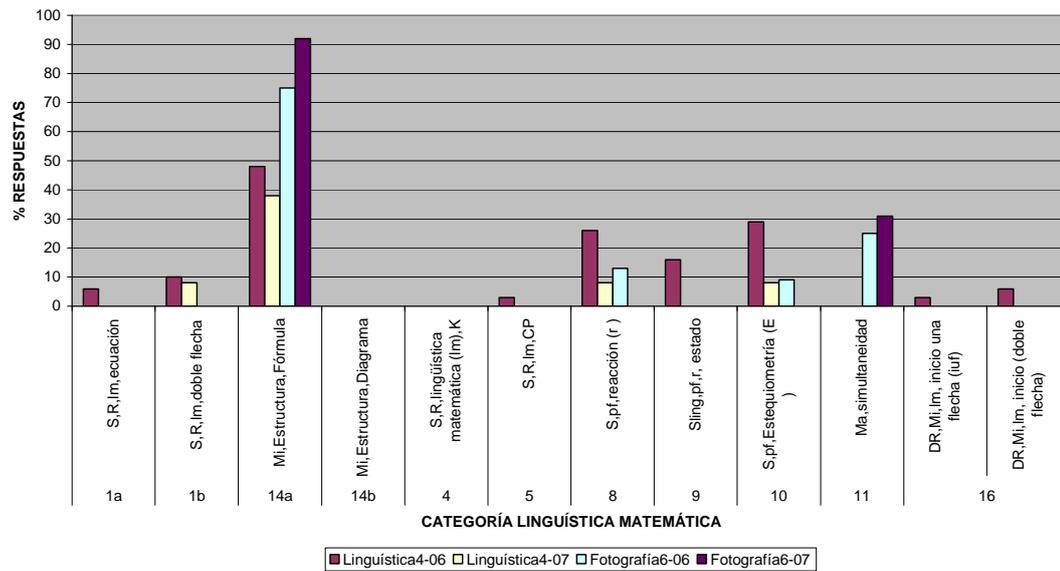


Figura 82: Construcción REP-T a partir REL Y REL +REP-F. Aspectos Paradigmáticos Asociados Al Sistema De Representación Simbólica. Comparación Cohorte 2006 (N= 32) 2007 (N=13).

CONSTRUCCIÓN REP TIPO TABLA A PARTIR RL Y REP TIPO FOTOGRAFÍA
CRITERIO PARADIGMÁTICO SIMBÓLICO COHORTES 06-07

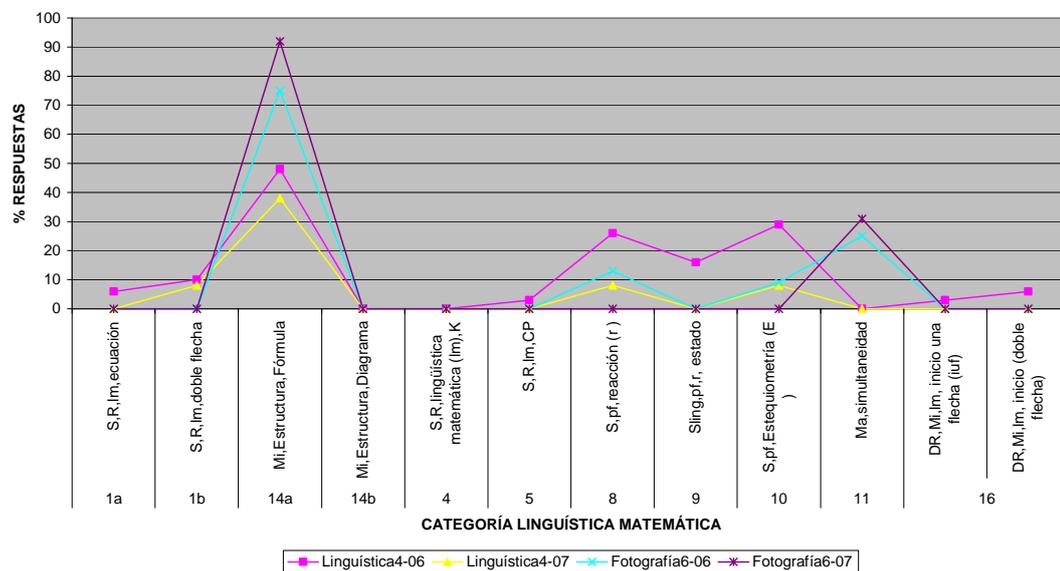


Figura 83: Construcción REP-T a partir REL Y REL +REP-F. Aspectos Paradigmáticos Asociados Al Sistema De Representación Simbólica. Comparación Cohortes 2006 (N= 32)-2007 (N=13)

USO DEL LENGUAJE FORMAL: Las Representaciones simbólicas de tipo lingüísticas-matemáticas utilizadas para la representación de los estados de equilibrio.

A partir de estos resultados nos proponemos indagar el efecto que sobre la construcción de una REP tipo T ejerce suministrar una REL y una REL+REP-F

Centramos nuestra atención en estudiar los aspectos formales del lenguaje químico utilizado para construir el discurso sobre EQ, es decir, las representaciones lingüísticas-matemáticas utilizadas por los estudiantes para construir una T en la que se representa la situación inicial y la situación de equilibrio para un sistema que avanza hasta alcanzar el EQ.

Nos referimos al uso formal del lenguaje simbólico en este contexto particular, contexto en que los símbolos asumen significados específicos:

- Representación de las sustancias que intervienen en el proceso mediante fórmulas químicas: *categoría 14a*.
- Representación del proceso de cambio mediante ecuaciones químicas: *categoría 1a y 8*.
- Necesidad de especificar la estequiometría dada la dependencia de la constante de los coeficientes estequiométricos: *categoría 10*.
- Necesidad de representar estado de las sustancias que intervienen: *categoría 9*.
- Uso de flechas y dobles flechas para diferenciar reacciones que transcurren hasta completarse o reacciones que alcanzan equilibrio: *categorías 1b y 16b*.

Todos aspectos que podrían ser considerados como formales en el uso del lenguaje químico para describir los sistemas en estado de equilibrio. Resaltan los siguientes resultados para las categorías establecidas (Tabla 46)

Tabla 46: Construcción REP-T a partir REL y REL+REP-F. Criterio Paradigmático-Simbólico. Comparación Cohortes 2006-2007

Representación simbólica tipo Lingüística-Matemática		Categorías	2006 (N=32)		2007 (N=13)	
			L	F	L	F
R. Sustancias	Fórmula	14a	48	75	38	92
	Diagrama Estructura	14b	0	0	0	0
R. Reacción	Reacción	1a	6	0	0	0
		8	26	13	8	0
	Estado	9	16	0	0	0
	Estequiometría	10	29	9	8	0
	Doble Flecha	1b	10	0	8	0
16b		6	0	0	0	
Descripción de situación física	Simultaneidad	11	0	25	0	31
R. matemática del EQ	Expresión Keq	4	0	0	0	0
	Uso concentraciones	5	3	0	0	0

Afirmaciones que podemos realizar a partir de los resultados.

A partir del examen de los resultados sintetizados en las Figuras 82 y 83 y la Tabla 46, es posible afirmar que las cohortes 2006 y 2007 muestran una tendencia similar a no utilizar el lenguaje simbólico en la categoría que hemos denominado lingüística matemática.

En este grupo los estudiantes deben construir una REP (T) a partir de la lectura/interpretación/comprensión (L/I/C) de: a) una REL y b) una REL+REP-F.

Para el análisis de estos datos agruparemos las categorías desarrolladas en cuatro grupos: representación del cambio químico, uso de los símbolos y representación matemática del equilibrio.

1. **Representación del cambio químico expresado como:**

1. La representación de las *sustancias que intervienen en la reacción*, que debe concretarse por la escritura de las fórmulas (**categoría 14a**).

Se repiten los resultados encontrados para los otros grupos en el sentido que los estudiantes construyen su representación mostrando una alta tendencia a utilizar las fórmulas para expresar las sustancias que intervienen en la reacción. Sustentamos esta afirmación en los valores registrados para la **categoría 14a**. Para la REL se tienen porcentajes de 48%(2006) y 38%(2007). Para la REL+REP-F se registra 75%(2006) y 92%(2007).

2. La *representación del proceso*: la reacción química (**categoría 1a, 8**). En el caso del equilibrio químico es un requisito fundamental que se especifique tanto la estequiometría (**categoría 10**) como el estado de las sustancias que intervienen (**categoría 9**). Este requisito es impuesto por el marco teórico.

En cuanto a la escritura de las reacciones químicas (proceso) los resultados sugieren que los estudiantes conceden poca importancia, dado los bajos porcentajes de respuestas correctas en la **categoría 1a** (0-6%) y la **categoría 8** (0-26%), a la rigurosidad necesaria para que la representación sea la coincidente con la comunidad discursiva. Estos resultados contrastan con el resultado encontrado para la **categoría 14a**.

En cuanto a la necesidad de especificar la estequiometría y el estado de las sustancias que intervienen se observa de igual manera que no se da la debida importancia si consideramos los resultados a la **categorías 10** (0-29%) y la **categoría 9** (0-16 %). Ambas especificaciones son claves para un adecuado desarrollo del modelo conceptual EQ, pues imponen restricciones a la aplicación de las reglas para escribir la constante de equilibrio, lo cual es básico para la resolución de los problemas que se les plantean.

2. **Uso de la simbología** particular para denotar el estado inicial y el estado de equilibrio la cual se expresa con los símbolos \rightarrow (**categoría 16a**) y \rightleftharpoons (**categoría 1b y 16b**) respectivamente.

Los resultados anteriores se repiten si prestamos atención al uso de la doble flecha como símbolo requerido para expresar que los sistemas se encuentran en equilibrio, expresadas en la **categoría 16b** (0- 6 %). Nuevamente no se observan diferencias que podamos inferir sean introducidas por la diferencia en la representación pictórica que se introduce.

3. **Representación matemática del equilibrio:** Constante de equilibrio (categoría 4 y 5).

En general los estudiantes no hacen referencia a la constante de equilibrio, lo cual inferimos de los % bajos de respuestas para las categorías 4 y 5 cuyos valores son 0% en ambas cohortes y para los dos casos estudiados: REL y REL + REP-F.

Se debe señalar que aún cuando en el formato lingüístico no se expresa de manera explícita la expresión matemática de la constante de equilibrio, era de esperar que los estudiantes hicieran referencia a ella, ya que en el curso de Química es de uso frecuente pues las estrategias de enseñanza se centran en su aplicación.

E.2. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO.

El grupo E.2. resume los resultados relativos a los aspectos Paradigmático fijando la atención en las representaciones Macroscópicas, en la categoría propiedad física.

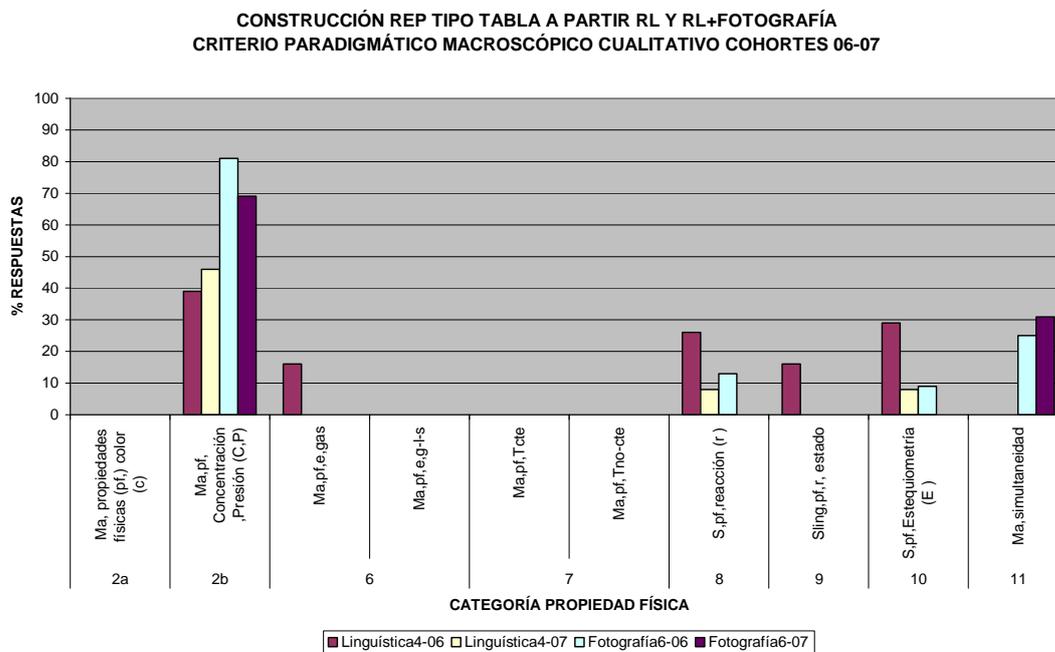


Figura 84: Construcción REP-T a partir REL Y REL +REP-F. Aspectos Paradigmáticos asociados al sistema de representación macroscópica cualitativa. Comparación Cohortes 2006 (N= 32)-2007(N=13)

CONSTRUCCIÓN REP TIPO TABLA A PARTIR RL Y RL+FOTOGRAFÍA
CRITERIO PARADIGMÁTICO MACROSCÓPICO CUALITATIVO COHORTES 06-07

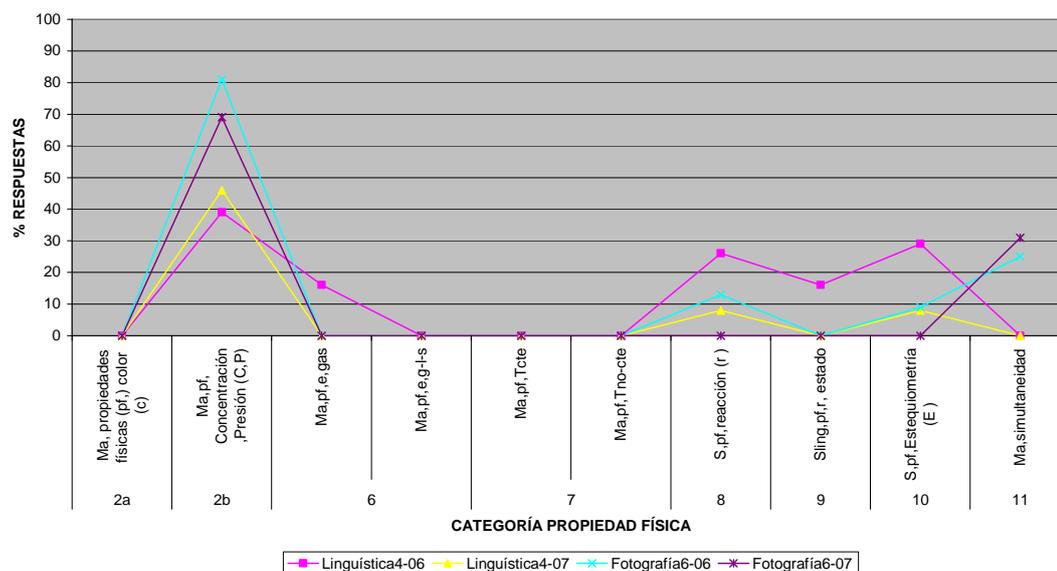


Figura 85: Construcción REP-T a partir REL Y REL +REP-F. Aspectos Paradigmáticos Asociados al sistema de representación macroscópica cualitativa. Comparación Cohortes 2006 (N= 32)-2007(N=13)

LAS DESCRIPCIONES MACROSCÓPICAS. Reconocimiento de los aspectos macroscópicos asociados a la situación física: color, equipos, sustancias y estados, simultaneidad.

Examinamos en este aparte las respuestas dadas por los estudiantes desde la óptica de las variables a considerar para representar el EQ:

- a) Propiedades observables: color (*categoría 2a*)
- b) Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)
- c) Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*)
- d) Requerimiento de mantener Temperatura constante (*categoría 7*)
- e) Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (*categoría 11*)

En la tabla 47 se sintetizan los resultados.

Tabla 47: Construcción REP-T a partir REL y REL+REP-F. Criterio Paradigmático-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007.

Aspectos Paradigmáticos Representación Macroscópica	Categorías	2006 (N=32)		2007 (N=13)		
		L	F	L	F	
Propiedades observables que contribuyen a Descripción de situación física	Color	2a	0	0	0	0
	Composición expresada como concentración	2b	39	81	46	69
	Estado	6	16	0	0	0
Requisitos del EQ	Temperatura	7	0	0	0	0
		7	0	0	0	0
	Simultaneidad	11	0	25	0	31

Se analiza la *representación del proceso* en términos de una descripción fenomenológica:

a. Propiedades observables: color (*categoría 2a*)

Al proponer como actividad construir una tabla, se observa la influencia de la tarea en el tipo de información que se considera relevante la construcción de una tabla no requiere de información descriptiva como el color o la variación del color durante el proceso. Aunque en la REL y en la REL+REP-F se dispone de esta información descriptiva la misma no es utilizada en la construcción de la representación con la que dan respuesta a la tarea. Se tiene *0% de respuestas a la categoría 2a* para ambas cohortes y en las dos situaciones de partida. Lo que nos lleva a reconocer el papel de la tarea en la recuperación de un tipo específico de información. En casos donde se parte de REL+REP-F como por ejemplo, el grupo A2, se hace referencia en la respuesta a la propiedad color (*categoría 2a* 69% y 77% para las cohortes 2006 y 2007 respectivamente).

b. Composición del sistema expresada como concentración de reactivos y productos (*categoría 2b*)

La construcción de una tabla implica expresar la composición del sistema en términos de concentración y aunque la información de partida (REL y REL+REP-F) no destaca esta información en ambos formatos los estudiantes hacen referencia a esta propiedad (*categoría 2b*: 39% y 46% para REL cohortes 2006 y 2007 respectivamente y 81% y 69% para REL+REP-F cohortes 2006 y 2007). Estos resultados refirman el papel de la tarea como directora de la información que se recupera.

El aporte de las Tablas al reconocimiento de la composición como variable se deba a la necesidad de especificar las etiquetas que acompañan este tipo de representación cuando están bien elaboradas.

c. Reconocimiento del estado de reactivos y productos (*categoría 6*)

Los resultados muestran en general que acompañar la REL con fotografía facilita el reconocimiento del estado de las sustancias que intervienen en la reacción (por ejemplo para el grupo A2, *categoría 6*, se reportan valores de 47 y 62% para cohortes 2006 y 2007). Sin embargo, para este caso, grupo E2 (*categoría 6*) se encuentran valores de 0% para las dos cohortes, lo cual reafirma nuestra creencia de una doble influencia.

d. La Temperatura como variable clave y que debe ser constante (*categoría 7*)

Este es un aspecto paradigmático clave para la aplicación del modelo conceptual equilibrio químico, solo se puede hablar de constante de equilibrio si la temperatura es constante.

A partir de los resultados podemos afirmar que las REP tipo Fotografías, así como pedir la construcción de una Tabla, no facilita el reconocer el valor de la Temperatura a la que se efectúa el proceso y el requisito que debe mantenerse constante para poder aplicar los modelos conceptuales. Esta inferencia la

realizamos a partir del 0% de respuestas a la **categoría 7 para ambas cohortes**. Una explicación a estos resultados podemos encontrarla en el hecho que las operaciones necesarias para “resolver problemas” no requieren considerar esta variable, por lo que la variable temperatura se mantiene “opaca” a los ojos del lector novato.

- e. Simultaneidad de la reacción directa e inversa en el mismo recipiente (**categoría 11**)

Los resultados nos indican las limitaciones de los estudiantes para describir la situación física en particular en lo que se refiere a que la reacción ocurre en un solo recipiente por lo que los reactantes y productos forman una mezcla, esta inferencia la hacemos a partir de los bajos % de respuestas a la **categoría 11**, aunque en la cohorte 2006 se observa una mejora con la fotografía (25% y 31%, ambas cohortes).

E.3. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

NO HAY RESPUESTAS

1. La búsqueda de Explicaciones. Uso del nivel Microscópico.

Las explicaciones en el nivel microscópico están asociadas a:

- La velocidad de la reacción, entendiendo que se debe diferenciar entre la velocidad de la reacción directa y la inversa en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (**categoría 3a**).
- El número de partículas de reactivos y productos en diferentes momentos: al inicio, durante el avance y en el equilibrio (**categoría 3b**).

Tabla 48: Construcción REP-T a partir REL y REL+REP-F. Criterio Situacional-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Paradigmáticos Representación Microscópica		Categorías	2006 (N=32)		2007 (N=13)	
			L	F	L	F
Explicaciones	Velocidad reacción	3a	0	0	0	0
	Partículas	3b	0	0	0	0

Se confirma lo encontrado para los grupos A3, B3 y D3 en el sentido que la incorporación de REPs a la REL parece no contribuir a la activación de aspectos microscópicos, de por si difíciles de activar. Construir una Tabla no contribuye a esta activación.

Como ya se ha señalado, activar las representaciones microscópicas como base del sistema de explicaciones en Química es un verdadero problema pedagógico que se encuentra ampliamente documentado no solo para este tema en particular.

E.4. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO.

Este subgrupo E.4., examina los aspectos situacionales asociados a las representaciones macroscópicas, en la categoría descripción fenomenológica.

