

Los diagramas de estructura, signos en el discurso de la química

Structure Diagrams, Signs in Speech of Chemistry

Giovanna Lombardi L y Concesa Caballero***

*Universidad Central de Venezuela, **Universidad de Burgos

giovanna.lombardi@ciens.ucv.ve

RESUMEN

A manera de investigación exploratoria se presenta el análisis de contenido de las respuestas a una pregunta en la que la información se presenta en forma de diagramas de estructura (DE). Los DE son un tipo de representación pictórica que promueven la recuperación de información a nivel submicroscópico. El análisis de las respuestas se realiza utilizando la técnica del análisis de contenido, las categorías de análisis se construyen de manera de identificar el discurso que los estudiantes utilizan de manera preferencial. Los resultados preliminares indican que: a) predomina un discurso descriptivo (fenomenológico), b) la mayoría de los estudiantes hace referencia al sistema con poco formalismo tanto matemático como químico y c) débil manejo del nivel submicroscópico para describir el sistema.

Palabras clave: diagramas de estructura, lectura representación pictórica,

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje académico depende en gran parte de la habilidad de los estudiantes para realizar la lectura de textos expositivos dentro de campos disciplinares específicos; estos textos cumplen el papel de mediadores en el proceso de aprendizaje. La importancia de desarrollar esta habilidad se hace más clara si se considera la ciencia como un discurso mediado por el lenguaje.

En su construcción se usan representaciones externas en las que se combinan representaciones de tipo lingüísticas (REL) y de tipo pictóricas (REP). Sin embargo, en el ámbito escolar, se presta poca atención al proceso de lectura de REP, toda vez que se asume que ellas “hablan por sí solas”, creencia que encuentra explicación cuando se afirma que “una imagen dice más que mil palabras”.

Cada vez con más frecuencia se reconoce que apropiarse del discurso disciplinar exige poder leer y hablar, es decir comunicarse de manera fluida, mediante esos sistemas de representaciones, por lo que los investigadores se interesan, cada vez más, en el tema del lenguaje como problema de enseñanza-aprendizaje.

En este trabajo, parte inicial de un proyecto en desarrollo, nos proponemos caracterizar el proceso de lectura de un tipo particular de REP: los diagramas de estructura (DE), que son un tipo de

representación muy utilizadas en Química. Se busca acopiar información que nos permita describir el proceso de lectura de este tipo de REP de manera de diseñar un programa dirigido a producir alfabetización científica en los términos definidos por Lemke (1994): ***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.***

MARCO REFERENCIAL

Si se considera la ciencia como “*un discurso sobre la materialidad del mundo*” (Lemke, 1998b, p. 2), desde la perspectiva pedagógica es importante estudiar el lenguaje con el que se construye el discurso disciplinar, en particular el lenguaje de la Química (LQ). El lenguaje químico es un tipo de lenguaje con características tales que permite “hablar” sobre la materia y sus transformaciones en tres niveles diferentes: macroscópico, submicroscópico y simbólico; para lograrlo se combina representaciones lingüísticas con diferentes tipos de representaciones pictóricas. El estudio de estos sistemas de representaciones puede ser abordado desde la semiótica.

La semiótica se entiende como “*la ciencia general de los signos lingüísticos*” (Perales, 2006, p.15), es una ciencia que estudia los diferentes sistemas de representación y los procesos por medio de los cuales se atribuyen significados a partir de la lectura de las representaciones externas (signos) con las que se construye el discurso.

Al utilizar este campo de conocimiento resulta clave el concepto de signo que asumimos equivalente al de representación como se argumenta a continuación:

Una **Representación Externa** es cualquier notación, signo o conjunto de símbolos que representan -vuelve a presentar- algún aspecto del mundo externo o de nuestra imaginación en ausencia de ella (Eysenk y Keane, 1990).

Los **Signos** son trazos materiales que remiten al lector a algo diferente del signo: este “algo” es el referente -o contenido- del signo (Roth, 2002).