CONSTRUCCIÓN REP TIPO TABLA A PARTIR RL Y RL+FOTOGRAFÍA
CRITERIO SITUACIONAL MACROSCÓPICO CUALITATIVO COHORTES 06-07

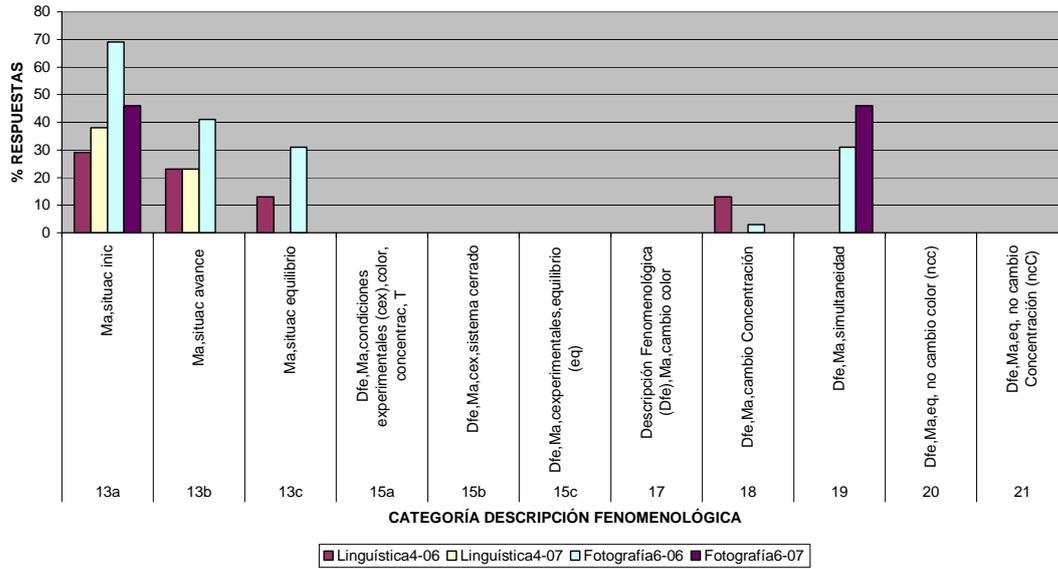


Figura 86: Construcción REP-T a partir REL Y REL +REP-F. Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópica cualitativa. Comparación cohortes 2006 (N= 32)-2007(N=13).

CONSTRUCCIÓN REP TIPO TABLA A PARTIR RL Y RL+FOTOGRAFÍA
CRITERIO SITUACIONAL MACROSCÓPICO CUALITATIVO COHORTES 06-07

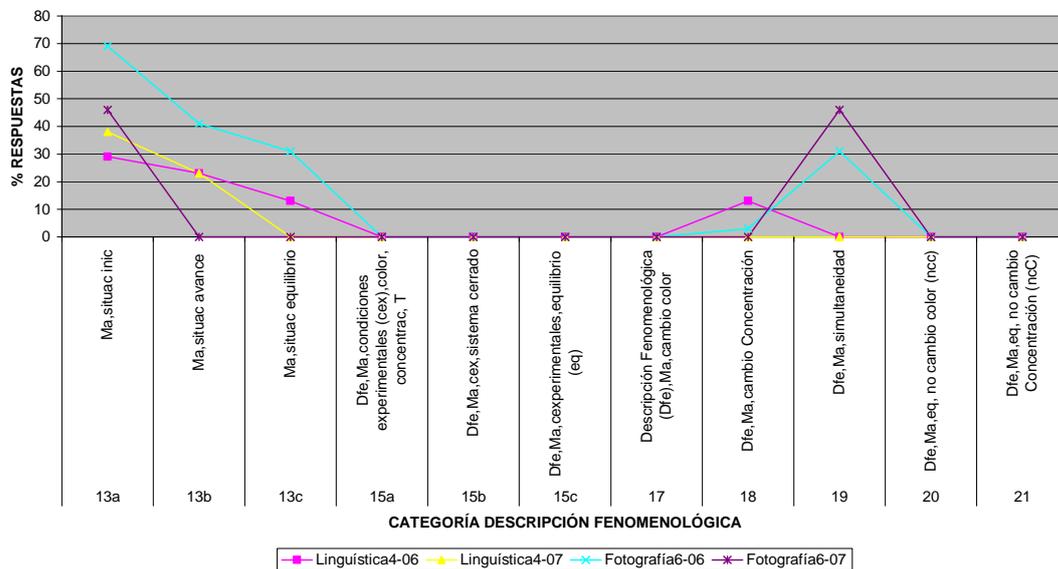


Figura 87: Construcción REP-T a partir REL Y REL +REP-F. Aspectos situacionales asociados al sistema de representación macroscópica cualitativa. Comparación cohortes 2006 (N= 32)-2007(N=13).

A continuación en la Tabla 49 se presenta una síntesis de los resultados de la categoría Situacional- Macroscópico.

Tabla 49: Construcción REP-T a partir de REL y REL+REP-F. Criterio Situacional-Macroscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)		2007 (N=13)	
			L	F	L	F
Representación situación experimental planteada	Inicio	13a	29	69	38	46
	Avance	13b	23	41	23	0
	Equilibrio	13c	13	31	0	0
Condiciones Experimentales	Propiedades como color, concentración., temperatura	15a	0	0	0	0
	Sistema Cerrado	15b	0	0	0	0
	Condiciones en Equilibrio	15c	0	0	0	0
	Cambio color	17	0	0	0	0
	Cambio concentración	18	13	3	0	0
	Simultaneidad	19	0	31	0	46
	No cambio color en equilibrio	20	0	0	0	0
No cambio de concentración en equilibrio	21	0	0	0	0	

Cuando examinamos las respuestas al grupo de ítems asociados con la descripción macroscópica de la situación física planteada en la pregunta, observamos, en general, que la construcción de una tabla contribuye al reconocimiento de las condiciones iniciales y el avance la activación sin concretar en la situación de equilibrio, en el logro de esta identificación contribuye en mayor proporción cuando se acompaña la REL con una REP-F del progreso de la reacción.

La construcción de una tabla no facilita la construcción de un discurso en que se caractericen propiedades como color, sistema cerrado.

E.5. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO.

A continuación se examinan los resultados que hemos encontrados y que se resumen en la tabla 50.

Tabla 50: Construcción REP-T a partir REL y REL+REP-F. Criterio Situacional-Microscópico. Comparación Cohortes 2006-2007

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	2006 (N=32)		2007 (N=13)	
			L	F	L	F
Explicaciones Velocidad reacción	Solo $v_{directa}$	22a	0	0	0	0
	Para avance disminuye $v_{directa}$	22b	0	0	0	0
	$v_{directa} = v_{inversa}$ en EQ	22c	0	0	0	0
Explicaciones Partículas	Cambio v y cambio en N° Partículas en avance	23a	0	0	0	0
	No Cambio v y cambio en N° Partículas en EQ	23b	0	0	0	0

Estos resultados reafirman la dificultad para la búsqueda de explicaciones en el nivel microscópico. La construcción de una tabla, en la que interesa colocar “valores” no contribuye a activar estas explicaciones. De nuevo la naturaleza de la tarea propuesta (construir una tabla) hace prácticamente innecesario el uso de este nivel reafirmando el papel de la tarea.

SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS PARA EL GRUPO E.

En este grupo se propone como tarea a realizar por los estudiantes la construcción de una REP tipo Tabla (T) a partir de una REL y REL+REP-F que describa un experimento. La tarea debe realizarse a partir de la lectura-interpretación-comprensión de los textos propuestos. Los resultados permiten realizar las siguientes inferencias:

- a) Al igual que para los grupos A, B, C y D los estudiantes hacen uso de las fórmulas químicas para referirse a las sustancias que intervienen en el proceso.
- b) Los estudiantes tienen dificultades para expresar mediante reacciones químicas los procesos de cambio de un sistema que alcanza un estado de equilibrio. Nos referimos a utilizar el sistema de reglas que exige la incorporación a la ecuación del estado, la estequiometría, la doble flecha.
- c) Asignar como tarea construir una Tabla a partir de una REL o una REL+REP-F no contribuye a que los estudiantes puedan recuperar información que permite la descripción macroscópica del sistema en términos de: a) color (*categoría 2a*: REL y REL+REP-F: 0% -2006 y 2007); b) estado (*categoría 6*: REL 16% -2006- y 0% -2007-; REL+REP-F 0% ambas cohortes). Estos resultados reafirman el papel desempeñado por la naturaleza de la tarea a realizar sobre lo que el autor elige presentar como contenidos de su discurso.
- d) La construcción de una Tabla a partir de una REL y una REL+REP-F permite la descripción macroscópica del sistema que alcanza un estado de equilibrio en términos de la composición del sistema, lo que los lleva a hacer referencia a la concentración (*categoría 2b*: REL: 39% y 46%; REL+REP-F: 81% y 69% para las cohorte 2006 y 2007 respectivamente).
- e) Los resultados obtenidos contribuyen a documentar la **afirmación sostenida sobre la doble influencia de la REP**: a) cuando actúa como fuente de información y b) cuando dirige la tarea a realizar. Para la construcción de una T no es relevante la información que alude al color de los compuestos como indicador de avance de la reacción, o al estado físico (*categoría 2a*). Por el contrario la construcción de un T requiere fijar la atención sobre características del sistema como la composición de las sustancias presentes (*categoría 2b*).
- f) El efecto diferenciado que ejerce la tarea propuesta sobre el tipo de información que se recupera se repite al analizar la descripción situacional.
- g) Construir un T contribuye a que se pueda reconocer las condiciones iniciales, el avance y la situación de equilibrio.
- h) Construir una T no permite hacer referencia a cambio de color en el equilibrio sin establecer relación con no cambio de color en el equilibrio.

- i) Construir un T no facilita al estudiante elaborar un discurso en el que hace referencia al no cambio de la composición del sistema; es posible que no contar con valores numéricos sea la causa de los bajos porcentajes de respuestas a las *categorías 18 y 21*.
- j) Es poco el aporte que la construcción de las REP (T) realiza a la construcción de un discurso que focalice su atención en la visión microscópica, lo cual tiene justificación en que la representación que se debe construir, una T, como la que se aporta al inicio, una fotografía, son REP que se expresan en un nivel macroscópico.

V-B.6. ANÁLISIS COMPARTIVOS DE LOS RESULTADOS PARA LOS GRUPOS A, B, C, D y E.

Para realizar este análisis comparativo se comparan los grupos A1, B1, C1, D1 y E1; luego los grupos A2...E2; A3...E3 hasta A5...E5.

1. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA. EL LENGUAJE FORMAL. Comparación de A1, B1, C1, D1 y E1.

La comparación de los resultados integrados en la tabla 51 permite afirmar:

- a) Destaca el uso de las fórmulas para referirse a los compuestos químicos que intervienen en la reacción lo que se evidencia por los altos % de respuestas a la categoría 2a.
- b) La representación de los cambios químicos se debe realizar utilizando representaciones lingüísticas-matemáticas que deben sintetizar el estado inicial y el estado final respetando las siguientes reglas: debe conservarse el número total de cada tipo de átomos y del total; la proporción de átomos en un compuesto no cambia; se debe especificar la estequiometría de la reacción, se debe especificar el estado de los componentes del sistema; se debe utilizar la doble flecha para indicar la reversibilidad. Las dos primeras reglas son de carácter general mientras las dos últimas son específicas para representar sistemas que alcancen un estado de equilibrio.
Los resultados muestran las dificultades de los estudiantes para representar los procesos químicos en situación de equilibrio haciendo uso de las reacciones químicas. Dada la importancia de esta representación para escribir la Keq, concepto clave en la resolución de problemas, sería de esperar altos % de respuestas a las categorías 1a, 8, 9, 10, 1b y 16b. Los resultados muestran que incorporar REPs en diferente formato o la construcción de diferentes REPs no contribuye al uso de las reglas.
- c) La naturaleza de la tarea propuesta así como las diferentes representaciones propuestas como punto de partida para realizar la tarea no exigen activar conocimientos sobre la Keq. Los estudiantes al construir su discurso no hacen referencia a la constante.

Tabla 51: Síntesis Resultados. Aspectos Paradigmáticos Asociados al Uso del Lenguaje Formal.

R E P R E S E N T A C I Ó N	Representación simbólica tipo Lingüística-Matemática		categorías	Construir REL desde REP-F, REP-GC, REP-T						Construir REP-GC desde REL, REL+ REP-F, REL+ REP-T						Construir REPD, REP-DE, REP-GC, REP-T desde REL							
				2006 (N=32)			2007 (N=13)			2006 N=32			2007 N=13			2006 (N=32)				2007 (N=13)			
				F	GC	T	F	GC	T	L	F	T	L	F	T	D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
Sustancias	Fórmula	14a	69	81	97	8	69	85	61	97	94	77	92	92	74	61	61	48	92	85	77	38	
	Diagrama Estructura	14b	3	0	3	38	8	0	0	0	0	0	0	0	16	58	0	0	0	38	0	0	
Reacción	Reacción	1a	3	0	10	0	0	0	6	0	0	0	15	0	10	16	6	6	8	15	0	0	
		8	8	3	16	13	23	8	10	0	0	0	8	0	19	13	10	26	23	0	0	8	
	Estado	9	9	0	3	0	0	8	0	0	0	0	0	0	13	6	0	16	23	0	0	0	
	Estequiometría	10	9	3	19	0	15	15	16	0	0	8	8	0	23	29	16	29	39	15	8	8	
	Doble Flecha	1b	13	0	16	0	0	8	13	0	0	0	0	0	23	19	13	10	15	23	0	8	
		16b	13	0	16	0	15	8	6	0	0	0	15	0	19	10	6	6	31	0	0	0	
Matemática EQ	Expresión Keq	4	0	3	23	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Uso concent./P	5	0	6	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	

R E P R E S E N T A C I Ó N	Representación simbólica tipo Lingüística-Matemática		categorías	Construir REP-D desde REL, REP-GC y REP-T						Construir Tabla desde REL y REP-F			
				2006 (N=32)			2007 (N=13)			2006 N=32		2007 N=13	
				L	GC	T	L	GC	T	L	F	L	F
Sustancias	Fórmula	14a	74	84	84	92	85	92	48	75	38	92	
	Diagrama Estructura	14b	16	53	69	0	38	46	0	0	0	0	
Reacción	Reacción	1a	10	3	0	8	0	0	6	0	0	0	
		8	19	6	13	23	23	23	26	13	8	0	
	Estado	9	13	3	0	23	0	0	16	0	0	0	
	Estequiometría	10	23	3	6	39	23	23	29	9	8	0	
	Doble Flecha	1b	23	0	0	15	15	23	10	0	8	0	
		16b	19	0	0	31	0	0	0	25	0	31	
Matemática EQ	Expresión Keq	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	concentración/P	5	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	

2. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO. Comparación de A2, B2, C2, D2 y E2.

La comparación de los resultados integrados en la Tabla 52 permite afirmar:

- a) En el caso que hemos estudiado: la descomposición del tetróxido de nitrógeno, el color de los gases que componen el sistema permite hacer un seguimiento del transcurso de la reacción. Reconocer propiedades macroscópicas, por lo tanto perceptibles, como color de las sustancias que se encuentran presentes en el sistema que se estudia se produce en una mayor proporción si:
 - a.1. El punto de partida de la tarea se realiza cuando se agrega a la REL una REP-F de acuerdo a los resultados del Grupo A2 y C2 en las categorías 2a.
 - a.2. Estos resultados entran en contradicción con los resultados de la categoría 2a que se reportan para los grupos B2 y E2 (0% para la categoría 2a) indicando que orienta la construcción del discurso no sólo las condiciones de partida, REL+REP, también influye la naturaleza de la tarea que debe realizarse.
- b) El efecto encontrado para color se repite para el reconocimiento del estado físico de las sustancias que conforman el sistema químico. Si se debe construir un dibujo se hace referencia en mayor proporción al estado (grupo C2, categoría 6). Si el punto de partida es REL+REP-F se registran mayor % de respuestas a la categoría 6 (grupo A2).
- c) Construir un discurso expresando la composición del sistema en términos de la concentración se sintetiza en dos grandes observaciones:
 - c.1. Los estudiantes hacen más referencia a concentración (grupo A2, categoría 2b) cuando la tarea es construir una REL y se debe realizar a partir de una REL+REP-GC y REL+REP-T)
 - c.2. Los estudiantes hacen más referencia a concentración cuando la tarea es construir un GC o una T (Grupo B2 y E2) porque así lo exige la naturaleza de la representación. En los GC y las T es preciso nominalizar las variables.
- d) Reconocer que la reacción se produce en un mismo recipiente en el que están presente de manera simultánea reactivos y productos es una característica del sistema que los estudiantes la reconocen en mayor proporción si deben construir un dibujo (Grupo D2, categoría 11).

Tabla 52: Integración Resultados. Aspectos Paradigmáticos asociados al sistema de Representación Macroscópico.

Representación Macroscópica		categorías	A2: Construir REL desde REP-F, REP-GC y REP-T						B2: Construir un REP-GC desde REL, REP-F y REP-T						C2: Construir REP-D, REP-DE, REP-GC y REP-T desde REL							
			2006 (N=32)			2007(N=13)			2006 (N=32)			2007(N=13)			2006 (N=32)				2007(N=13)			
			F	GC	T	F	GC	T	L	F	T	L	F	T	D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
Propiedades Observables que contribuyen a la descripción de la situación física	Color	2a	69	34	13	77	23	23	0	0	0	0	0	0	68	0	0	0	92	0	0	0
	Composición (concentración)	2b	28	72	97	15	69	77	45	94	91	77	100	92	0	0	45	39	8	0	77	46
	Estado	6	47	9	13	62	15	0	3	6	3	8	8	0	39	6	3	16	46	23	8	0
Requisitos modelo conceptual	Temperatura	7a	3	9	19	8	0	0	0	3	6	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
		7b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Simultaneidad	11	34	28	13	8	8	8	0	0	0	0	0	0	23	29	0	0	54	38	0	0

Representación Macroscópica		categorías	D2: Construir REP-D desde REL, REL+REP-GC y REL+REP-T						E2: Construir REP-T desde REL y REL+REP-F			
			2006 (N=32)			2007(N=13)			2006 (N=32)		2007 (N=13)	
			L	GC	T	L	GC	T	L	F	L	F
Propiedades Observables que contribuyen a la descripción de la situación física	Color	2a	68	38	6	92	69	38	0	0	0	0
	Composición (concentración)	2b	0	16	63	8	8	15	39	81	46	69
	Estado	6	39	19	3	46	8	0	16	0	0	0
Requisitos modelo conceptual	Temperatura	7a	10	6	13	0	0	8	0	0	0	0
		7b	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Simultaneidad	11	23	41	59	54	62	46	0	25	0	31

3. ASPECTOS SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MACROSCÓPICO CUALITATIVO. COMPARACIÓN DE A4, B4, C4, D4 y E4.

La comparación de los resultados integrados en la tabla 53 permite afirmar:

- a) Introducir REPs en diferentes formatos (F, GC y T) en una REL facilita el reconocimiento de las condiciones iniciales de un sistema que avanza a una situación de equilibrio (% de respuestas, en general, mayores a 40% para las categorías 13a, 13b y 13c) si la tarea propuesta es construir una REL, un D, un GC o una T. En general se produce mayores índices de respuestas si se debe reconocer la situación inicial cuando la tarea es construir un GC o una T. Igual efecto se encuentra cuando la tarea se inicia a partir de una REL + REP-F, o REL+REP-GC y REL+REP-T.
- b) El reconocimiento de propiedades del sistema como color, cambio de color durante el avance y no cambio de color en el equilibrio se reconocen con mayor facilidad si:
 - b.1. Se pide construir una REL y la tarea se inicia desde una REL+REP-F (grupo A4)
 - b.2. Se pide construir una REP-D a partir de una REL (grupo D4)Estos resultados muestran el doble papel de la REP, cuando se suministra como punto de partida o cuando se exige su construcción.
- c) Los estudiantes no logran reconocer propiedades como concentración en el estado inicial, cambio de concentración durante el avance y no cambio de concentración en el equilibrio cuando se debe construir una REL (grupo A4, categoría 18 y 21). Aumenta la posibilidad de reconocer que no hay cambio en la concentración una vez alcanzado el equilibrio cuando se propone construir un GC y se suministra como condición de partida una REL+REP-F y REL+REP-T como se evidencia en el grupo B4, categoría 21.
- d) Construir un D a partir de una REL (grupo C4) o a partir de REL+REP-GC, REL+REP-T (grupo D4) facilita el reconocimiento de la simultaneidad de la reacción (categoría 19).

Tabla 53: Integración Resultados. Aspectos Situacionales asociados al sistema de representación macroscópico cualitativos.

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	Construir REL desde REL+ REP-F, REL+REP-GC, REL+REP-T						Construir REP-GC desde REL, REL+REP-F, REL+REP-T						Construir REP-D, REP-DE, REP-GC, REP-T desde REL							
			2006 (N=32)			2007 (N=13)			2006 (N=32)			2007 (N=13)			2006 (N=32)				2007 (N=13)			
			F	GC	T	F	GC	T	L	F	T	L	F	T	D	DE	GC	T	D	DE	GC	T
Representación situación experimental planteada	Inicio	13a	84	78	100	62	31	85	42	88	84	46	92	77	48	52	42	29	77	85	46	38
	Avance	13b	75	56	77	38	15	77	42	91	81	46	92	62	29	19	42	23	46	46	46	23
	Equilibrio	13c	59	44	90	69	31	54	42	97	75	77	85	62	26	19	42	13	46	8	77	0
Condiciones Experimentales	Propiedades como color, concentración., temperatura	15a	61	16	71	38	23	54	10	0	0	23	0	0	55	6	10	0	38	0	23	0
	Sistema Cerrado	15b	22	22	45	31	15	38	3	3	3	8	0	0	84	87	3	0	100	69	8	0
	Condiciones en Equilibrio	15c	31	9	68	0	8	23	6	0	0	0	0	0	29	3	6	0	8	0	0	0
	Cambio color	17	66	25	6	69	15	15	0	0	0	8	15	0	52	0	0	0	62	0	8	0
	Cambio concentración	18	9	50	74	8	31	54	19	0	0	0	0	0	0	0	19	13	8	0	0	0
	Simultaneidad	19	28	22	10	8	0	0	0	0	0	0	0	15	39	32	0	0	8	54	0	0
	No cambio color en equilibrio	20	41	13	3	62	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	15	0	0	0
No cambio de concentración en equilibrio	21	19	31	19	23	46	8	19	94	84	38	77	54	0	0	19	0	23	8	38	0	

Aspectos Situacionales Representación Macroscópica		Categorías	Construir REP-D desde REL, REL+REP-GC, REL+REP-T						Construir REP-T desde REL, REL+REP-F			
			2006 (N=32)			2007 (N=13)			2006 (N=32)		2007 (N=13)	
			L	GC	T	L	GC	T	L	F	L	F
Representación situación experimental planteada	Inicio	13a	48	75	75	77	69	92	29	69	38	46
	Avance	13b	29	44	53	46	46	46	23	41	23	0
	Equilibrio	13c	26	31	53	46	38	46	13	31	0	0
condiciones Experimentales	Propiedades como color, concentración., temperatura	15a	55	28	0	38	0	0	0	0	0	0
	Sistema Cerrado	15b	84	84	84	100	77	85	0	0	0	0
	Condiciones en Equilibrio	15c	29	16	0	8	0	0	0	0	0	0
	Cambio color	17	52	28	3	62	8	15	0	0	0	0
	Cambio concentración	18	0	13	47	8	15	8	13	3	0	0
	Simultaneidad	19	39	38	50	8	69	46	0	31	0	46
	No cambio color en equilibrio	20	23	13	3	15	8	0	0	0	0	0
No cambio de concentración en equilibrio	21	0	9	3	23	15	0	0	0	0	0	

4. ASPECTOS PARADIGMÁTICOS Y SITUACIONALES ASOCIADOS AL SISTEMA DE REPRESENTACIÓN MICROSCÓPICO CUALITATIVO. COMPARACIÓN DEL GRUPO A3, B3, C3, D3 y E3 y GRUPO A5, B5, C5, D5 y E5.

En general la incorporación de un texto no contribuye a la recuperación de información en el nivel microscópico.

5. COMPARACIÓN USO DE LOS RECURSOS SEMIÓTICOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE GRÁFICOS CARTESIANOS.

Tabla 54: Uso de Recursos semióticos en la construcción de un Gráfico Cartesiano

A partir	categoría	REL		REL+REP-F		REL+REP(T)	
		2006 (N=32)	2007 (N=13)	2006 (N=32)	2007 (N=13)	2006 (N=32)	2007 (N=13)
Título	31	13	8	0	8	31	15
GC Concreto	32a	32	23	9	0	63	69
GC Abstracto	32b	58	77	91	100	34	15
Etiqueta eje x	33	65	100	91	77	69	54
Etiqueta eje y	34	61	77	88	92	81	69
Valores x	35	35	8	13	8	6	0
Valores y	36	23	23	9	8	59	77
Indica zona de equilibrio	37	13	8	50	23	47	31
Unidades de concentración	38	13	15	22	23	34	23
Unidades de tiempo	39	23	15	6	8	9	8
Uso colores, sombras	40	13	23	9	31	9	38

El uso de los recursos semióticos empleados en la construcción del GC también se ve influenciada por la información desde donde la tarea se realiza, a partir de los resultados; se observa, así contar con valores de concentración, como en el caso de las tablas, conduce a construir un gráfico cartesiano concreto. Por el contrario, suministrar una REL o REL+REP-F conduce a la construcción de un gráfico cartesiano abstracto. Esto evidencia el papel de la Representación inicial en la construcción del GC. En las tablas se tienen valores numéricos que permiten la construcción de un GC concreto. Coherente con el tipo de gráfico que construyen, se encuentra que se especifican los valores de concentración en el eje y, en una mayor proporción cuando la representación inicial incluye una Tabla (*categoría 36*)

Los estudiantes tienden a especificar las etiquetas de los ejes x e y (*categoría 33 y 34* para las que se encuentran % de respuestas superiores al 50 %). Esta tendencia no se repite si se examina la categoría colocar título a la REP (respuestas a la *categoría 31* menores del 20 %). Aunque se tiende a especificar las magnitudes no se explicitan las unidades correspondientes (menos del 35 % reporta las unidades de concentración (*categoría 38*) y menos del 25 % reporta las unidades de tiempo (*categoría 39*)).

Un pequeño grupo de estudiantes (menos del 25 %, *categoría 40*) recurre al uso del color y/o líneas punteadas como recurso semiótico al construir el GC.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De acuerdo con Ganaras y col. (2008) relacionar la práctica con la teoría es clave para la construcción, la organización e integración del conocimiento científico. Estos autores asumen el modelo propuesto por Martinand (1995; cita en Ganaras y col., 2008) para representar este proceso; es un modelo formado por tres componentes: a) el *referente empírico*, b) la *elaboración interpretativa* y c) la *matriz cognitiva* destacando el papel del lenguaje en el establecimiento de una relación entre práctica y teoría.

El componente empírico lo divide Martinand en tres categorías: un *componente fenomenotécnico* que se corresponde a la habilidad experimental que refleja conocimiento de los equipos de laboratorio y su funcionamiento así como dominio de las reglas de seguridad; un *componente fenomenográfico* asociado a la habilidad para describir objetos y fenómenos que permite comunicar información sobre ellos, utilizando conceptos aprendidos previamente y un *componente fenomenológico* que permite la descripción del referente en términos de nuevos conceptos. La elaboración interpretativa es la representación del referente empírico que se construye con el apoyo de modelos y conceptos; mientras que la matriz cognitiva se compone de las herramientas de diferente tipo (mentales, gráficas, lingüísticas, matemáticas, o teóricas) que se utilizan para pensar y comunicarnos

En el transcurso de este trabajo, se asume la importancia del lenguaje disciplinar en el proceso de enseñanza aprendizaje dado que cada campo de conocimientos desarrolla un lenguaje particular que le debe permitir representar la naturaleza del objeto de estudio. El lenguaje científico se construye utilizando dos sistemas de representaciones externas diferentes: las lingüísticas (REL) y las pictóricas (REP); ambos tipos de representaciones constituyen recursos semióticos que permiten la representación de fenómenos o ideas.

Es el lector quien debe relacionar el fenómeno con los signos que lo representan y, para lograrlo, deben cumplirse dos requisitos: conocer el área disciplinar desde la que se describe el fenómeno y conocer los sistemas de reglas que permiten relacionar Signo/Referente (S/R).

La lectura de una representación pictórica exige el uso de dos sistemas de reglas de representación; por una parte un sistema de reglas generales que derivan de sistemas de representación específicos, por ejemplo, las reglas asociadas al sistema de signos que permite construir el lenguaje cotidiano o el lenguaje matemático y un segundo grupo de reglas específicas que derivan del contexto en que se utiliza la representación, es decir, referidas al contexto paradigmático en que se usan las reglas. Utilizar estos sistemas de reglas permite establecer una conexión entre el referente y el signo (representado-representante), sin embargo se debe tener en cuenta que son sistemas que pueden cambiar si cambia el tipo de representación y/o cambia el área de contenido en que se utiliza la representación.

En este trabajo nos hemos centrado en el estudio del sistema de representaciones pictóricas (REPs) empleado en tres textos de Química General de nivel universitario para presentar el concepto de Equilibrio Químico (EQ), lo que nos ha permitido delimitar un área de contenido.

Reconocemos que el proceso de lectura-interpretación-comprensión (L-I-C) de estas REPs no es un proceso trivial porque este tipo de representaciones no son “transparentes” (Ametller y Pintó, 2002); por el contrario, en muchos casos, son “opacas” por lo que no se las considera parte del discurso y por lo tanto el lector no las procesa, hecho que constatamos con las dos cohortes de estudiantes.

Por ejemplo, Mars, estudiante de la cohorte 2007, refería al finalizar la asignatura Pensamiento Estratégico, lo siguiente:

“...Para ser sincera, anteriormente yo veía las imágenes pictóricas como un dibujo más de un libro, folleto, etc., como para verlo más bonito... me doy cuenta de la gran cantidad de información que suministra...”

La lectura de las REPs, en contra de lo que generalmente se piensa (una imagen dice más que mil palabras), no se produce de manera automática ya que las reglas que permiten relacionar los signos al referente tienen una estrecha relación con los modelos científicos y/o conceptuales. Estas reglas en la mayoría de los casos son arbitrarias y las relaciones S/R son abstractas, por lo que estos procesos deben ser enseñados.

En el contexto escolar también existe la creencia que las REP son evidentes, por lo que su lectura debe producirse sin complicaciones; en consecuencia la lectura de las REP no se incluyen como objetivos de aprendizaje. Creemos que durante el proceso de enseñanza-aprendizaje el estudiante debe tener experiencias que le faciliten desarrollar habilidades que lo capaciten para generar, leer, transformar y analizar este tipo de representaciones con el fin de utilizarlas para construir explicaciones: es decir, las habilidades representacionales propuestas por Wu (2003) o lo que Lemke (1994) define como alfabetización.

La práctica docente y las investigaciones dan cuenta del hecho que los estudiantes no han desarrollado estas habilidades con el nivel de destreza necesario (García y Perales, 2007; Roth y Bowen, 1999; Ametller y Pintó, 2002; Stylianidou y Ormerod, 2002; Wu y Shah, 2004; Kosma, 2003; Santos y Greca, 2005; Kosma y Russell, 1997). Entre los problemas identificados, resaltan las dificultades para: a) conectar la información textual y la información visual; b) relacionar los signos a los referentes, c) identificar la información relevante y d) relacionar los diferentes niveles de representación.

Para el caso específico de Química, Santos y Greca (2005) destacan que la dificultad mayor es aprender un conjunto de informaciones, relaciones y representaciones químicas para emplearlas en la representación de los fenómenos, lo que implica correlacionar Teorías-Signos-Referentes. Para estas autoras *la dificultad reside en el hecho que al inicio se tiene una situación macroscópica, visible y, a partir de ésta, se debe representar objetos y relaciones que no son*

“visibles” y que sólo tienen sentido en el mundo microscópico. Esta idea la apoyan Ganaras y col. (2008) al plantear la necesidad de establecer una relación dialéctica entre Experimentos/Modelos/Teorías; establecer esta relación práctica-teorías es clave para el proceso de construcción, organización e integración del conocimiento científico.

La aprehensión por parte de los estudiantes de este lenguaje no es fácil por diversas razones, entre ellas: a) no comprenden las representaciones en el nivel microscópico; b) no pueden interpretar las representaciones; c) no pueden hacer transferencias entre los diferentes tipos de representaciones (Wu, 2003); d) no pueden establecer una relación entre los fenómenos químicos, las representaciones y los conceptos (Santos y Greca, 2005); e) desconocen los contextos experimentales.

Por otra parte, es preciso destacar que el lenguaje visual sigue sus propias reglas y tiene su propia estructura, las cuales dependen de los contenidos. Por esta razón, el proceso de L-I-C de los textos científicos está dirigido por los contenidos y debe producirse en contexto ya que las reglas para relacionar S/R son “impuestas” por las teorías y modelos (Lemke, 1993; Roth y Bowen, 2001; Márquez y Prat, 2005). El desconocimiento de las reglas impide comunicarse con la disciplina.

En nuestra opinión, la escuela es el espacio por excelencia para que se produzca el proceso de alfabetización; entendida ésta como *la habilidad para utilizar un complejo aparato representacional para razonar o calcular dentro de una comunidad de discurso* (Lemke, 1994). Las REP son parte de este aparato representacional. Aceptar, en el ámbito escolar, que el aprendizaje debe producirse a partir de la L-I-C de textos híbridos, implica que estos procesos deben ser considerados como objetivos del proceso enseñanza-aprendizaje. Esta visión nos conduce a asumir tres principios que orientaron la toma de decisiones durante la presente investigación:

- a) **La acción sinérgica que durante el procesamiento pueden desempeñar los diferentes sistemas de representación.**
- b) **Las representaciones pictóricas están cargadas de contenidos.**
- c) **Necesidad de un proceso de alfabetización contextualizado.**

En este trabajo hemos abordado el estudio del discurso escolar sobre EQ desde la perspectiva de los Sistemas de REP. En función de este propósito se han analizado las REP que los autores de tres libros de texto de Química General de nivel universitario utilizan para construir el discurso sobre EQ. Nuestro marco de referencia teórico ha sido la semiótica porque consideramos que desde esta perspectiva se aborda el problema de la incorporación a una comunidad discursiva que “habla”, “escribe” y “hace” de maneras particulares (Sutton, 2003). En nuestra opinión, esta aproximación redimensiona el papel de la escuela como el espacio por excelencia para que se realice el proceso de enculturación. Es, desde este abordaje, que nos proponemos determinar cómo se utiliza, para aprender y para enseñar, el complejo aparato representacional con el que se razona dentro de la comunidad de discurso que forman los químicos.

Hemos escogido trabajar el tema Equilibrio Químico (EQ) porque el aprendizaje del equilibrio químico es un tópico que presenta muchas dificultades, entre éstas:

- ✓ EQ es un modelo conceptual complejo porque es un campo que resulta de la integración de principios y conceptos en diferentes áreas (Camacho y Good, 1989). Por otra parte para comprender estos contenidos es necesario el dominio de un gran número de conceptos subordinados sobre los que se fundamenta su construcción (Hernando y col., 2003).
- ✓ Se produce una ruptura del modelo de reacción completa que los estudiantes han trabajado previo a la introducción de los conceptos de equilibrio químico. La introducción del modelo de reacción en equilibrio implica asumir que las reacciones no transcurren hasta completarse (Van Driel y col., 1998).
- ✓ En ocasiones los estudiantes generan representaciones del fenómeno no adecuadas a la realidad como es el hecho 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). Considerar los recipientes separados conduce a que los estudiantes no logran reconocer que durante una reacción química se da la presencia, de manera simultánea y en el mismo recipiente, de todos los reactivos y todos los productos (Chiu y col. 2002) independientemente del estado en que se encuentren estos compuestos.

No se han encontrado investigaciones que estudien la influencia de las REP en el tipo de información que se puede recuperar a partir de la L-I-C de textos híbridos. Al reconocer la importancia de estos procesos para el aprendizaje nos hemos propuesto investigar cómo influye el conocimiento de los diferentes tipos de REP y las reglas que se siguen en su construcción en la recuperación de información a partir de la lectura de un texto híbrido.

A partir de estos resultados se propone realizar una intervención pedagógica que busca reducir la carga cognitiva para el procesamiento de las REP descomponiendo la tarea en subtarear. A partir de los planteamientos que derivan de los diferentes trabajos de Lemke y de Roth y su grupo, los cuales hemos reseñado a lo largo de este trabajo, se asumen básicamente dos premisas: a) la inclusión de una REP en el texto depende de las exigencias de lo que se quiere comunicar más que de la necesidad de motivar y b) la necesidad de contextualizar en el marco de un modelo conceptual la lectura de los diferentes sistemas de REPs.

Como producto de esta investigación hemos pretendido responder un conjunto de interrogantes, que se han organizado en tres grupos. En el **primero** se plantea establecer el marco teórico que sirva de referencia para construir un modelo de enseñanza que posibilite trabajar en el aula el proceso de L-I-C de REP en el contexto de Química. El **segundo grupo**, tiene como propósito caracterizar el tipo de REP utilizadas por los tres autores en la construcción del discurso sobre EQ. Las respuestas al primer y segundo grupo de preguntas permite diseñar un programa en el que la L-I-C de las REP, en sus diferentes formatos, constituyen los contenidos de una asignatura: Pensamiento Estratégico.

La estrategia utilizada en el diseño consiste en: a) presentar los diferentes tipos de REP empleados en la construcción de un modelo conceptual; b) reconocer el tipo de información paradigmática y situacional que puede ser inferida a partir de la lectura-interpretación-comprensión de cada REP, c) dar a conocer los diferentes recursos semióticos que ofrece el autor al construir una REP de manera que sean insumos para el lector en el proceso de inferir los contextos paradigmáticos y situacional; y d) explicitar las reglas para relacionar S/R en los diferentes tipos de representaciones pictóricas utilizadas en Química.

Finalizada la asignatura nos planteamos dar respuesta al **tercer grupo** de preguntas dirigidas a determinar la influencia de las REP en la recuperación de información en un doble papel: a) cuando la REP forma parte del texto desde el que se realiza la tarea y **b)** cuando la tarea es construir una REP.

Se pretende caracterizar la práctica de L-I-C frente a un texto que expone el concepto de EQ utilizando diferentes tipos de REP una vez que los estudiantes han trabajado durante 10 semanas de acuerdo a la estrategia propuesta en el diseño. Se trata de un conjunto de conocimientos que, según nuestra hipótesis, debe modificar las potencialidades de resignificación del lector.

A continuación las respuestas encontradas para cada conjunto de preguntas.

VI.1. El primer grupo de preguntas de investigación. El marco referencial

¿Cuáles son las variables que intervienen en el proceso de lectura-interpretación-comprensión?

¿Cómo atribuir significados a partir de la lectura de un texto que sintetiza un contexto paradigmático y un contexto situacional mediado por un contexto sintagmático?

¿Cómo utilizar estas variables para construir un diseño de instrucción?

VI.1.1. Las variables

Los procesos de L/I/C son procesos diferentes, aunque es difícil establecer los límites entre cada uno. Son procesos en que se debe establecer un diálogo lector-autor con el objeto de: a) identificar los signos (S); b) producir interpretantes (I), entendidos éstos como signos sinónimos, y c) establecer relaciones entre los signos, los interpretantes y el fenómeno (R) dentro de un contexto (c) y respetando las reglas impuestas desde los modelos conceptuales (r); $R = f_r(S, c)$ (Roth y Bowen, 2001).

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). En el contexto disciplinar **atribuir sentido** es el resultado de un proceso psicológico que realiza el lector para establecer una relación S/I, los productos de este proceso no tienen límite. Por el contrario, **atribuir significado** es una construcción social, por lo que

los significados son consensuados y únicos porque deben producirse en un contexto, implica establecer dos relaciones: S/I + S/R.

De acuerdo con Orlandi, tres son las variables que intervienen en este proceso: a) La intencionalidad del autor (lo que se propone comunicar); b) La materialidad del texto, que se concreta a través del sistema de signos con los que se construye el discurso (los sistemas de REL y REP) y c) las posibilidades de re-significación del lector; éstas dependen de sus conocimientos y habilidades previas.

Para que el lector pueda atribuir sentido y significado debe **estar familiarizado con los signos, con el fenómeno, con las transformaciones que permiten relacionar los signos con el fenómeno y con el conocimiento de los paradigmas** (Roth y Bowen, 2001).

La intencionalidad del autor y la materialidad del texto son variables que no pueden ser modificadas por el lector. Sin embargo, a través del proceso de enseñanza; es posible modificar las posibilidades de resignificación del lector. Las habilidades representacionales del lector pueden ser modificadas de distintas formas, entre ellas:

1. Incrementando el conocimiento de los signos lo que implica conocer: a) los diferentes tipos de REP; b) relación Tipo REP/Contenido REP y c) conocer los distintos recursos semióticos con los que se construye la REP (etiquetas, variables, líneas, etc.);
2. Profundizando el conocimiento sobre el fenómeno;
3. Haciendo explícitas las reglas para relacionar signo-fenómeno.

La hipótesis que se trabaja en esta investigación es la siguiente:

El proceso de inferir los contextos paradigmáticos y situacional a partir de la lectura de una REP se facilita cuando el lector conoce: a) los diferentes tipos de REP; b) la relación entre REP y su contenido y c) los distintos recursos semióticos con los que se construye la REP.

En función de esta hipótesis, proponemos indagar las respuestas a unas preguntas que han tenido como norte determinar si el modelo desarrollado puede ser aplicado 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 de un texto cuando lo construye.

VI.1.2. El Modelo Integración de Recursos para Atribuir Significado (MIRAS)

Hemos encontrado que en la construcción del discurso de la ciencia escolar, ciencia que se comunica a través de los libros de texto, pueden identificarse tres componentes que interactúan de manera sinérgica: a) la naturaleza de los contenidos, b) la comunidad de discurso y c) el emisor.

La *naturaleza de los contenidos* define las características que asume el lenguaje disciplinar; podemos afirmar que el lenguaje de la Química se ha desarrollado para

hablar de la naturaleza de la materia y sus transformaciones, éstas pueden ser estudiadas en un nivel explicativo con base en el principio que la materia está formada por átomos. Por tanto, el lenguaje químico debe permitir representar las transformaciones en términos de formación y ruptura de enlaces entre átomos, incorporándose al lenguaje un nivel interpretativo fundamentado en la aproximación microscópica. En síntesis, la *naturaleza de los contenidos* obliga a desarrollar un mundo representante y unas reglas de representación que permitan describir los tipos de cambios (significados tipológicos) y cuantificar las variaciones (significados topológicos) (Lemke, 1998a, 1998b); estas variaciones pueden ser expresadas de manera cualitativa o cuantitativa. De igual manera permite la representación de los cambios químicos en tres niveles: el macroscópico, el microscópico y el simbólico mediado por el uso de los símbolos químicos (Johnstone, 1993).

Por su parte, la *comunidad de Discurso* construye un discurso para hablar de los principios y teorías. Con este propósito define los contextos paradigmático, situacional, sintagmático e intertextual. El contexto paradigmático define los modelos científicos a asumir; estos principios son aplicados a situaciones concretas para interpretarlas, lo que define el contexto situacional; los signos empleados en la construcción del discurso delimita el contexto sintagmático y la interacción entre *texto-nuevo* y los *textos- conocidos* delimita la intertextualidad. Los tres primeros contextos son establecidos por el autor con base en la ciencia real.

El *emisor* reconstruye el discurso disciplinar cumpliendo tres funciones (Lemke, 1998b): presentación, organización y orientación. Presenta unos contenidos, **presentación**, que coloca en un orden particular, **organización**, y ofrece pistas a la comunidad de lectores sobre las cosas que en su opinión son relevantes, **orientación**, y que determinan la atribución de significados con el objeto de favorecer el proceso de L-I-C dentro de las reglas establecidas por la comunidad.

El aprendiz debe realizar un trabajo de lectura que le permita reconocer los paradigmas y la situación particular que se propone a partir de los conocimientos que tiene de los signos y los contenidos en el área en la que se utiliza la REP (contexto paradigmático y situacional).

Poder realizar esta tarea demanda del lector 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 este complejo sistema de representaciones (Lemke, 1994) con el que se construye el lenguaje químico.

En el transcurso de la investigación hemos encontrado que este trabajo de lectura debe ser realizado no sólo a partir de las representaciones lingüísticas sino también a partir de las representaciones pictóricas porque éstas están cargadas de contenido.

VI.1.3. La lectura de las REP incluidas en los textos.

La lectura es un proceso en el que el lector debe apropiarse del discurso disciplinar a partir del discurso del emisor texto mediado por el lenguaje. Es un proceso equivalente a armar un rompecabezas con tres grupos de piezas: naturaleza de los contenidos, comunidad de discurso y el discurso del emisor; componentes que interactúan de manera dialéctica durante el proceso que debe realizar el lector para atribuir significados.

En resumen, se puede afirmar que el emisor presenta 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 importantes 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 (MIRAS)”, que ha sido utilizado como modelo para sistematizar el proceso de atribución de significados y para elaborar el diseño instruccional con el propósito de orientar el diálogo sujeto-lector/ sujeto-autor.

Una vez establecido el modelo se aplica para analizar la representación pictórica que los autores utilizan para presentar el concepto de equilibrio: el gráfico cartesiano.

El examen de los tres textos analizados nos permite reconocer el cumplimiento de las funciones presentación, organización y orientación. Aunque los autores estudiados destacan que el equilibrio se alcanza al igualarse las velocidades de las reacciones directa e inversa (**presentación**), en uno de los textos se enfatiza lo expresado con el uso de REPs. Por ejemplo Brown, nos presenta en la página 577 la figura 15.3; se trata de una figura que presenta dos gráficos cartesianos (Fig.15.3a: presiones parciales/tiempo; Fig.15.3b: velocidades/tiempo (**orientación**), una al lado de la otra (**organización**). **A través de esta representación se orienta al lector porque** en un sistema que avanza al equilibrio, el gráfico de presiones permite, visualizar la variación en las presiones parciales de reactivos (disminuyen su concentración y/o presión) y los productos (aumentan su concentración y/o presión) hasta mantenerse constantes, **no iguales (orientación)** al colocar al lado el gráfico con la variación de la velocidad, se observa que las velocidades se igualan (Fig. 15.3, p. 577, Brown y col, 2004).

Observamos el uso de las REPs tipo tabla; estas REP aunque presentan un contenido específico organizado en filas y columnas (**presentación, organización**), también cumplen el papel de **orientar** al lector a focalizar su atención en aspectos claves para el emisor, por ejemplo la tabla 16.2, p.630, Petrucci y col.(2003), la cual, desde una aproximación empírica, realiza cálculos de diferentes relaciones entre las concentraciones de los reactivos y productos, encontrando que sólo una de ellas es constante; esa relación corresponde a la manera de escribir la constante de equilibrio.

En los libros analizados se observa una tendencia a incluir REPs que vinculen el nivel macroscópico, microscópico y simbólico; el tipo de representaciones que resulta más útil para visualizar esta relación son los diagramas, y la combinación de fotografías y diagramas; ejemplo de estas representaciones son: Fig. 15.2, (p. 576, Brown y col, 2004); Fig. 16.4 (p.637, Petrucci y col, 2003).

A continuación, se expone una síntesis de los resultados de utilizar el modelo para dirigir la lectura de las REP incluidas en los textos que se han analizado.

1. En cuanto a las ayudas que ofrece el autor del discurso al lector (función orientación) ésta se manifiesta de diferentes maneras, por ejemplo, al presentar los gráficos cartesianos los autores utilizan:
 - a) Diferentes tipos de gráficos: abstractos (Brown y col., 2004; Chang, 1999) y/o concretos (Petrucci y col., 2003).
 - b) Diferentes variables para representar la composición del sistema, uno de los autores estudiados selecciona graficar presiones parciales (Brown y col. 2004), un segundo autor selecciona graficar concentraciones (Chang, 1999) mientras el tercero elige graficar moles, especificando el volumen del recipiente en que se realiza la reacción (Petrucci y col. 2003).
 - c) Diferentes condiciones iniciales: sólo reactivos (Brown, 2004), sólo productos (Brown y col., 2004; Chang, 1999; Petrucci y col., 2003), reactivos más productos (Chang, 1999; Petrucci y col., 2003), 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; lo que en nuestra opinión responde a la necesidad de resaltar la importancia de la estequiometría.

Consideramos que esta diversidad de abordajes tiene como propósito orientar al lector sobre aspectos relevantes como que la situación de equilibrio puede alcanzarse desde diferentes situaciones iniciales (por ejemplo la Fig. 14.2, p. 561 de Chang, 1999 o la Fig. 16.3, p.630 en Petrucci y col., 2003)

2. La naturaleza de los contenidos determina que las variables que se grafican son de tipo macroscópico, concentraciones y/o presiones.
3. 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.
4. El sistema simbólico utilizado es de tipo lingüístico-matemático, por ejemplo, la doble flecha, las fórmulas y las reacciones químicas.
5. Se construye el concepto desde una aproximación cinética e inductiva.

VI.2. El segundo grupo de preguntas de investigación

¿Cuál es el sistema de representaciones pictóricas que se utiliza con mayor frecuencia con el fin de construir el modelo conceptual con el que se presentan los contenidos del tema Equilibrio Químico?

¿Cuál es la relación que se establece entre el tópico tratado y el tipo de representación pictórica utilizada?

Responder estas interrogantes conduce a realizar un Análisis Descriptivo de las REP empleadas para presentar los contenidos de EQ en tres textos de nivel universitario. A partir del análisis se busca establecer, en primer lugar, la relación entre contenidos y representación y en segundo lugar caracterizar la relación Signo-Referente en esas REPs

VI.2.1. Relación Contenidos-Representación

Los contenidos

La organización de los contenidos EQ, en los diferentes textos analizados, es la misma: a) Equilibrio y constante de Equilibrio; b) Factores que afectan a un sistema químico que ha alcanzado el equilibrio y c) Relaciones Ciencia Tecnología Sociedad: importancia de las aplicaciones (Tabla 21).

La coincidencia en los tópicos tratados por los autores nos permite reconocer una representación pedagógica en la que se muestra consenso en cuanto a la estructura de los contenidos que deben ser tratados: conceptualización, cálculo de constantes y o composición, aplicación a sistemas en equilibrio una vez que son perturbados y relación con problemas reales. Esta coincidencia, en particular en el nivel universitario, es posible que tenga su origen en la influencia que ejerce la ciencia real sobre la ciencia escolar.

Las representaciones externas tipo pictóricas

Los resultados muestran, para los tres textos analizados, que los autores recurren al uso de:

1. Sistemas de representaciones en las que se combinan las REL y REPs para presentar los contenidos de Equilibrio Químico.
2. Las REPs se presentan en diferentes formatos: fotografías, diagramas, diagramas de estructuras, gráficos cartesianos, tablas.
3. Las REP son utilizadas con una frecuencia que varía entre 0,52 y 0,68 REP por página. Este resultado coincide con el reportado por Roth y col. (1999) que encuentran una frecuencia de 0,5 fotografías por página para textos escolares de Ecología.
4. Las REP se utilizan básicamente para tres propósitos diferentes: a) mostrar el cambio en la composición del sistema en su avance a una situación de equilibrio y cómo, una vez alcanzado éste, la composición se mantiene constante; b) destacar la simultaneidad de la reacción directa e inversa y c) resaltar la importancia de la estequiometría de la reacción como factor que determina la forma de escribir la constante de equilibrio. Para cada uno de estos propósitos son útiles diferentes formatos de REP.

Los diferentes tipos de REP así como la frecuencia con que se emplean reafirma la idea que las REP deben ser consideradas como parte integral del discurso lo que justifica que estudiemos los sistemas de REPs reconocida la dificultad de los estudiantes para operar con ellas.

En este caso se trata de la necesidad de destacar: a) importancia de considerar la estequiometría; b) cómo cambia la composición del sistema cuando avanza al estado de equilibrio y c) una vez alcanzado el equilibrio la composición del sistema se mantiene constante. Debido a estas exigencias, de alguna manera impuesta por el modelo conceptual, las REP que permiten mostrar cambio de la concentración de los componentes en función del tiempo son las Tablas y los GC; las Fotografías funcionan para mostrar la evolución del proceso si, como en el caso de la descomposición del tetróxido de nitrógeno, los componentes tienen colores diferentes y fáciles de detectar al examen visual. Los DE contribuyen a destacar la importancia de la estequiometría.

Cambios en la composición: Tablas y Gráficos Cartesianos

Los resultados muestran que la mayoría de estas REP son empleadas para presentar los principios sobre los que se construye el modelo conceptual, en particular, para expresar la *variación de la composición del sistema para llegar al estado de equilibrio*; esta composición puede expresarse de manera cualitativa o cuantitativa. Los formatos de uso más frecuente para presentar estos principios son los gráficos cartesianos y las tablas (47% Brown y col., 2004; 33,2% Chang y 23,8 % Petrucci y col., 2003).

Para la presentación del contenido Concepto Equilibrio y Constante de Equilibrio se utilizan tablas y/o Gráficos Cartesianos, que son representaciones que permiten expresar una relación de cambio entre la variable concentración en función del tiempo (Tabla 24). El uso de estos formatos indica, en nuestra opinión, dos hechos: a) la dependencia del formato del contenido, de lo que se quiere decir, reafirmando un papel para las REPs que trasciende lo meramente motivacional y b) el énfasis empírico para la construcción del concepto, estrechamente vinculado a la caracterización del sistema en términos de su composición.

La función orientación se hace explícita porque cada autor selecciona el tipo de REP que considera que ayuda más para la comprensión. Ya se ha señalado que los gráficos cartesianos (GC) son un tipo de representación que permite destacar, por una parte, la variación de los componentes gaseosos, y por otro lado que, una vez llegado al equilibrio la composición del sistema se mantiene constantes por lo que resultan de utilidad para mostrar el cambio en la composición del sistema; sin embargo, la proporción en que los GC se incluyen varía de acuerdo a texto; así, Brown y col. (2004) recurren a los GC en un 36,8% mientras Petrucci y col. (2003) incluye el 9,5 % de GC.

Resulta interesante que para los tres autores este tipo de REP (GC) se utiliza para presentar iguales contenido: concepto y constante de equilibrio, lo que muestra, la dependencia Contenido-Formato de la representación.

Simultaneidad de las reacciones directa e inversa: las fotografías

Una característica importante a cumplirse para los sistemas que alcanzan el equilibrio es que, en el recipiente deben estar presentes todos los componentes independientemente del estado en que se encuentren. Para destacar este hecho

Brown y col. (2004) incluyen diagramas de estructura y/o fotografías lo que, de nuevo, nos permite reconocer la dependencia Formato-Contenido.

La importancia de la estequiometría: los diagramas de estructura (DE).

Las REP tipo DE representan un quinto del total de REP en todos los textos (Brown y col. (2004) emplea 21%; Chang (1999): 20% y Petrucci y col. (2003): 19%), evidenciándose la importancia de las representaciones microscópicas como instrumento para modelar los cambios químicos. Los DE constituyen un formato de uso frecuente para presentar la estructura de los compuestos que intervienen en un cambio químico, lo que permite modelar el proceso de cambio enfatizando la estructura de las sustancias que intervienen. Creemos que el uso de este tipo de REP, unido al alto porcentaje en que se usa, responde a la necesidad de enfatizar la estequiometría de la reacción ya que ésta determina la manera de escribir la constante de equilibrio.

En síntesis se puede afirmar que estos resultados apuntan a confirmar los señalamientos de Lemke (1998a, 1998b) en el sentido que las REP son utilizadas con propósitos muy definidos. Su inclusión no responde al propósito de “repetir”, “ilustrar”, “hacer más llamativo” la información que se presenta; por el contrario, se incluyen con el propósito de producir interpretaciones conjuntas que permitan la construcción de un nuevo significado (Lemke, 1998a, 1998b; Márquez y Prat, 2005).

VI.2.2. Relación Signo/Referente (S/R) en las REP

Nivel de abstracción

En general, más del 60% de las diferentes REP utilizadas guardan una relación S/R que es arbitraria (el 74% en Brown y col., 2004; 59% en Chang, 1999 y el 67% en Petrucci y col., 2003). En este tipo de REP la atribución de significados depende del proceso de enseñanza porque al ser la relación S/R arbitraria ésta no pueden ser inferida, por el contrario, debe ser “mostradas”, “compartidas” porque el proceso de atribuir significados sólo puede realizarse en la medida que se conozcan las reglas que permiten conectar S/R. Comprender las REP depende de la correcta aplicación de las reglas; el conocimiento de éstas sólo se produce en la medida que se participa en una comunidad de discurso.

Los altos porcentajes de REP cuya relación Signo/Referente es arbitraria confirma la necesidad de alfabetizar en el uso de las mismas, en particular, porque estas REP tienen altos niveles de abstracción lo que, dificulta establecer una relación fenómeno representación y, en consecuencia, el proceso de atribución de significados se hace más dependiente del proceso de enculturación. Esta necesidad de alfabetización se hace más evidente dado los tres niveles diferentes (macroscópico, microscópico y simbólico) que pueden ser inferidos a partir de la lectura de las REP en el caso de la Química.

Nivel macroscópico-microscópico

Entre el 62-66 % de las REP se expresan en un nivel **macroscópico**. Son REP que deben mostrar la evolución de la composición de un sistema que avanza a un estado de equilibrio; la composición es medida utilizando variables macroscópicas como concentración y/o presión de los componentes del sistema. Las REP que se refieren al nivel **microscópico** lo hacen con el propósito de destacar la estructura molecular de las sustancias que intervienen en la reacción resaltando la estequiometría.

Estos datos se explican si aceptamos la influencia de la naturaleza de los contenidos sobre la construcción del discurso. La naturaleza empírica que determina la construcción del concepto de equilibrio, así como las magnitudes (macroscópicas) empleadas para medir los cambios de la concentración y/o presión, determina el uso de GC y Tablas para la presentación de estos contenidos. Este tipo de REP permite la presentación de un conjunto mayor de valores facilitando la exposición didáctica.

En síntesis, se puede afirmar que las REP empleadas para construir el discurso sobre EQ, deben mostrar las características del modelo conceptual que son muy importantes para el aprendizaje:

- a) Representar un cambio químico que está o avanza a una situación de equilibrio, implica utilizar el modelo de reacción química reversible en contraposición al modelo de reacción completa que es utilizado en el currículo previo a la introducción del concepto EQ.
- b) Cuando los sistemas evolucionan de una situación inicial a una situación de equilibrio, las propiedades utilizadas para evidenciar este cambio es la variación de la composición del sistema al transcurrir el tiempo; esta evolución puede seguirse midiendo las concentraciones (o presiones) de los componentes gaseosos del sistema y su variación en función del tiempo.
- c) Una vez alcanzado el equilibrio la composición del sistema no cambia, afirmación válida sólo si hacemos referencia al nivel macroscópico.
- d) La referencia a la estequiometría de la reacción como variable importante para escribir la constante de equilibrio (la constante es la representación matemática del sistema en equilibrio).

Las REP que permiten mostrar los cambios en la composición de un sistema químico en la medida que el mismo avanza a la situación de equilibrio y una vez que lo alcanza son los gráficos en sus dos modos: Tablas y Gráficos Cartesianos. Estas son REP en que la relación S/R es arbitraria por lo que el proceso de L-I-C depende del conocimiento de las reglas generales y específicas para operar con ellas. Los GC y las T permiten visualizar los cambios de la composición a medida que transcurre el tiempo, de allí que, los autores los prefirieran para presentar los contenidos: concepto de equilibrio y constante de equilibrio. Para enfatizar la dependencia de la representación matemática de la estequiometría los autores utilizan las representaciones que hacen referencia al nivel microscópico, específicamente los DE lo que permite modelar un cambio químico mediante una reacción química. El procesamiento de este tipo de representación debe entenderse como un proceso más complejo que la simple representación de átomos por figuras geométricas toda vez que exige la comprensión de (Ben-Zvi, y col. 1987): a) la estructura (nivel micro) y el estado físico (nivel macro) de reactivos y productos; b) la naturaleza dinámica de la interacción entre partículas; c) la relación cuantitativa entre las partículas y d) el gran número de partículas involucradas.

VI.3. *El tercer grupo de preguntas de investigación.*

Adecuándonos a las exigencias del referencial construido, se propone una intervención pedagógica que busca reducir la carga cognitiva en el procesamiento descomponiendo la tarea en subtarear; para lograr este propósito los estudiantes participan en un programa de formación dirigido a estudiar las REP centrando la atención en las características de los signos y las reglas seguidas en su construcción para inferir los contextos paradigmático y situacional; finalizado el programa se presenta a los estudiantes un texto híbrido que plantea el concepto de EQ y se les pide construir REL y/o REPs.

A continuación las preguntas de este grupo.

¿Cómo influye el conocimiento de los diferentes tipos de REP y el tipo de información que puede inferirse a partir de ellas en los procesos de L-I-C?

Al plantear como tarea la construcción de diferentes tipos de REP, a partir de la lectura de una REL ¿Cómo influye el tipo de REP que se debe construir sobre la información que se recupera para construir la REP?

Al plantear como tarea la construcción de una REL, a partir de la lectura de un texto híbrido (REL+REP) ¿Cómo influye el tipo de REP en la información que recupera el lector para construir la REL?

Para sintetizar las respuestas encontradas a esta pregunta se examinan tres grupos de tareas:

- a) **Construcción de una REL** a partir de REL+REP-F; REL+REP-GC y REL+REP-T
- b) **Construcción de REP-D; REP-DE; REP-GC; REP-T** a partir de una REL
- c) **Construcción REP-GC** a partir REL; REL+REP-F y REL+REP-T

Estas tareas son examinadas desde las siguientes categorías:

- a) **Uso del lenguaje formal.**
- b) **Las descripciones macroscópicas.**
- c) **Descripciones situacionales** asociadas al sistema de **representación macroscópico** cualitativo.
- d) **Descripciones microscópicas y situacionales** asociadas al sistema de representación **microscópico** cualitativo.
- e) **Comparación del uso de recursos semióticos** en la construcción de **gráficos cartesianos.**

VI.3.1. **Uso del Lenguaje Formal**

En las ciencias experimentales, como es el caso de la Química, la construcción de un concepto científico, con fines de aprendizaje, consiste en un complejo proceso cuyo propósito es estructurar conocimientos dentro de un mismo campo y entre éste y campos afines, de manera que se puedan establecer conexiones entre tres

áreas diferentes: a) el campo experimental (cosas, eventos, preguntas, acciones), b) el sistema de representaciones internas y c) el sistema de representaciones simbólicas (los diferentes tipos de representaciones externas: lingüísticas y pictóricas³⁶) (Ganaras y col., 2008). El presente trabajo ha tenido como objeto estudiar los sistemas de representaciones externas de tipo pictóricas empleadas para construir el discurso sobre EQ.

Para efectos de la intervención pedagógica, se presenta a los estudiantes unos contenidos específicos sobre los diferentes sistemas de representaciones pictóricas que pueden utilizarse para “hablar” sobre los fenómenos y, posteriormente, estudiamos el uso que hacen de este sistema de representación para L-I-C un texto en el que se plantea el concepto de EQ. En particular, se trabajan las REP tipo dibujos, diagramas de estructura, gráficos cartesianos y tablas; asumimos que este conocimiento puede mejorar los procesos de L-I-C dentro de un campo específico de conocimiento, en este caso particular la Química.

En esta categoría se revisa cómo los estudiantes hacen uso del sistema de representaciones lingüísticas-matemáticas para representar sistemas químicos que alcanzan un estado de equilibrio, es decir, las ecuaciones químicas que representan cambios químicos que alcanzan un estado de equilibrio.

En la representación de una reacción química subyacen dos conceptos que categorizan las reacciones como procesos en los que se produce un cambio químico. En primer lugar, una reacción química representa la conversión de unos reactivos en productos específicos; debe producirse un reordenamiento de los átomos, los cuales, no pueden cambiar en número. En segundo lugar, al escribir $P + Q \rightarrow R$ se pretende representar un proceso en el que las cantidades de P y Q disminuyen y simultáneamente aumenta la cantidad de R, es decir, en el mismo instante de tiempo disminuye la concentración de los reactivos mientras aumenta la de los productos (de Vos y Verdonk, 1987).

Kermen y Méheut (2009) diferencian entre los términos “cambio químico” y “reacción química”; para estos autores el cambio químico es una descripción de hechos con fundamento en la observación de lo que ocurre y lo que podemos ver; la reacción química permite modelar el cambio químico.

La descripción de un cambio químico puede realizarse de dos manera diferentes: la primera desde lo perceptivo para lo que se hace uso de algunas propiedades observables como estado, color; la segunda implica el uso de conceptos.

Por ejemplo, “*se coloca un alambre gris en un líquido azul y después de un tiempo el alambre queda recubierto por un sólido rosado*” (Kermen y Méheut, 2009, p.26), es una descripción del primer tipo que sólo requiere conocer conceptos como sólido, líquido, color que no son conceptos químicos; pero si describimos la situación señalando que “*un alambre de zinc se coloca en una solución de sulfato de cobre y después de un rato aparece cobre y desaparecen los iones cúprico*” (Kermen y Méheut, 2009, p.26) es una descripción que para comprenderla requiere

³⁶ En este tipo de representaciones incluimos las representaciones lingüísticas-matemáticas como las reacciones químicas.

el conocimiento previo de conceptos como solución, zinc, iones, iones cúprico, cobre y además un conocimiento práctico que permita establecer relaciones como:

- ✓ *Cobre/sólido/rojizo/insoluble en agua;*
- ✓ *Zinc/sólido/plateado/insoluble en agua;*
- ✓ *Sulfato cúprico/sólido-cristales/azul/soluble en agua;*
- ✓ *Solución de sulfato cúprico en agua/líquido/azul*

Ambas descripciones permiten representar un cambio químico desde una aproximación empírica, la primera focalizándose en los hechos y eventos que ocurren, mientras la segunda, lo hace en un contexto disciplinar, la Química, que exige hablar de las especies químicas asignándoles un nombre y/o una fórmula, especificando su estado físico, Cu(s). Sin embargo, la diferencia más importante entre ambas es que la segunda exige hacer una abstracción del mundo real que implica una conceptualización previa que nos permite hablar de “cambio químico”. Estas consideraciones implican la necesidad de diferenciar la situación física (asociada a cambio), es decir, los hechos del modelo utilizado para representar la situación (reacción química), modelo que se construye con el propósito de permitir la interpretación de los hechos observados (Kermen y Méheut, 2009. Para estos autores interpretar un fenómeno se entiende como atribuir un significado dentro de un marco conceptual, mientras que explicar un fenómeno es decir por qué ocurre).

En el caso de las reacciones químicas podemos afirmar que se trata de modelos descriptivos de la situación física. De acuerdo con Laugier y Dumon (2000; cita en Kermen y Méheut, 2009) los estudiantes tienen dificultades para entender que las reacciones no transcurren hasta completarse, asociando la flecha utilizada en la ecuación química con la desaparición de todos los reactivos; de igual manera se les dificulta comprender que la misma reacción química puede ser utilizada para representar diferentes situaciones experimentales. Estas dificultades encuentran explicación en la creencia generalizada que las situaciones experimentales son copia del modelo. Si no se diferencia la descripción experimental de un fenómeno de su interpretación no es posible comprender los fenómenos (Kermen y Méheut, 2009)

Si la reacción química debe representar un sistema químico que está o avanza a una situación de equilibrio, la ecuación que representará ese proceso sigue un conjunto de reglas cuyo propósito es expresar propiedades o requisitos particulares del modelo conceptual. Así en una ecuación que representa una situación de equilibrio que es dinámico debe utilizarse un símbolo que represente esta propiedad; este símbolo es la doble flecha. De igual manera se debe especificar explícitamente la estequiometría y el estado en que se encuentran tanto los reactivos como los productos porque ambas características determinan la manera de escribir la expresión de la constante de equilibrio.

Los símbolos utilizados para expresar estas características se muestran a continuación, de igual manera se incluye la correspondencia entre el símbolo y el modelo conceptual así como un ejemplo del uso del símbolo correspondiente.

Característica del sistema	Símbolos	Justificación	Ejemplo
Dinámico, Reversible	Doble flecha	Diferenciar las reacciones reversibles de las irreversibles	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$
Estado de las sustancias	Se debe especificar en paréntesis al lado de la sustancia	Porque escribir la constante de equilibrio exige considerar el estado y la estequiometría	$CO(g) + 2 H_2(g) \rightleftharpoons CH_3OH(g)$
Especificar estequiometría	Coefficientes estequiométricos		$N_2(g) + 3 H_2(g) \rightleftharpoons 2 NH_3(g)$
Simultaneidad y sistema cerrado	No hay símbolos específicos	Para que la reacción sea reversible deben estar presentes todos los reactivos y todos los productos en un sistema cerrado. En este caso debe entenderse que la reacción se produce en un sistema cerrado	$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$

Los resultados indican que, en general, los estudiantes no tienen problemas para representar las sustancias químicas involucradas en la descomposición del tetróxido de nitrógeno (N_2O_4 y NO_2), mediante el uso de las fórmulas químicas; en consecuencia, al construir la respuesta más de la mitad (50%) de los estudiantes emplean las fórmulas químicas para hacer referencia a las sustancias que intervienen en la reacción.

Al profundizar en el análisis los resultados indican que cuando se pide construir una REL a partir de REL+REP, el número de estudiantes que recurre al uso de las fórmulas en la construcción del discurso es mayor del 69%. En algunos casos específicos el % se acerca al 100 %. Por ejemplo, cuando se pide construir una REL a partir de una REL+T el 97 % de la cohorte 2006 recurre al empleo de las fórmulas químicas; igual comportamiento se repite en la cohorte 2007, caso en que el 87 % de los estudiantes “hablan” usando las fórmulas químicas. Podemos afirmar que, cuando se pide construir una REL a partir de una representación que consiste en una REL + REP, un mayor número de estudiantes utiliza las fórmulas del tetróxido de nitrógeno y del dióxido de nitrógeno para construir su discurso.

Cuando la tarea se plantea en la dirección contraria, es decir, cuando se parte de una REL y se debe construir una REP tipo Tabla, se encuentra que sólo el 48% (cohorte 2006) y 38% (cohorte 2007) utilizan las fórmulas para construir el discurso. En este último caso, en la construcción de la respuesta, los estudiante utilizan más las fórmulas químicas cuando la REP que se pide construir es un Dibujo (74% cohorte 2006 y 92% cohorte 2007).

En realidad, no tenemos explicación para este hecho ya que las fórmulas a escribir son siempre iguales porque el texto no varía; la pregunta a realizar es ¿por qué en algunos casos el autor considera que debe escribir las fórmulas mientras en otros casos no lo considera necesario?.

Cuando estudiamos el uso que los estudiantes hacen de las reacciones químicas, llama la atención que los estudiantes no utilizan las reglas que permiten representar un sistema químico que describe la descomposición del tetróxido de nitrógeno, N_2O_4 , y cómo cambia este sistema a lo largo del tiempo, el avance, para alcanzar el estado de equilibrio.

Para la cohorte 2006 entre un 0 y 16 % utilizan el recurso de la doble flecha a la que se le atribuye el significado de reversibilidad. Esta tendencia se repite en la cohorte 2007 (0 y 8% para uso doble flecha). Tampoco los estudiantes siguen las reglas de especificar el estado y la estequiometría (valores que oscilan entre 0 y 29% para la estequiometría; 0 y 16% especifican el estado para la cohorte 2006, tendencia que se repite para la cohorte 2007).

Los resultados obtenidos indican que los estudiantes tienden a no representar el cambio químico utilizando un modelo descriptivo: la reacción química que se escribe como una ecuación. Este resultado se repite sea la tarea construir una REL a partir de la lectura de un texto híbrido caracterizado porque en la REL se inserta diferentes tipos de REP (F, GC, T) o sea la tarea construir una REP a partir de un texto que es una REL. En síntesis, es posible afirmar que ambas cohortes tienen dificultades para utilizar las representaciones simbólicas de tipo lingüístico-matemáticas que constituyen el lenguaje químico empleado para representar los procesos de cambio químico que se representan mediante las reacciones químicas.

Los estudiantes también tienen problemas para utilizar la simbología correspondiente a la representación de los sistemas en equilibrio, representaciones que se rigen por unas reglas distintas a las que se siguen para representar una reacción completa. En particular, no hacen uso de la doble flecha para representar este tipo de sistemas, no especifican la estequiometría ni indican el estado de las sustancias que intervienen en la reacción.

Esta dificultad puede deberse a que no asumen que el lenguaje científico es preciso, está cargado de teorías y el proceso de atribución de significados sólo puede realizarse si se siguen de manera rigurosa las reglas para su escritura. Esta rigurosidad del lenguaje químico es consecuencia de que debe establecerse una relación entre el lenguaje y el fenómeno; si no se asume esta interconexión se entiende el lenguaje como un simple formalismo en el que es indiferente usar una doble flecha o una sola flecha. Aunque no exploramos las causas de la falta de rigurosidad en trabajos futuros se debe explorar si la misma se debe a la dificultad para establecer una relación representación-fenómeno o por el contrario es un problema de atención.

Una posible explicación a estos resultados se encuentra en el trabajo de Chiu y col. (2002) quienes diferencian “conceptos materia” o “cosa” (por ejemplo sustancias, sistemas abiertos y cerrados en el caso de equilibrio) de “conceptos proceso” (como naturaleza dinámica del equilibrio, reacción reversible, todas las sustancias están presentes en el equilibrio) y concluyen que “conceptos materia” son relativamente fáciles de comprender en el contexto científico, por el contrario, “conceptos procesos” son relativamente difíciles de aprender por los estudiantes.

En este caso, podemos afirmar que los estudiantes son capaces de modelar la representación de las sustancias (concepto materia) utilizando las fórmulas correspondientes, sin embargo, no pueden modelar la representación de los procesos mediante el uso de las reacciones químicas, consideradas REP de tipo lingüístico matemáticas; es de hacer notar que este tipo de representación no se trabajaron en el programa de formación.

VI.3.2. Las descripciones macroscópicas.

En este grupo de resultados hemos colocado las respuestas que reflejan el uso que los estudiantes hacen de un conjunto de características macroscópicas que permiten describir la descomposición del tetróxido de nitrógeno en dióxido de nitrógeno, sistema químico que alcanza una situación de equilibrio. Se realiza esta descripción en el nivel empírico (Kermen y Méheut, 2009); en este nivel se explora la descripción que los estudiantes realizan de los eventos (descomposición tetróxido de nitrógeno) y los objetos; el cambio se describe expresando las especies químicas y/o sus fórmulas, y algunas propiedades observables del sistema como color, estado físico, concentración, temperatura y simultaneidad.

Hemos encontrado que los estudiantes incorporan, en mayor o menor proporción, alguna de estas propiedades dependiendo de las características de las condiciones de partida de la tarea o de la naturaleza de la tarea a realizar, es decir, la recuperación de información relevante para la construcción del discurso depende de estos dos factores.

Las condiciones de partida son:

- a) **Construcción de una REL** a partir de REL+REP-F; REL+REP-GC y REL+REP-T o
- b) **Construcción de REP-D; REP-DE; REP-GC; REP-T** a partir de una REL.

Los resultados muestran que si se pide a los estudiantes construir un dibujo (naturaleza de la tarea) aumenta la referencia al **color** de los gases en el sistema (68% para cohorte 2006 y 92% para cohorte 2007) y, por el contrario, si se pide construir una Tabla o un gráfico cartesiano (naturaleza de la tarea) los estudiantes no hacen referencia al color (0% para ambas cohortes). Estos resultados coinciden con los encontrados cuando la tarea a realizar es construir una REL (naturaleza de la tarea); se hace más referencia a la propiedad color cuando el punto de **partida** incluye una fotografía (69% cohorte 2006 y 77% cohorte 2007).

De igual manera se hace más referencia a la composición del sistema expresada como concentración, si se debe construir una REL y el punto de partida es REL + REP-GC (72% cohorte 2006 y 69% cohorte 2007) situación que se repite si el punto de partida es REL + REP-T (97% cohorte 2006 y 69% cohorte 2007); igual tendencia (incluir referencia a la concentración) se encuentra si se debe construir un GC a partir de una REL (45% cohorte 2006 y 77% cohorte 2007) o se debe construir una tabla a partir de la REL (39% cohorte 2006 y 46% cohorte 2007); estos resultados contrastan con la referencia que se hace a concentración cuando debe construirse un dibujo a partir de la REL (0% cohorte 2006 y 8% cohorte 2007). El aporte de las GC y las T al reconocimiento de la composición como variable se debe a que estas variables están reflejadas en la REP por medio de las etiquetas, lo que contribuye a recuperar la variable bien sea porque aparece en el GC o la T o porque la variable debe ser especificada al construir la REP.

Los resultados reflejan la misma tendencia encontrada para las fotografías y dibujos; se repite cuando la propiedad que se describe es el estado físico de los reactivos y productos, así cuando la tarea consiste en construir un dibujo a partir de

una REL se hace mayor referencia al estado físico de reactivos y productos (D: 39% cohorte 2006 y 46% cohorte 2007); de igual manera cuando se debe construir una REL a partir de REL+F, REL+GC y REL+T, encontramos más referencias al estado físico cuando se inicia la tarea desde la REL+F (39% cohorte 2006 y 46% cohorte 2007). Estos resultados contrastan con el requerimiento de especificar el estado al escribir la reacción; cuando la tarea es construir un D el 13% (cohorte 2006) y 23% (cohorte 2007) hace referencia en su respuesta al estado lo cual evidencia una mayor dificultad para utilizar el lenguaje simbólico matemático.

Cuando se examina si los estudiantes utilizan la variable concentración para construir el discurso, de nuevo los resultados muestran que las REP ejercen una doble influencia. La variable concentración es utilizada en la construcción del discurso si la tarea exige construir una tabla o un gráfico cartesiano y la tarea se inicia desde una REL (GC: 45% cohorte 2006 y 77% cohorte 2007; T: 39% cohorte 2006 y 46% cohorte 2007).

La variable ignorada: la Temperatura. Realmente los porcentajes de respuestas en que se “habla” de la temperatura son muy bajos (menores del 10% en todas las categorías y las dos cohortes), lo que, en nuestra opinión, refleja el abordaje mayormente operativo que se hace del tema; la Temperatura es una variable importante porque determina los valores de las constantes de equilibrio, que es la representación matemática del equilibrio. Sin embargo, la resolución de los problemas no exige el uso de esta variable pues la misma no está incluida en la expresión matemática que representa la constante de equilibrio.

VI.3.3. Las descripciones situacionales

Los resultados encontrados permiten reconocer el aporte de las REP al reconocimiento de situaciones particulares contribuyendo las REP a superar las dificultades reportadas por Laugier y Dumon (2000; cita en Kermen y Méheut, 2009) en el sentido que los estudiantes tienen dificultades para comprender que la misma reacción química puede ser utilizada para representar diferentes situaciones experimentales; propiedad que es importante se comprenda toda vez que el estado de equilibrio puede alcanzarse desde diferentes condiciones iniciales aunque se represente con la misma ecuación.

En la comprensión del concepto de equilibrio, que por su naturaleza es construido desde los datos, tiene gran influencia el reconocimiento de las condiciones experimentales desde la que se inicia el cambio, como avanza el sistema para alcanzar el estado de equilibrio y, por último, las condiciones finales (categoría 13a, 13b y 13c). De igual manera, se examina la influencia de la representación en el reconocimiento de cambio de color (categoría 17) y cambio de la concentración (categoría 18) de una situación inicial a la de equilibrio o por el contrario, no cambio en color o concentración una vez alcanzado el equilibrio (categorías 20 y 21). También se revisa algunas características del sistema como que éste debe ser cerrado (categoría 15b) la simultaneidad (categoría 19).

En este grupo se reflejan los resultados relacionados con el reconocimiento de situaciones concretas como considerando dos situaciones:

- a) **Construcción de una REL** a partir de REL+REP-F; REL+REP-GC y REL+REP-T
- b) **Construcción de REP-D; REP-DE; REP-GC; REP-T** a partir de una REL.

Cuando la tarea es construir una REL a partir de textos híbridos que incluyen REL+ REP-F; REL+REP-GC y REL+T se observa una clara influencia del papel de las REP en el reconocimiento de los aspectos situacionales. Para las categorías 13a, 13b y 13c tenemos valores mayores al 50%. En contraposición a estos valores tenemos que cuando la tarea es construir una REP a partir de la REL, en general, los valores son menores al 50 %, evidencia del papel de las REP en la recuperación de información relevante y que contribuye al proceso de L-I-C.

Los resultados que se presentan a continuación son también indicativos de lo ya mencionado arriba.

- a) Cuando los estudiantes construyen la REL a partir de REL+ REP-F hacen mayor referencia a cambio de color durante el avance (66% cohorte 2006 y 69% cohorte 2007), sin embargo, cuando la REL se construye a partir de GC o una T se obtienen valores menores. Al elaborar la REL a partir de REL+REP-GC los valores son: 25% cohorte 2006 y 15% cohorte 2007 y cuando se construye la REL a partir de REL+T obtenemos valores de 6% cohorte 2006 y 15% cohorte 2007.
- b) La referencia a los cambios en la concentración del sistema son mayores cuando se debe construir un GC o una T. Cuando se parte de REL+REP-GC se obtiene valores de 50% cohorte 2006 y 74 % para la cohorte 2007; cuando la situación inicial es REL+ REL+T el 31% cohorte 2006 y el 54% cohorte 2007 REL+ REL+T habla de los cambios de concentración.
- c) Los estudiantes lo recuperan con mayor facilidad que el recipiente en que se efectúa el cambio químico es **cerrado**, cuando se pide construir un D (84% cohorte 2006 y 100 % cohorte 2007) o un DE a partir de la REL (87% cohorte 2006 y 69 % cohorte 2007); cuando se pide construir un GC y una T estos valores son mucho menores (GC: 3% cohorte 2006 y 8% cohorte 2007; T: 0% cohorte 2006 y 2007).

VI.3.4. La aproximación microscópica (paradigmático y situacional)

La bibliografía reporta las dificultades de los estudiantes para interpretar los experimentos en un nivel microscópico; los resultados encontrados indican que es muy poco el aporte que hacen las REP al uso de este nivel. Sin embargo, cuando se pide expresamente construir un DE (grupo C.3) se obtiene el 84% de respuestas para la cohorte 2006 y 100% para la cohorte 2007 (**categoría 3b**). Estos resultados son diferentes a los resultados encontrados cuando se debe construir un D, un GC o una T a partir de la REL (en todos los casos valores entre 0% y 10% para ambas cohortes) o cuando se debe construir una REL a partir de REL+REP en los diferentes formatos, F, GC y T para la **categoría 3b** (valores que oscilan entre 0% y 16% para ambas cohortes).

La explicación a estos resultados pudiera estar en la dirección de la dificultad para la representación de los conceptos proceso contra la posibilidad de representar conceptos materia, trabajada la gramática de los DE, construir éstos es equivalente a escribir la fórmula de las sustancias que intervienen en la reacción.

VI.3.5. Uso de recursos semióticos.

Hemos examinado el uso que hacen los estudiantes de los recursos semióticos al construir dos tipos de REP: los GC y los DE encontrando que: no suele identificarse la representación con un título. Cuando se construye el GC menos del 10% de las dos cohortes de estudiantes coloca un título para su representación, sin embargo, cuando se ofrece como situación inicial para la tarea un texto híbrido que incluye una tabla, el 31% (cohorte 2006) y 15% (cohorte 2007) coloca el título. Cuando se debe construir el DE, el 0% de los estudiantes en ambas cohortes le coloca título. Estos resultados coinciden con los reportados por García y Perales (2007) quienes señalan *“tanto para los estudiantes de licenciatura en Química como para los de bachillerato, la operación de elaborar un título presenta grandes dificultades”* (p.114).

A pesar de las dificultades para colocar los títulos, el 60% de los estudiantes para ambas cohortes coloca las etiquetas que identifican las variables, este porcentaje disminuye cerca del 20% para indicar las unidades en que se expresan las variables.

En el uso de los recurso semióticos está influenciado por las características de las condiciones desde la que se inicia la tarea, así cuando la tarea comienza desde una REL o una REL+REP-F, los estudiantes tienden a construir un GC abstracto, es decir, en el que sólo se muestran tendencias (REL: 58% cohorte 2006, 77% cohorte 2007; REL+REP-F: 91% cohorte 2006, 100% cohorte 2007; REL+REP-T: 34% cohorte 2006, 15% cohorte 2007). Esta tendencia se invierte si se revisa cuándo los estudiantes construyen un GC en el que se especifican valores para las variables, es decir, un GC concreto (REL: 32% cohorte 2006, 23% cohorte 2007; REL+REP-F: 9% cohorte 2006, 0% cohorte 2007; REL+REP-T: 63% cohorte 2006, 69% cohorte 2007).

VI.4. Conclusiones

Una vez finalizado este trabajo podemos **concluir**:

1. El discurso sobre EQ se construye haciendo uso de un sistema de representaciones múltiples en el que se combinan representaciones lingüísticas y representaciones pictóricas, la L-I-C de ambas contribuyen a reconstruir la intencionalidad del discurso que presenta el autor. La lectura de las REP no es un proceso trivial y debe ser considerado objetivo de enseñanza-aprendizaje.
2. La de L-I-C de las REP presenta problemas para los lectores-estudiantes porque: a) no se entienden como parte integrante del discurso durante la lectura permanecen “opacas”, b) no dominan el lenguaje de los diferentes tipos de REP.

3. Algunas dificultades de aprendizaje tiene su origen en la complejidad del lenguaje utilizado, entre ellas el sistema de representaciones múltiples con que se debe construir el discurso para describir los fenómenos.
4. El lenguaje químico permite hablar sobre la materia y sus transformaciones asumiendo la hipótesis que la materia está formada por átomos, que los átomos de elementos diferentes son diferentes y que los átomos se conservan; estas hipótesis imponen restricciones al sistema de REP.
5. Los estudiantes tienen dificultades para relacionar los fenómenos químicos, los sistemas de representaciones que se utilizan para describir estos fenómenos y los modelos conceptuales que se asumen para explicarlos.
6. Reconocer que la ciencia es un discurso (Lemke, 1998b) que se construye utilizando sistemas de representaciones múltiples, las limitaciones para operar con estos sistemas deben entenderse como falta de práctica social (Roth y McGinn, 1997).
7. La semiótica, entendida como la ciencia de los signos, permite caracterizar los sistemas de REP utilizados para construir el discurso disciplinar y abre las posibilidades de abordar el proceso de enseñanza aprendizaje como un proceso dirigido a modelar la manera como se “habla” y se “construye” dentro de las comunidades científicas.
8. Se encuentra una relación de dependencia entre la REP y el contenido que se quiere presentar; reconocer esta relación facilita el proceso de L-I-C, lo que, en nuestra opinión, evidencia que las REP juegan un papel en la construcción del discurso que trasciende el simple papel de motivación.
9. Las REP utilizadas para construir el discurso sobre EQ, en su gran mayoría guarda una relación S/R que es abstracta y arbitraria, lo que hace que la L-I-C dependa del conocimiento del sistema de reglas que permita conectarlos por lo que el papel de la enseñanza es clave para disminuir las dificultades detectadas. Estos sistemas de reglas deben constituir objetivos de enseñanza y aprendizaje.
10. El tipo de información que puede recuperarse a partir de la L-I-C de un texto multimodal REP depende del formato de la REP que se incrusta en el texto.
11. El tipo de información que se enfatiza cuando se propone como tarea construir una REP depende del formato de la REP que se pide construir.
12. Un programa como el implementado en el transcurso de este trabajo contribuye a reconocer los recursos semióticos utilizados en la construcción de una REP y a inferir información relevante a partir de su L-I-C. De igual manera contribuye a utilizar estos recursos semióticos cuando se debe construir una REP. Sin embargo, esta ayuda no es suficiente para superar las dificultades para la comprensión de “conceptos proceso”.

VI.5. Implicaciones para la enseñanza de la química.

Asumir que la ciencia es un discurso (Lemke, 1998b) implica aceptar que debe ser aprendido el lenguaje social de la ciencia (Mortimer y Scott, 2003); esta visión tiene importantes implicaciones didácticas: la necesidad de la alfabetización en el uso de los múltiples y complejos sistemas de representaciones utilizados para la construcción de este discurso. Es decir, debe plantearse como objetivo de

aprendizaje el dominio del lenguaje disciplinar para poder comunicarse con la disciplina.

La perspectiva semiótica contribuye a repensar el que-hacer docente, ya que permite colocar el foco de atención en los recursos que ofrece el autor y de los que dispone el estudiante para realizar el proceso de atribuir significados en un contexto disciplinar.

Ahora bien, se debe entender que el proceso de relacionar Signo/Referente en ciencias no puede darse de manera espontánea dado que la relación entre los signos y lo que los signos representan es arbitraria y abstracta lo que hace que el proceso de aprendizaje dependa del proceso de enseñanza. El proceso de aprender ciencias debe comenzar por el aprendizaje de los múltiples sistemas de representación con los que se construye el discurso disciplinar.

El enfoque semiótico destaca la importancia de dominar los diferentes sistemas de signos así como las reglas que permiten relacionar los signos con los hechos o ideas. Es un enfoque que plantea nuevos retos a la escuela porque es una mirada en la que se cambian los énfasis: de las capacidades y formación del aprendiz colocamos el énfasis en la práctica compartida. Es un cambio que demanda la construcción de una representación pedagógica que haga transparentes las reglas de la comunidad discursiva; para lograr este objetivo se debe comenzar en el nivel más elemental: el dominio del lenguaje. Esta tarea exige, en primer lugar reconocer que es un lenguaje que sigue sus propias reglas, reglas que son diferentes a las exigidas para la construcción del lenguaje cotidiano. Desde la escuela se debe reconocer la importancia de ofrecer experiencias de aprendizaje que contribuyan a establecer explícitamente las reglas que se utilizan para establecer las relaciones Signo/Referente aceptadas por las comunidades de discurso disciplinares.

En nuestra opinión, la semiótica ofrece una alternativa teórica que puede contribuir a redimensionar la práctica escolar, es una visión que facilita que: a) se reconozca la importancia del lenguaje como requisito para el aprendizaje de los modelos conceptuales, b) la importancia del lenguaje para comunicar la experiencia científica.

Un tipo particular de REP, de amplio uso en Química, son los diagramas de estructura; representaciones que enfatizan el nivel submicroscópico, nivel en el que se fundamentan las explicaciones y cuya comprensión constituye un verdadero problema pedagógico. La investigación de los recursos semióticos que se utilizan para su construcción así como el uso que los estudiantes pueden hacer de estos recursos pueden facilitar el proceso de comprensión constituye una tarea a realizar en futuros trabajos.

CAPÍTULO VII: BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO VII

BIBLIOGRAFÍA

- AMETLLER, J. y PINTÓ, R. (2002). Student's Redding of innovative images of energy at secondary school level. *International Journal of Science Education*, 24, 285-312.
- BANDIERA, M.; DUPRÉ, F.; IANNIELLO, M.G. y VICENTINI, M. (1995). Una investigación sobre habilidades para el aprendizaje académico. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 46-54.
- BARRANTE, J. (1977). *Physical Chemistry for the Life Sciences*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.
- BEN-ZVI, R., EYLON, B. y SILBERSTEIN, Y. (1987). Student's visualization of chemical reactions. *Education in chemistry*, 24, 117-120.
- BEN-ZVI, R.; EYLON, B y SILBERSTEIN, J. (1986). Is an atom of copper malleable?. *Journal of Chemical Education*, 63, 64-66.
- BERGQUIST, W. y HEIKKINEN, H. (1990). Student Ideas Regarding Chemical Equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 67, 1000-1003.
- BORSESE, A. (1994). Il problema della comunicazione linguistica a scuola: il linguaggio científico e chimico in particolare. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, 333-337.
- BOWEN, G.M; ROTH, W-M y MCGINN, M.K. (1999). Interpretation of graphs by university biology students and practicing scientists: toward a social practice view of scientific representation practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1020-1043.
- BROWN, B. (2006). It isn't no slang that can be said about this stuff: language, identity and appropriating science discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 96-126.
- BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B.E. y BURDGE, J. R. (2004). *Química la Ciencia Central*. 9na. Ed. Pearson. Prentice Hall.
- BUTELER, L. y GANGOSO, Z. (2002). Diferentes enunciados del mismo problema: ¿ problemas diferentes?. *Investigações em ensino de ciências*, 6,3.
http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n3/v6_n3_a2.htm
- CAMACHO, M. y GOOD, R. (1989) Problem Solving and Chemical Equilibrium: Successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 251-272.
- CARNEY, R.N y LEVIN, J.R. (2002). Pictorial Illustration Still improves Student's Learning from Text. *Educational Psychology review*, 14, 5-26.
- CHAMBERS y REISBERG (1985). Can mental images be ambiguous? *Journal of experimental psychology: human perception & performance*, 11, 317-328.
- CHANDLER, (2001). *Semiotics for beginner*. Ed.electrónica
- CHANG, R. (1999). *Química*. 6ta Ed. McGraw-Hill Interamericana Editores.S.A.
- CHIAPETTA, E.L.; SETHNA, G.H. y FILLMAN, D.A. (1991). A quantitative analysis of high school chemistry textbooks for scientific literacy themes and expository learning aids. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 939-951.
- CHIU, M-H; CHOU, CH-CH y 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. y MAYER, R.E. (1988). Teaching readers about the structure of scientific text. *Journal of Educational Psychology*, 80, 448-456.
- DE VOS, W. y VERDONK, A. (1987). A new road to reactions. The elements and its atoms. *Journal of Chemical Education*, 12, 1010-1013.
- DONÍS, Y; MORLES, A. y URQUHART, R. (1992). *La comprensión de textos y el aprendizaje académico*. Proyecto Multinacional de educación media superior (PREDE). Universidad Nacional Abierta. Vicerrectorado Académico. Venezuela. Mimeografiado
- DORI, Y. y HAMEIRI, M. (2003). Multidimensional analysis system for quantitative chemistry problems: symbol, macro, micro and process aspects. *Journal of research in*

- science teaching*, 35, 10, 1151-1160. *Journal of research in science teaching*, 40, 3, 278-302
- EYSENCK, M. y KEANE, M. (1990). *Cognitive Psychology a student's handbook*. Lawrence Erlbaum Associates Ltd., Publishers. 2da reimpresión.
- FABIÃO, L. S. y DUARTE, M. C. (2005). Dificuldades de produção e exploração de analogias: um estudo no tema equilíbrio químico com alunos/futuros professores de ciências. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1). En <http://www.reec.uvigo.es>
- FERK, V.; VRTACNIK, M. y BLEJEC, A. (2003). Student understands of molecular structure representations. *International Journal of Science Education*, 25, 1227-1245.
- 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.
- GANARAS, K.; DUMON, A. y LARCHER, C. (2008). Conceptual integration of chemical equilibrium by prospective physical sciences teachers. *Chemistry Education Research and Practice*, 9, 240-249.
- GARCÍA, J.J. y PERALES, F.J. (2007). ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 25, 107-132.
- GENTER, D. y GENTER, D. (1983). Flowing Waters or teeming crowds: Mental Models. En *Mental models*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum (1983)
- GORODETSKY, M. E. y GUSSARSKY, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as reflected via different evaluation methods. *European Journal of Science Education*, 8, 427-441.
- GORODETSKY, M. E. y HOZ, R. (1985). Change in the group cognitive structure of some chemical equilibrium concepts following a university course in general chemistry. *Science Education*, 69, 185-199.
- 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. y MOREIRA, M. A. (2000). Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22, 1-11.
- GRECA, I. y MOREIRA, M. A. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. *Investigações em ensino de ciências*, 7,3. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/>
- GUSSARSKY, E. y GORODETSKY, M. (1990) On the concept "Chemical Equilibrium". The associative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 27, 197-204.
- HACKLING, M. W. y GARNETT, P. J. (1985) Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.
- HAN, J. y ROTH, W-M. (2006). Chemical Inscriptions in Korean Textbooks: Semiotics of Macro-and Microworld. *Science Education*, 90, 173-201.
- HARRISON, A. y DE JONG; O. (2005). Exploring the use of multiple analogical models when teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 1019-1041.
- HERNANDEZ S., R.; FERNANDEZ, C. y BAPTISTA L., P. (1998). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. 2da. Edición.
- HERNANDO, M., FURIÓ, C., HERNÁNDEZ, J. y CALATAYUD, M.L. (2003). Comprensión del equilibrio químico y dificultades para su aprendizaje. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. Extra, 111-118.
- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1988) *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y la Química* (Laia/MEC: Barcelona)
- HOFMANN, R., y LASZLO, R. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie*, 30, 1-16.
- ISLAS, S. M. y PESA, M.A. (2003). ¿ Qué rol asignan los profesores de física de nivel medio a los modelos científicos y a las actividades de modelado?. *Enseñanza de las Ciencias*,

- número extra, 57-66.
- JOHNSTONE, A. H.; MACDONALD, J. J. y WEBB, G. (1977) Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Educational in Chemistry*, 14, 169-171.
- JOHNSTONE, A.H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705.
- KEMPA, R.F. (1986) Resolución de problemas de química y estructura cognoscitiva. *Enseñanza de la Ciencia*, 4, 99-110.
- KERMEN, I. y MÉHEUT, M. (2009). Different models used to interpret chemical changes; analysis of a curriculum and its impact on French students' reasoning. *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 24-34.
- KOCH, H. (1995). Simplifying stoichiometry. *The science teacher*, 62, 36-39.
- KOSMA, R. B. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordance for science understanding. *Learning and Instruction*, 13, 205-226.
- KOSMA, R. B. y RUSSELL, J. (1997). Multimedia and understanding: expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 949-968.
- KOUSATHANA, M. y TSAPARLIS, G. (2002). Student's errors in solving numerical chemical-equilibrium problems. *Chemistry Education Research and Practice*, 3, 5-17.
- KRAJCIK, J. (1991). Developing students' understanding of chemical concepts. In S. Glynn, R. Yeany y B. Britton (Eds.). *The psychology of learning sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- KRESS, G., LEITE-GARCÍA, R. y VAN LEEUWEN, T. (2003). Semiótica discursiva. En *El discurso como estructura y proceso. Estudios sobre el discurso I. Una introducción multidisciplinaria*. Van Dijk compilador. Gedisa. Editorial, p. 373-416.
- KRIPPENDORFF, K. (1982). Content analysis. Beverly Hills, Calif.: Sage Publications.
- LATOURET, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Milton Keynes: Open University.
- LEINHARDT, G.; ZASLAVSKY, O. y STEIN, M.K. (1990). Functions, Graphs and Graphing: Tasks, learning and teaching. *Review of Educational Research*, 60, 1-64.
- 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 y R. Veel (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). En <http://www-personal.umich.edu/~jlemke/papers/barcelon.htm>, (consultado 2002)
- LEMKE, J. L. (s/f b). *Multimedia literacy demands of the scientific curriculum*. Para: Literacy Demands of the Post-compulsory Curriculum. En <http://www-personal.umich.edu/~jlemke/papers/barcelon.htm>, (consultado 2002)
- LEMKE, J.L. (1993). *Talking science: language, learning and values*. Ablex Publishing Corporation, Norwood, NJ. Trad. cast. García, A et al. *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Ed. Paidós (1997)
- LIEBEN L.S. y DOWNS, R.M. (1992). Developing an understanding of graphic representations in children and adults: the case of GEO-graphics. *Cognitive Development*, 7, 331-349.
- MÁRQUEZ, C. y PRAT, A. (2005). Leer en clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23, 431-440
- MARTINS, I., GOUVEA, G. y PICCININI, C. (2006). Aprendendo com imagens.

Comunicación personal

- MASKILL, R. y 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, 422-424.
- MATUS, L. BENARROCH, A. y PERALES, F. J. (2008). Las imágenes sobre enlace químico usadas en los libros de texto de educación secundaria. Análisis desde los resultados de la investigación educativa. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 281-288. *Enseñanza de las Ciencias*, 26, 153-176.
- MAYER, R. (1983). *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. (Trad. Graciela Baravalle). Serie Cognición y Desarrollo Humano. Piados.
- MOREIRA, M. A. (2005). *Aprendizaje significativo crítico*. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS.
- MOREIRA, M.A. (2003). Lenguaje y Aprendizaje Significativo. Conferencia cierre del IV Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo. Brasil. Traducción Ma. Luz Rodríguez Palmero.
- MORTIMER, E. y SCOTT, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Open University Press. England
- NAKHLEH, M. (1992) Why some students don't learn chemistry, *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.
- NÍAZ, M. (1995). Cognitive conflict as teaching strategy in solving chemistry problems: a dialectic-constructivist perspective. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 959-970.
- NÍAZ, M. (1995a) Chemical equilibrium and Newton's third law of motion: Ontogeny/phylogeny revisited. *Interchange*, 26, 19-32
- NÍAZ, M. (1995b) Progressive transitions from algorithmic to conceptual understanding in student ability to, solve chemistry problems: A lakatosian interpretation. *Science Education*, 79, 19-36.
- NÍAZ, M. (1995c) Relationship between student performance on conceptual and computational problems of chemical equilibrium. *Science Education*, 17, 343-355.
- NOH, T y SCHARMANN, L. (1997). Instructional influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conceptions and problem-solving ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 199-217.
- NORMAN, D. (1983). Some observations on mental models. En *Mental Models*. Genter y Stevens (Eds.). Lawrence Erlbaum Associates, publishers. Hillsdale, New Jersey.
- NUREMBERG, S.C. y PICKERING, M. (1987) Concept Learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64, 508-510.
- OLSON, W.J. (1996). Towards a psychology of literacy: on the reactions between speech and writing. *Cognition*, 60, 83-104.
- ORLANDI, E. (1996). *Discurso e leitura*. . 3ª.Ed. Editora da Universidade estadual de Campinas.
- OTERO, M.R. I (2003). Investigación en imágenes en la educación en ciencias. Imágenes, palabras y conversaciones. Conferencia Plenaria presentada en el IV *Encontro Nacional de Pesquisadores em Educação em Ciências*. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru, Brasil. Publicado completo en Actas, edición en CD
- PEDROSA, M. A. y DIAS, M. H. (2000). Chemistry textbook approaches to chemical equilibrium and student alternative conceptions. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 227-236.
- PERALES, F.J. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 13-30.
- PERALES, F.J. Y JIMÉNEZ, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20, 369-386.
- PETRUCCI, R.; HARWOOD, W. y HERRING, F.G. (2003). *Química general*. (8va. Ed.). Pearson Education, S.A. Madrid.
- PIQUETTE, J. y HEIKKINEN, H. (2005). Strategies reported used by instructors to address

- student alternate conceptions in chemical equilibrium. *Journal of Research in Science Teaching*, 00, 1-23.
- POSTIGO, Y. y POZO, J. I. (1999). Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de información gráfica. *El Aprendizaje estratégico*. Pozo, J.I. y Monereo, C. (coordinadores)
- POZO, J. I., GÓMEZ C., M. A., LIMON, M. y SANZ S., A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química*. Centro de publicaciones del Ministerio Educación y Ciencia: C.I.D.E. Madrid.
- POZO, J. I.; PEREZ E., M. P; DOMINGUEZ, C. J.; GOMEZ, M. A y POSTIGO, Y. (1994) *La solución de Problemas*. Editorial Santillana España.
- POZZER-ARDENGI, L. y ROTH, W-M. (2003). Prevalence, functions and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 10, 1089-1114.
- POZZER-ARDENGI, L. y ROTH, W-M. (2004). Students' interpretation of photographs in school biology textbooks. *Presented in annual meeting of the National Association Research in Science Teaching. Vancouver, BC*.
- POZZER-ARDENGI, L. y ROTH, W-M. (2005). Making sense of photographs. *Science Education*, 89, 219-241.
- QUÍLEZ-PARDO, J. (1997). Superación de errores conceptuales del equilibrio químico mediante una metodología basada en el empleo exclusivo de la constante de equilibrio. *Educación Química*, 8, 46-54.
- QUÍLEZ-PARDO, J. (2004). A historical approach to the development of chemical equilibrium through the evolution of the affinity concept: some educational suggestions. *Chemistry Education: Research and Practice*, 5, 69-87.
- QUÍLEZ-PARDO, J. (2006). Análisis de problemas de selectividad de equilibrio químico: errores y dificultades correspondientes a libros de texto, alumnos y profesores. *Enseñanza de las Ciencias*, 24, 219-240.
- QUÍLEZ-PARDO, J. y SANJOSÉ, V. (1995). Errores conceptuales en el estudio del equilibrio químico: nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 72-80.
- QUÍLEZ-PARDO, J.; SOLAZ, J.J. (1995). Students' and teachers' misapplication of Le Chatelier's principle. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 939-957.
- QUÍLEZ-PARDO, J.; SOLAZ, J.J.; CASTELLÓ, M. y SANJOSÉ, V. (1993) La necesidad de un cambio metodológico en la enseñanza del equilibrio químico: Limitaciones del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias*, 11, 281-288.
- RAVILOLO, A. (2007). Implicaciones didácticas de un estudio histórico sobre el concepto equilibrio químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 25, 415-422.
- REISBERG, D. (1987). External representations and the advantages of externalizing one's thoughts. *Proceedings of the eighth annual conference of the cognitive science society*. Hillsdale, N.J: Erlbaum.
- ROCHA, A.; SCANDROLI, N.; DOMINGUEZ, J. M. y GARCIA-RODEJA, E. (2000). Propuesta para la enseñanza del equilibrio químico. *Educación Química*, 11, 343-352.
- ROTH, W-M y MCGINN, M. K. (1997). Graphing: cognitive ability or practice. *Science Education*, 81, 91-106.
- ROTH, W-M. y MCGINN, M. K. (1998). Inscriptions: toward a theory of representing as social practice. *Review of Educational Research*, 68, 1, 35-59.
- ROTH, W-M. (2002). Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy. *Journal of curriculum studies*, 34, 1-24.
- ROTH, W-M. (2004). What is the meaning of "meaning"? A case study from Graphing. *The Journal of Mathematical Behavior*, 23, 75-92.
- ROTH, W-M. , BOWEN, G.M. y 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. y BOWEN, G. M. (1999). Complexities of graphical representations during

- ecology lectures: an analysis rooted in semiotics and hermeneutic phenomenology. *Learning and Instruction*, 9, 235-255.
- ROTH, W.-M. y BOWEN, G. M. (2001). Professional read graphs: a semiotic analysis. *Journal of Research in Mathematics Education*, 32, 159-194.
- SANTOS, F. y GRECA, I. (2003). Modelação em Física e Química: diferenças e similaridades. In: *II Encontro Internacional - Linguagem Cultura e Cognição: reflexões para o ensino*, Belo Horizonte. Anais do II Encontro Internacional - Linguagem Cultura e Cognição: reflexões para o ensino. Campinas -SP: Graf.FE/Gráfica Central – UNICAMP. v. único.
- SANTOS, F. y GRECA, I. (2005). Promovendo aprendizagem de conceitos e de representações pictóricas em química com uma ferramenta de simulação computacional. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1). En <http://www.reec.uvigo.es>
- SARDÁ, A. Y SANMARTÍ, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de la Ciencia*, 18, 405-422.
- SCHNOTZ, W. y BANNERT, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, 13, 141-156.
- SECRETARÍA UCV. (2003). *Samuel Robinson: de proyecto a programa*. Aguilera, M.P. y Cruz, C. (Ed.). Venezuela.
- SHAH, P. y HOFFNER, J. (2002). Review of graph comprehension research: implications for instruction. *Educational Psychology Review*, 14, 47-69.
- SMOLIN, L. (1997). *The life of the cosmos*. London: Weidenfeld & Nicolson.
- STYLIANIDOU, F. y ORMEROD, F. (2002). Analysis of science textbook pictures about energy and pupil's reading of them. *International Journal of Science Education*, 24, 257-283.
- SUTTON, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, 21, 21-25.
- THOMAS, P. y SCHWENZ, R. (1998). College physical chemistry student's conceptions of equilibrium and fundamental thermodynamics. *Journal of research in science teaching*, 35, 10, 1151-1160.
- TOMLIN, R.; FORREST, L.; PU, M. y KIM, M.H. (2003). Semántica del discurso. En *El discurso como estructura y proceso. Estudios sobre el discurso I. Una introducción multidisciplinaria*. Van Dijk compilador. Gedisa. Editorial, p. 107-170.
- TREAGUST, D.; CHITTLEBOROUGH, G. y MAMIALA, T. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, 25, 1353-1368.
- TSAPARLIS, G.; KOUSATHANA, M. y NIAZ, M. (1998). Molecular-equilibrium problems: manipulation of logical structure and of M-demand, and their effect on student performance. *Science Education*, 82, 437-454.
- TYSON, L.; TREAGUST, D. y BUCAT, R. (1999). The complexity of teaching and learning chemical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 76, 554-558.
- VAN DIJK, T.A y KINTSCH, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. Academic Press. N.York.
- VAN DIJK, T.A. (2003). El estudio del discurso. En *El discurso como estructura y proceso. Estudios sobre el discurso I. Una introducción multidisciplinaria*. Van Dijk compilador. Gedisa. Editorial, p.21-66.
- VAN DRIEL, J.A.; DE VOS, W. y VERLOOP, N. (1999). Introducing dynamic equilibrium as an explanatory model. *Journal of Chemical Education*, 76, 559-561.
- VAN DRIEL, J.A.; DE VOS, W.; VERLOOP, N. y DEKKERS, H. (1998). Developing secondary student's conceptions of chemical reactions: the introduction of chemical equilibrium. *International Journal of Science Education*, 20, 379-392.
- VOSKA, K. y HEIKKINEN, H. (2000). Identification and analysis of student conceptions used to solve chemical equilibrium problems. *Journal of research in science teaching*, 37, 2, 160-176.
- WHEELER, A. y KASS, H. (1978). Student's misconceptions in chemical equilibrium.

- Science Education*, 62, 223-232.
- WU, H-K y KRAJCIK, J. (2006). Inscriptional practice in two inquiry-based classrooms: a case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 63-95.
- WU, H-K y KRAJCIK, J. (2006a). Exploring middle school students use of inscriptions in project-based science classrooms. *Science Education*, 90, 852-873
- WU, H-K y SHAH, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.
- 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.
- YORE, L.D. y BISANZ, G.L. (2003). Examining the literacy of science literacy: 25 years of language arts and science research. *International Journal of Science Education*, 25, 689-725.
- ZHANG, J. (1997). The nature of external representations in problem solving. *Cognitive Science*, 21, 179-217.
- ZHANG, J. y NORMAN, D.A. (1994). Representations in distributed cognitive tasks. *Cognitive science*, 18, 87-122.

ANEXO 1

TEXTO Química del medio ambiente

Tomado de BROWN, T.; LEMAY, H. E.; BURSTEN, B.E. y BURDGE, J. R. (2004).
Química la Ciencia Central. 9na. Ed. Pearson. Prentice Hall.

12

Química del medio ambiente

En los capítulos anteriores hemos analizado la mayor parte de los principios que gobiernan el comportamiento químico y físico de la materia. Actualmente podemos aplicar estos principios para comprender el mundo en que vivimos. En este capítulo consideraremos algunos aspectos de la química de nuestro medio ambiente, poniendo especial atención en la atmósfera de la Tierra y en el ambiente acuoso que llamamos **hidrosfera**.

Tanto la atmósfera como la hidrosfera de nuestro planeta hacen posible la vida que conocemos. La contaminación del medio ambiente, que puede llevarse a cabo de diferentes maneras es uno de los aspectos que más debe importarnos en nuestra época. Se ha vuelto evidente el hecho de que se necesitan importantes reformas y muchos reglamentos estrictos para poder preservar la calidad de vida en nuestro mundo. Como ciudadanos responsables con capacidad de decisión estamos llamados en el futuro a ayudar a decidir las publicaciones y referencias que puedan tener un impacto favorable sobre nuestra salud y sobre nuestra seguridad económica. Cuanto mejor se comprendan los principios químicos que se realizan en nuestro medio ambiente, se tendrán mejores oportunidades de formarse un juicio adecuado. Nuestro objetivo en este capítulo es suministrar una introducción a la naturaleza de la atmósfera e hidrosfera de la Tierra e indicar algunas de las formas en las cuales se lleva a cabo la contaminación.

12.1 ATMÓSFERA TERRESTRE

Debido a que la mayoría de nosotros nunca ha estado muy lejos de la superficie de la Tierra, ya no reflexionamos sobre las muchas formas en las cuales la atmósfera determina el medio ambiente donde vivimos. En esta sección examinaremos algunas de las características físicas importantes de la atmósfera de nuestro planeta a la luz de los conocimientos que tenemos acerca de las propiedades de los gases.

La temperatura de la atmósfera cambia de manera bastante compleja en función de la altitud, como se muestra en la Figura 12.1. Por encima de la superficie, la temperatura disminuye a medida que aumenta la altitud y alcanza un valor mínimo a una altura aproximada de 12 km. En esta región, llamada **tropopausa**, la temperatura es de unos 215 K (-58°C). Por encima de esta altitud la temperatura aumenta hasta 275 K en la región de los 50 km y de ahí comienza nuevamente a disminuir.

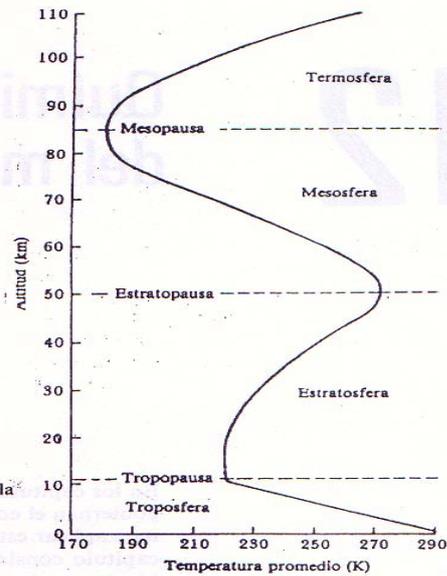


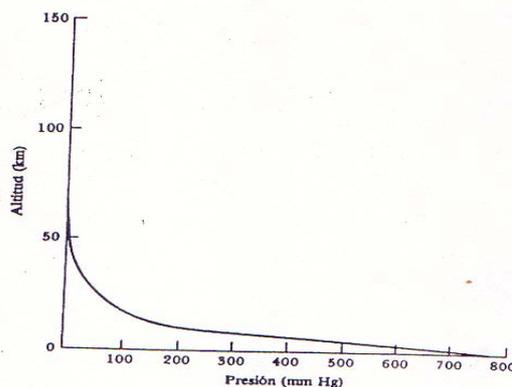
FIGURA 12.1 Cambios en la temperatura en la atmósfera a diferentes altitudes por debajo de 110 km. (Adaptado de "U.S. Standard Atmosphere, 1962." Washington, D.C.: Government Printing Office)

La altitud a la cual la temperatura alcanza un nivel máximo se conoce como estratopausa. Arriba de la estratopausa la temperatura disminuye a valores inferiores a los que se observan en la tropopausa. La región de esta segunda temperatura mínima se conoce como mesopausa. Por encima de la mesopausa, la temperatura se eleva rápidamente en la región denominada termosfera. Obsérvese que las regiones de la temperatura mínima y máxima se denominan con los sufijos *-pausa*. Las regiones que se encuentran entre éstas se denominan con los sufijos *-esfera*. Los límites entre las diferentes regiones son importantes debido a que la mezcla de la atmósfera a través de esos límites es relativamente lenta. Por ejemplo, los gases contaminantes que se generan en la troposfera encuentran un lugar en la estratosfera pero muy lentamente.

La troposfera es la región de la atmósfera en la cual casi todos vivimos la mayor parte de nuestra vida. En esa región se dan el sonido del viento y de la brisa, la lluvia, el sol, todo lo cual consideramos normalmente como el clima. Aun cuando volemos en un moderno jet entre ciudades distantes, nos encontraremos en la troposfera y muy cerca de la tropopausa.

Al contrario de lo que sucede con los cambios de temperatura en la atmósfera, la presión de la atmósfera disminuye de manera bastante regular a medida que aumenta la altitud, como se muestra en la Figura 12.2. Podemos ver en esta ilustración que la presión atmosférica disminuye mucho más rápidamente a elevaciones inferiores que superiores. La explicación de esta característica de la atmósfera es su compresibilidad. Los gases son muy diferentes de los líquidos en este sentido. Como resultado de la compresibilidad de la atmósfera, la presión disminuye desde un valor promedio de 760 mm Hg al nivel del mar hasta 2.3×10^{-3} mm Hg a 100 km y a sólo 1.0×10^{-6} mm Hg a 200 km.

FIGURA 12.2 Cambios en la presión atmosférica de acuerdo a la altitud. A 50 km de altitud la presión baja aproximadamente 1 mm Hg. A altitudes superiores la presión continúa bajando, aunque esto no se puede mostrar en la escala que se presenta en la figura. Por ejemplo, a 100 km la presión ha bajado a 2.3×10^{-3} mm Hg.



Composición de la atmósfera

La atmósfera es un sistema extremadamente complejo. Su temperatura y presión cambian en un amplio margen con la altitud, como ya lo hemos visto. La atmósfera está sujeta a un bombardeo de radiaciones y partículas energéticas provenientes del sol y a radiaciones cósmicas extragalácticas. Esta barrera de contención de energía tiene efectos químicos profundos, especialmente en las capas más externas de la atmósfera. Además, debido al campo gravitacional de la tierra, los átomos y las moléculas más ligeras tienden a elevarse. Como resultado de todos estos factores, la composición de la atmósfera no es constante. Sin embargo, es útil saber la composición de la atmósfera en la región cercana a la superficie de la Tierra. La Tabla 12.1 muestra la composición del aire seco cerca del nivel del mar.

TABLA 12.1 Composición del aire seco cerca del nivel del mar

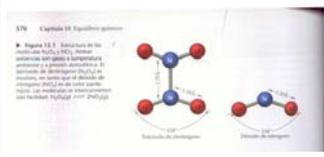
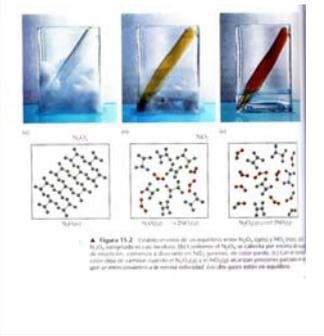
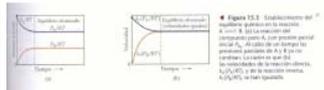
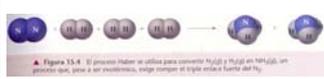
Componente*	Contenido (fracción molar)	Peso molecular
Nitrógeno	0.78084	28.013
Oxígeno	0.20948	31.998
Argón	0.00934	39.948
Dióxido de carbono	0.000330	44.0099
Neón	0.00001818	20.183
Helio	0.00000524	4.003
Metano	0.000002	16.043
Kriptón	0.00000114	83.80
Hidrógeno	0.0000005	2.0159
Óxido nítrico	0.0000005	44.0128
Xenón	0.000000087	131.30

*El ozono, el dióxido de azufre, el dióxido de nitrógeno, el amoníaco y el monóxido de carbono se encuentran presentes en cantidades muy pequeñas como trazas de gases.

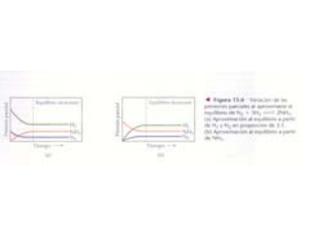
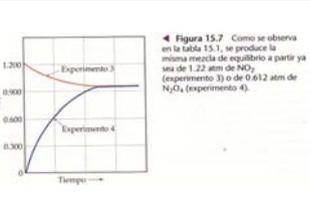
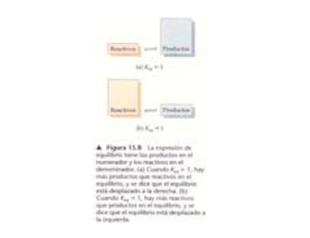
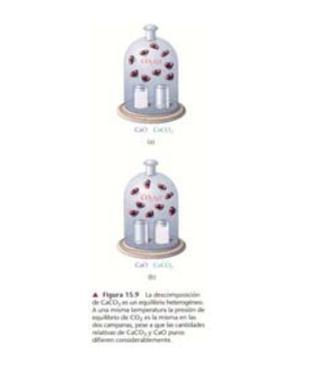
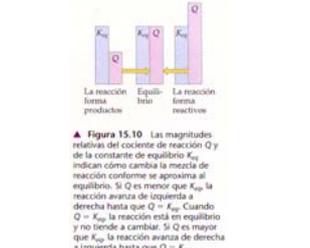
ANEXO 2

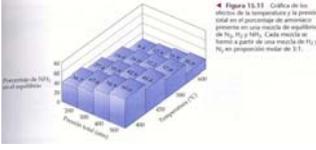
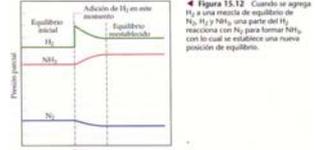
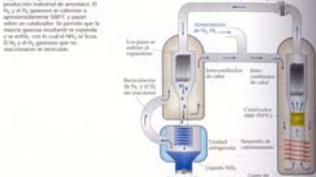
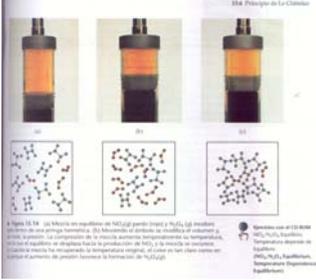
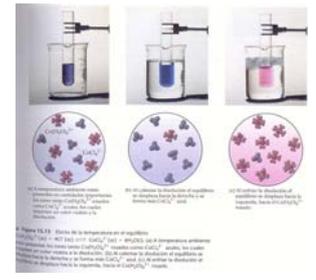
ANÁLISIS DE CONTENIDO DE LOS TEXTOS DE QUÍMICA GENERAL

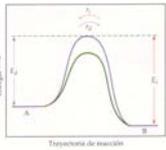
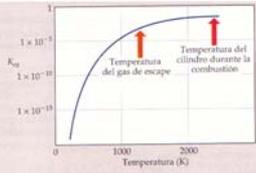
Representaciones Pictóricas en el texto Química la Ciencia Central, Cap. 15, Brown y col. 2004

Figura ³⁷ /Tabla pag		Clasificación					
		Descriptiva	Comprensión	Modelos Química (niveles)	Naturaleza de la represent.	Tipo Nivel signo	Símbolos Lingüístico Matemático
F. 15.1, 576		diagrama	Diagrama estructura	Micro proceso	Simbólica analógica	Diagrama Estructura (ballstick) Simbólica (Analógica) Micro Proceso	Fórmulas y ecuación química 11
F. 15.2, 576		Fotografía Diagrama	Diagrama Estructura	Macro/Proceso Micro/Proceso	Foto: naturalista Proceso Estructura Simbólica/ Analógica Proceso	Combinación Fotografía Macroscópica Naturalista Proceso Diagrama Estructura (ballstick) microscópico Simbólica (analógica) Proceso	Fórmulas y Ecuaciones químicas 13(9-11)
F. 15.3, 577		Gráfico Ejes de Coord. 2 dimensiones	Gráfico(eje de coordenadas) Abstracto Modelo matemático sin escalas o unidades	Macro Proceso	Simbólica Abstracto	Gráfico Ejes de coord. Simbólico abstracto Macroscópico Proceso	Fórmulas y ecuación abstracta que representa cambio químico 5
F. 15.4, 577		Diagrama	Diagrama estructura	Micro proceso	Simbólica analógica	Diagrama Estructura (ballstick) Simbólica (Analógica) Micro Proceso	Fórmulas y ecuación química 11

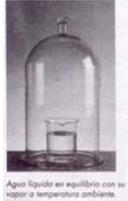
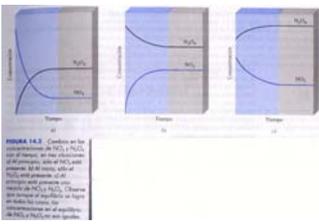
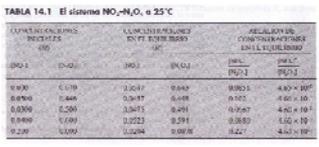
³⁷ las que no aparecen identificadas con un número las denotaremos utilizando el número del capítulo más una letra mayúscula

<p>F. 15.5, 577</p>	 <p>▲ Figura 15.5 El amoníaco líquido producido por el proceso Haber se agrega directamente al suelo como fertilizante. El uso agrícola es la aplicación individual más grande del NH_3 que se produce industrialmente.</p>	<p>Fotografía</p>	<p>Ilustración-Fotografía</p>	<p>Macro proceso</p>	<p>Análogica</p>	<p>Fotografía Macroscópica Naturalista analógica</p>	<p>Fórmulas 1</p>																				
<p>F. 15.6, 577</p>		<p>Gráfico Ejes de Coord. 2 dimensiones</p>	<p>Gráfico(eje de coordenadas) Abstracto Modelo matemático sin escalas o unidades</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica Abstracto</p>	<p>Gráfico Ejes coord. Simbólico Abstracto Macroscópico Proceso</p>	<p>Fórmulas y ecuación 5</p>																				
<p>T. 15.1, 581</p>	<table border="1" data-bbox="357 723 667 864"> <thead> <tr> <th>Experimento</th> <th>Presión parcial inicial de N_2O_4 (atm)</th> <th>Presión parcial inicial de NO_2 (atm)</th> <th>Presión parcial de equilibrio de N_2O_4 (atm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0.0</td> <td>0.612</td> <td>0.0429</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0.0</td> <td>0.919</td> <td>0.0857</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0.0</td> <td>1.22</td> <td>0.138</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0.612</td> <td>0.0</td> <td>0.138</td> </tr> </tbody> </table>	Experimento	Presión parcial inicial de N_2O_4 (atm)	Presión parcial inicial de NO_2 (atm)	Presión parcial de equilibrio de N_2O_4 (atm)	1	0.0	0.612	0.0429	2	0.0	0.919	0.0857	3	0.0	1.22	0.138	4	0.612	0.0	0.138	<p>Tabla Datos experimentales</p>	<p>Gráfico (tabla)</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica</p>	<p>Tabla Simbólica lingüística Matemática proceso</p>	<p>Fórmulas y ecuación 6</p>
Experimento	Presión parcial inicial de N_2O_4 (atm)	Presión parcial inicial de NO_2 (atm)	Presión parcial de equilibrio de N_2O_4 (atm)																								
1	0.0	0.612	0.0429																								
2	0.0	0.919	0.0857																								
3	0.0	1.22	0.138																								
4	0.612	0.0	0.138																								
<p>F. 15.7, 581</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>Gráfico Ejes de Coord. 2 dimensiones</p>	<p>Gráfico(eje de coordenadas) Concreto Modelo matemático</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica concreto</p>	<p>Gráfico ejes coord. Simbólico Concreto Macroscópico Proceso</p>	<p>Fórmulas y ecuación 4</p>																				
<p>F. 15.8, 582</p>	 <p>▲ Figura 15.8 La expresión de equilibrio tiene las mismas unidades de concentración y las mismas unidades de presión que el cociente de reacción Q. Cuando $K_{eq} = Q$, hay equilibrio y el cociente de reacción está desplazado a la derecha. (B) Cuando $K_{eq} < Q$, hay más reactivos que productos en el equilibrio, y se dice que el equilibrio está desplazado a la izquierda.</p>	<p>Diagrama conceptual</p>	<p>diagrama</p>	<p>Proceso</p>	<p>Simbólica</p>	<p>Diagrama Simbólica Lingüística-Matemática proceso</p>	<p>No es necesario 3</p>																				
<p>F. 15.9, 587</p>	 <p>▲ Figura 15.9 La descomposición de CaCO_3 en un equilibrio heterogéneo. A una misma temperatura la presión de equilibrio de CO_2 es la misma en los dos aparatos, pero a que las cantidades relativas de CaCO_3 y CaO sean diferentes considerablemente.</p>	<p>Dibujo-Diagrama</p>	<p>Croquis-diagrama</p>	<p>Macro Micro Proceso</p>	<p>Simbólica Análogica</p>	<p>Combinación Croquis Macroscópica icónica y Diagrama microscópico Simbólica (analógico)</p>	<p>Fórmulas 13(2-7)</p>																				
<p>F. 15.10, 591</p>	 <p>▲ Figura 15.10 Las magnitudes relativas del cociente de reacción Q y de la constante de equilibrio K_{eq} indican cómo cambia la mezcla de reacción conforme se aproxima al equilibrio. Si Q es menor que K_{eq} la reacción avanza de izquierda a derecha hasta que $Q = K_{eq}$. Cuando $Q = K_{eq}$ la reacción está en equilibrio y no tiende a cambiar. Si Q es mayor que K_{eq} la reacción avanza de derecha a izquierda hasta que $Q = K_{eq}$.</p>	<p>Diagrama conceptual</p>	<p>diagrama</p>	<p>Proceso</p>	<p>Simbólica</p>	<p>Diagrama Simbólica Lingüística-Matemática proceso</p>	<p>No es necesario 3</p>																				

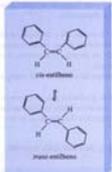
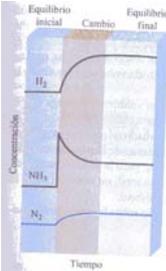
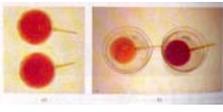
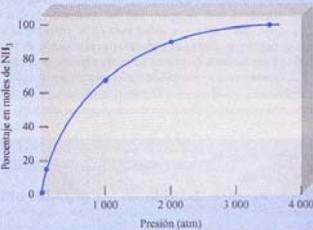
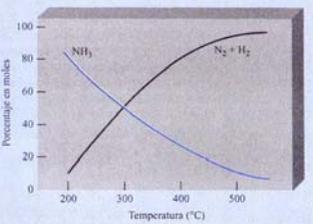
<p>F. 15.11, 595</p>	 <p>Figura 15.11 Gráfico de los efectos de la temperatura y la presión total en el porcentaje de amoníaco presente en una mezcla de equilibrio de N_2, H_2 y NH_3. Cada reacción de N_2 y H_2 en proporción molar de 1:3.</p>	<p>Gráfico Ejes de Coord. 2 dimensiones</p>	<p>Gráfico (3 ejes de coordenadas) Concreto Modelo matemático con escalas y unidades</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica (concreto)</p>	<p>Gráfico ejes coordenadas Simbólico Concreto Macroscópico Proceso</p>	<p>Fórmulas 4</p>								
<p>F. 15.12, 595</p>	 <p>Figura 15.12 Cuando se agrega H_2 a una mezcla de equilibrio de N_2, H_2 y NH_3, una parte del H_2 reacciona con N_2 para formar NH_3, con lo cual se establece una nueva posición de equilibrio.</p>	<p>Gráfico Ejes de Coord. 2 dimensiones</p>	<p>Gráfico(eje de coordenadas) Abstracto Modelo matemático con escalas sin unidades</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica Abstracto</p>	<p>Gráfico ejes coord. Simbólico Abstracto Macroscópico Proceso</p>	<p>Fórmulas y ecuación 5</p>								
<p>F. 15.13, 596</p>	 <p>Figura 15.13 Diagrama esquemático de un proceso industrial de síntesis de NH_3. El proceso comienza con la mezcla de N_2 y H_2 en un catalizador. Se comprime la mezcla gaseosa resultante en equilibrio y se calienta con el calor de la reacción para formar NH_3. El NH_3 se separa del gas no reaccionado.</p>	<p>Dibujo naturalista</p>	<p>Croquis</p>	<p>Macroscópico Proceso</p>	<p>Icónica (Analgica)</p>	<p>Croquis Icónica Macroscópica Proceso</p>	<p>Fórmulas 9</p>								
<p>F. 15.14, 597</p>	 <p>Figura 15.14 (a) Mezcla en equilibrio de N_2O_4 (gas incoloro) y NO_2 (gas amarillo) en un tubo de ensayo. (b) Mezcla de N_2O_4 y NO_2 en un tubo de ensayo. (c) Mezcla de N_2O_4 y NO_2 en un tubo de ensayo. Las flechas indican la dirección de la reacción. (d) Modelo de estructura de N_2O_4. (e) Modelo de estructura de NO_2.</p>	<p>Fotografía Diagrama</p>	<p>Diagrama Estructura</p>	<p>Macro/Proceso Micro/Proceso</p>	<p>Foto: naturalista Proceso Estructura Simbólica/Analgica Proceso</p>	<p>Combinación Fotografía Macroscópica Naturalista Proceso Diagrama Estructura (ballstick) microscópico Simbólica (analgica) Proceso</p>	<p>Fórmulas 13(9-11)</p>								
<p>F. 15.15, 599</p>	 <p>Figura 15.15 (a) Mezcla en equilibrio de $FeCl_3$ y SCN^- en un tubo de ensayo. (b) Mezcla de $FeCl_3$ y SCN^- en un tubo de ensayo. (c) Mezcla de $FeCl_3$ y SCN^- en un tubo de ensayo. Las flechas indican la dirección de la reacción. (d) Modelo de estructura de $FeCl_3$. (e) Modelo de estructura de SCN^-.</p>	<p>Fotografía Diagrama</p>	<p>Diagrama Estructura</p>	<p>Macro/Proceso Micro/Proceso</p>	<p>Foto: naturalista Proceso Estructura Simbólica/Analgica Proceso</p>	<p>Combinación Fotografía Macroscópica Naturalista Proceso Diagrama Estructura (ballstick) microscópico Simbólica (analgica) Proceso</p>	<p>Fórmulas y Ecuaciones químicas 13(9-11)</p>								
<p>T. 15.2, 601</p>	 <p>Figura 15.2 (Tabla de variación de K_p del equilibrio $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ en función de la temperatura)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Temperatura (°C)</th> <th>K_p</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>300</td> <td>4.34×10^{-3}</td> </tr> <tr> <td>400</td> <td>1.64×10^{-4}</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>4.51×10^{-5}</td> </tr> </tbody> </table>	Temperatura (°C)	K_p	300	4.34×10^{-3}	400	1.64×10^{-4}	500	4.51×10^{-5}	<p>Tabla Datos (valores K_p) 1 reacción y diferentes temperaturas</p>	<p>Gráfico (tabla)</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica</p>	<p>Tabla Simbólica lingüística matemática</p>	<p>Fórmulas y ecuación 6</p>
Temperatura (°C)	K_p														
300	4.34×10^{-3}														
400	1.64×10^{-4}														
500	4.51×10^{-5}														

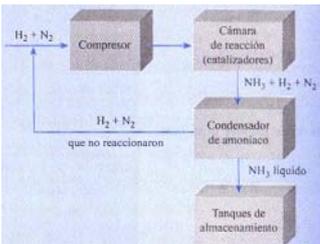
F. 15.16. 601	 <p>Figura 15.16. Esquema que muestra el equilibrio químico de la reacción $A \rightleftharpoons B$. En el equilibrio la velocidad de reacción directa, v_d, es igual a la velocidad de reacción inversa, v_i. La curva violeta representa la trayectoria que pasa por el estado de transición en ausencia de un catalizador. Un catalizador reduce la energía del estado de transición, como lo indica la curva verde. Por tanto, la energía de activación se reduce para las reacciones tanto directa como inversa. En consecuencia, en la reacción catalizada aumenta la velocidad de las reacciones tanto directa como inversa.</p>	Gráfico Ejes de Coord. 2 dimensiones	Gráfico(eje de coordenadas) Abstracto Modelo matemático con escalas sin unidades	Macro Proceso	Simbólica Abstracto	Gráfico ejes coord. Simbólico Abstracto Microscópico Proceso	Fórmulas y ecuación 5
F.15.17. 603	 <p>Figura 15.17. Variación de la constante de equilibrio de la reacción $N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$ en función de la temperatura. Es necesario emplear una escala logarítmica para K_p porque los valores de K_p varían en un intervalo muy grande.</p>	Gráfico Ejes de Coord. 2 dimensiones	Gráfico(eje de coordenadas) concreto Modelo matemático con escalas con unidades	Macro Proceso	Simbólica Concreto	Gráfico ejes coord. Simbólico Concreto Macroscópico Proceso	Fórmulas y ecuación 4

Representaciones Pictóricas en el texto Química General, Cap. 14, Chang, 1999

Figura ³⁸ /Tabla pag		Clasificación					
		Descriptiva	Comprensión	Modelos Químico	Naturaleza de la represent.	Tipo Nivel signo	Símbolos Lingüístico Matemático
F. 14.A, 560		Fotografía	Ilustración	Macroscópico Proceso físico	Señal	Fotografía Macroscópica Naturalista analógica	No, 1
F. 14.1, 560		Diagrama	Diagrama Estructura	Micro proceso	Simbólica analógica	Diagrama Estructura (ballstick) Simbólica (analógica) Micro Proceso	Fórmulas y Ecuación (simbólica-analógica) 11
F. 14.2, 561		Gráfico Cartesiano 2 dimensiones	Gráfico(eje de coordenadas) Abstracto Modelo matemático con escalas sin unidades	Macro Proceso	Simbólica Abstracto	Gráfico cartesiano Simbólico Abstracto Macroscópico Proceso	Fórmulas 5
T. 14.1, 561		Tabla Datos experimentales (sin marcar los experimentos)	Gráfico (tabla)	Macro Proceso	Simbólica abstracta	Tabla Simbólica lingüística Matemática Proceso	Fórmulas 6
F. 14.B, 567		Fotografía	Ilustración	Macroscópico	Señal	Fotografía Macroscópica Naturalista analógica	No, 1
F. 14.3, 563		Dibujo-Diagrama	Croquis-diagrama	Macro Micro Proceso	Simbólica Analógica	Combinación Croquis Macroscópica icónica y Diagrama microscópico Simbólica (analógico)	Fórmulas 13(2-7)

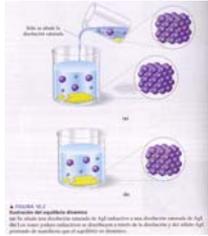
³⁸ las que no aparecen identificadas con un número las denotaremos utilizando el número del capítulo más una letra mayúscula

<p>F. 14.4, 576</p>	 <p>FIGURA 14.4 El equilibrio entre el cis-buteno y trans-buteno. Observe que ambas moléculas tienen la misma fórmula molecular (C₄H₈) y también el mismo tipo de enlaces. Sin embargo, en el cis-buteno, los átomos de hidrógeno se encuentran en un lado del enlace C=C y los átomos de H en el otro lado, mientras que en el trans-buteno, los átomos de hidrógeno y los átomos de H se encuentran opuestos en el enlace C=C. Estas moléculas tienen diferentes puntos de ebullición y momentos dipolo.</p>	<p>Diagrama</p>	<p>Diagrama</p>	<p>Micro Proceso</p>	<p>Simbólica Lingüística/ Matemática</p>	<p>Diagrama microscópico Simbólica (Lingüística/ Matemática)</p>	<p>Fórmulas y ecuación 8</p>
<p>F. 14.5, 580</p>	 <p>FIGURA 14.5 Efecto del cambio de concentración sobre la posición del equilibrio. Se disolvió ácido de FeCl₃. El color de la disolución se debe tanto a la especie FeCl₃ como al ion Fe³⁺ en solución. Después de agregar agua de FeCl₃ a la disolución en el equilibrio se desplaza hacia la izquierda. Después de añadir agua de H₂O, la disolución en el equilibrio se desplaza hacia la derecha. El color amarillo se debe a los iones de FeCl₃. (Verse pág. 581)</p>	<p>Fotografía</p>	<p>Ilustración-Fotografía</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Análogica Simbólica señal</p>	<p>Fotografía Macroscópica Naturalista análogica Proceso</p>	<p>Fórmulas 9</p>
<p>F. 14.6, 581</p>	 <p>FIGURA 14.6 Cambios en la concentración de H₂, N₂ y NH₃ después de añadir NH₃ a la mezcla en equilibrio.</p>	<p>Gráfico Cartesiano 2 dimensiones</p>	<p>Gráfico(eje de coordenadas) Abstracto Modelo matemático sin escalas</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica Abstracto</p>	<p>Gráfico cartesiano Simbólico Abstracto Macroscópico Proceso</p>	<p>Fórmulas 5</p>
<p>F. 14.7, 583</p>	 <p>FIGURA 14.7 El equilibrio se mueve en cualquier dirección cuando se cambia la concentración de una especie. Después de añadir agua de FeCl₃ a la disolución en el equilibrio se desplaza hacia la izquierda. Después de añadir agua de H₂O, la disolución en el equilibrio se desplaza hacia la derecha. El color amarillo se debe a los iones de FeCl₃. (Verse pág. 581)</p>	<p>Fotografía</p>	<p>Ilustración-Fotografía</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Análogica Simbólica señal</p>	<p>Fotografía Macro Naturalista análogica Proceso</p>	<p>Fórmulas 9</p>
<p>F. 14.8, 584</p>	 <p>FIGURA 14.8 (Equilibrio) el equilibrio se mueve en cualquier dirección cuando se cambia la concentración de una especie. Después de añadir agua de FeCl₃ a la disolución en el equilibrio se desplaza hacia la izquierda. Después de añadir agua de H₂O, la disolución en el equilibrio se desplaza hacia la derecha. El color amarillo se debe a los iones de FeCl₃. (Verse pág. 581)</p>	<p>Fotografía</p>	<p>Ilustración-Fotografía</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Análogica Simbólica señal</p>	<p>Fotografía Macroscópica Naturalista análogica Proceso</p>	<p>Fórmulas 9</p>
<p>F. 14.C, 585</p>		<p>Gráfico Cartesiano 2 dimensiones</p>	<p>Gráfico(eje de coordenadas) concreto Modelo matemático con escalas con unidades</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica Abstracto</p>	<p>Gráfico cartesiano Simbólico Concreto Macroscópico Proceso</p>	<p>Fórmulas 4</p>
<p>F. 14.D, 586</p>		<p>Gráfico Cartesiano 2 dimensiones</p>	<p>Gráfico(eje de coordenadas) concreto Modelo matemático con escalas con unidades</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica Abstracto</p>	<p>Gráfico cartesiano Simbólico Concreto Macroscópico Proceso</p>	<p>Fórmulas 4</p>

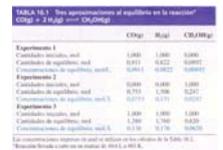
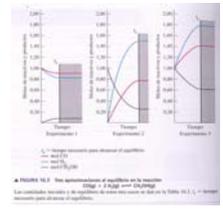
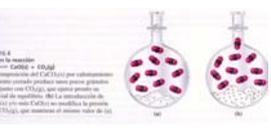
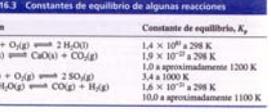
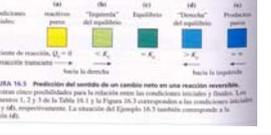
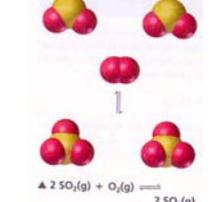
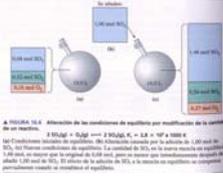
F. 14.E, 586		Diagrama conceptual	diagrama	Proceso	Simbólica	Diagrama Simbólica Lingüística- Matemática proceso	Fórmulas 3
F. 14.F, 587		Fotografía	Ilustración	Macroscópico	Señal	Fotografía Macroscópica Naturalista analógica	No, 1

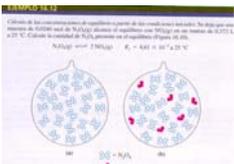
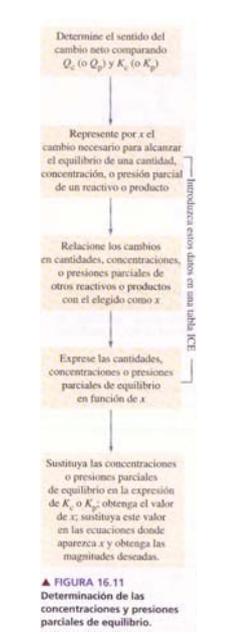
REPRESENTACIONES PICTÓRICAS

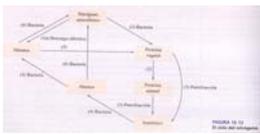
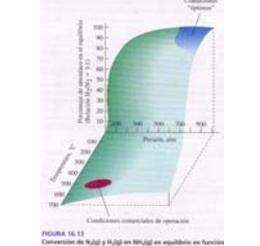
Representaciones Pictóricas en el texto Química General, Cap. 16 , Petrucci y col., 2003

Figura ³⁹ /Tabla pag		Clasificación					
		Descriptiva	Comprensión	Modelos Química	Naturaleza de la represent.	Tipo Nivel signo	Símbolos Lingüístico Matemático
F. 16.A, 626		Fotografía	Ilustración	Macroscópico	Señal	Fotografía Macroscópica Naturalista analógica	No, 1
F. 16.1, 627		Fotografía	Ilustración	Macroscópico	Señal	Fotografía Macroscópica Naturalista analógica	Fórmulas 13(9-1)
F. 16.2, 628		Dibujo-Diagrama	Croquis diagrama	Macro micro Proceso	Simbólica Analógica	Combinación Croquis Macroscópica Icónica Simbólica (analógica) y Diagrama microscópico Simbólica (analógica)	Fórmulas 13(10-11)

³⁹ las que no aparecen identificadas con un número las denotaremos utilizando el número del capítulo más una letra mayúscula

T. 16.1, 629		Tabla Datos experimentales	Gráfico (tabla)	Macro Proceso	Simbólica	Tabla Simbólica lingüística Matemática Macroscópico Proceso	Fórmulas y ecuación 6
F. 16.3, 630		Gráfico Cartesiano 2 dimensiones	Gráfico(eje de coordenadas) Concreto Modelo matemático con escalas con unidades	Macro Proceso	Simbólica concreto	Gráfico cartesiano Simbólico Concreto Macroscópico Proceso	Fórmulas y ecuación 4
T.16.2, 630		Tabla Datos (operaciones matemáticas)	Gráfico (tabla)	Macro Proceso	Simbólica	Tabla Simbólica Macroscópico lingüística Matemática Proceso	Fórmulas 6
F. 16.4, 637		Dibujo- Diagrama	Croquis- diagrama	Macro Micro Proceso	Simbólica Analogía	Combinación Croquis Macroscópica icónica y Diagrama microscópico Simbólica (análogo)	Fórmulas y ecuación 13(2-7)
T.16.3, 638		Tabla Datos (valores Kp) Diferentes reacciones a una temperatura dada	Gráfico (tabla)	Macro Proceso	Simbólica	Tabla Simbólica Macroscópica Microscópica lingüística Matemática Proceso	Fórmulas y ecuación 6
F. 16.5, 640		Diagrama conceptual	Diagrama Abstracto	Proceso	Simbólica	Diagrama Simbólica Lingüística- Matemática proceso	No 3
F. 16.B, 642		Diagrama	Diagrama Concreto (Estructura)	Micro proceso	Simbólica analogía	Diagrama Simbólica (analogía) Micro Proceso	Fórmulas y ecuación Lingüística Matemática Estructura (ballstick) 11
F. 16.6, 642		Dibujo- Diagrama	Croquis- diagrama	Macro Proceso	Simbólica analogía	Combinación croquis Icónica (Analogía) macro Diagrama Simbólica Abstracto Macroscópica	Fórmulas y ecuación 13(9-11)

<p>F. 16.7, 644</p>	 <p>▲ FIGURA 16.7 Efecto de la modificación de la presión sobre el equilibrio para la reacción $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$. La compresión de la presión favorece al producto y el aumento de la presión de reacción o el aumento de la presión "hacia la derecha" favorece al producto. En el equilibrio (E) en un cilindro de los gases.</p>	<p>Dibujo-Diagrama</p>	<p>Croquis-diagrama</p>	<p>Macro Proceso</p>	<p>Simbólica analógica</p>	<p>Combinación croquis Icónica (Analógica) macro Diagrama Simbólica Abstracto Macroscópica</p>	<p>Fórmulas y ecuación 13(9-11)</p>
<p>F. 16.C, 647</p>	 <p>▲ El ácido sulfúrico se produce a partir de SO_2, $SO_2(g) + H_2O(l) \rightleftharpoons H_2SO_4(l)$. En la producción comercial se utiliza el catalizador V_2O_5 para favorecer la formación de SO_3 en SO_2.</p>	<p>Fotografía</p>	<p>Ilustración-Fotografía</p>	<p>Macro proceso</p>	<p>Señal Analógica</p>	<p>Fotografía Macroscópica Naturalista analógica</p>	<p>Fórmulas y ecuación 1</p>
<p>F. 16.8, 647</p>	 <p>▲ FIGURA 16.8 El equilibrio $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$. En un recipiente que tiene un mol de N_2O_4 como único gas se equilibra con el colorido y transparente producto o gas NO_2, también colorido pero oscuro. Al cambiar la temperatura cambia el equilibrio de N_2O_4 con NO_2 y se observa la formación de NO_2 con el equilibrio cuando se calienta a la izquierda y se enfría. La perturbación de $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ que tiene un color oscuro.</p>	<p>Fotografía</p>	<p>Ilustración-Fotografía</p>	<p>Macroscópi co Proceso</p>	<p>Señal Analógica</p>	<p>Fotografía Macroscópica Naturalista analógica</p>	<p>Fórmulas y ecuación 9</p>
<p>F. 16.9, 650</p>	 <p>▲ FIGURA 16.9 Determinación de K_c, K_p a partir de datos experimentales.</p>	<p>Diagrama conceptual</p>	<p>Diagrama procedimiento</p>		<p>Simbólica</p>	<p>Diagrama Simbólico Lingüístico/m atemático Proceso</p>	<p>No es necesario 3</p>
<p>F. 16.10, 651</p>	 <p>▲ FIGURA 16.10 Equilibrio en la reacción $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ a 25 °C. Determinación del Equilibrio 16.10 Cada mol de N_2 "reacciona" formando aproximadamente 0.05 mol de NH_3 cuando la presión de equilibrio es de 100 atm. En el equilibrio el equilibrio $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ a 25 °C. "Reacciona" de $N_2(g)$ de 100 atm, convirtiéndose a 0.05 mol de NH_3 y 0.15 mol de H_2 en equilibrio.</p>	<p>Dibujo-diagrama</p>	<p>Croquis-diagrama</p>	<p>Macro micro Proceso</p>	<p>Simbólica Analógica</p>	<p>Combinación croquis Icónica (Analógica) macro Diagrama Simbólica Abstracto Microscópica</p>	<p>Fórmulas y ecuación 13(2-7)</p>
<p>F.16.11, 652</p>	 <p>▲ FIGURA 16.11 Determinación de las concentraciones y presiones parciales de equilibrio.</p>	<p>Diagrama Conceptual</p>	<p>Diagrama procedimiento</p>		<p>Simbólica</p>	<p>Diagrama Simbólica Lingüística-Matemática Proceso</p>	<p>No necesario es 3</p>

F.16.12, 654		Diagrama conceptual	Diagrama		Simbólica	Diagrama Simbólica Lingüística- Matemática Proceso	No 3
F.16.D. 654	 A. Utilización del amoníaco líquido como fertilizante por inyección directa en el terreno.	Fotografía	Ilustración (fotografía)	Macro	Señal Analógica	Fotografía Macroscópica Naturalista analógica Proceso	No 1
F.16.E, 655	 A. En las tormentas eléctricas se combinan $N_2(g)$ y $O_2(g)$ produciéndose pequeñas cantidades de $NO(g)$ según una reacción química reversible.	Fotografía	Ilustración (fotografía)	Macro proceso	Señal Analógica	Fotografía Macroscópica Naturalista analógica proceso	Fórmulas 1
F.16.13, 655	 FIGURA 16.13 Conversión de $N_2(g)$ y $H_2(g)$ en $NH_3(g)$ en equilibrio en función de la temperatura y la presión.	Gráfico cartesiano (3 ejes de coordenadas) Concreto Modelo matemático	Gráfico (3 ejes de coordenadas)	Macro proceso	Simbólica (concreto)	Gráfico ejes coordenadas Simbólico Concreto Macroscópico Proceso	Fórmulas 4