Ambas definiciones tienen tres elementos en común lo que, en nuestra opinión, los hace equivalentes. Estos elementos son: a) una “cosa” o “idea” sobre la que se quiere hablar; b) un signo que representa esta “cosa” o “idea” y c) la capacidad del signo de sustituir, aunque de manera incompleta, a la “cosa” o “idea” en su ausencia.

Para que el signo pueda mediar en el proceso de producción de significados aceptados es preciso considerar dos factores asociados al lector: conocimiento de los contenidos y reglas y la habilidad para realizar el proceso de establecer relación signo-referente y signo-interpretante (signos sinónimos) para así atribuir significados. En general, en los ambientes académicos las reglas dependen de los marcos conceptuales de allí la gran influencia de los contenidos.

El proceso de sustitución resulta de asumir un conjunto de las convenciones, reglas, acordadas en las diferentes comunidades discursivas, lo que hace que este proceso sea guiado por factores culturales. Sin embargo, los significados sólo se producen cuando el lector es capaz de realizar un proceso interno que le permita construir una representación mental coherente con los modelos conceptuales; este proceso es guiado por los conocimientos y habilidades del lector para realizar el proceso cognitivo.

Esto permite afirmar que leer para aprender exige estar familiarizado con: el **signo**, con el **fenómeno**, con la **transformación** que permite relacionar un **signo** particular con el **fenómeno** y con las **convenciones** culturalmente aceptadas (paradigmas). De acuerdo con Roth (2002) el proceso de lectura tiene como requisito que el lector tenga:

- a) Dominio experiencial en el área de contenido en la que se inscribe el gráfico. Este dominio permite conectar el signo con los fenómenos o experimentos.
- b) Dominio expresivo del sistema representacional utilizado (lingüístico y pictórico).

Esto tiene como prerrequisito conocer los sistemas de signos y los sistemas de reglas que permite realizar traslaciones entre el dominio experiencial y el dominio expresivo.

Representaciones Externas Lingüísticas y Pictóricas

Las REL son representaciones atómicas que dependen de las palabras u otras anotaciones escritas y 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.

Las REP son representaciones molares que aportan información con un sentido de conjunto. Utiliza signos icónicos los cuales permiten inferir información relacional que debe ser extraída a partir de características estructurales que permiten relacionar la representación con el contenido. Ejemplo de estas características son: las distribuciones espaciales, formas, colores, intensidades.

A manera de muestra: a) *El oxígeno es un elemento, porque está formado por dos átomos de igual número atómico*, sería una REL; b) El diagrama de la molécula de hexafluoruro de azufre,



, es una REP

Hay diferentes tipos de representaciones pictóricas como por ejemplo las fotografías, los dibujos, los diagramas, los mapas, los gráficos, las tablas, las ecuaciones. En este trabajo nos referiremos a un tipo particular de REP: los diagramas de estructura.

Los Diagramas de Estructura (DE)

De acuerdo con Postigo y Pozo (1999) los Diagramas son un tipo de representación pictórica cuyo propósito es mostrar contenidos conceptuales. De manera general pueden ser clasificados como diagramas los cuadros sinópticos, los mapas conceptuales, los diagramas de flujo. No obstante, se tiene un tipo particular de diagrama de gran interés en el campo de la Química: **los diagramas de estructura (DE)**.

Los DE son REP que muestran la estructura de la materia, haciendo uso de íconos de figuras geométricas. Las más empleadas son las esferas de diferentes tamaños y colores. El uso de estos signos permite construir unas representaciones que aportan una información equivalente a la que se aporta al utilizar símbolos químicos.

Los DE guardan una relación de analogía con los modelos conceptuales, en el caso particular de las reacciones químicas y estequiometría, el sistema de reglas está asociado a la teoría atómica de Dalton que permite un primer nivel de representación de los conceptos involucrados.

La construcción de los diferentes tipos de DE emplea recursos semióticos de naturaleza diferente dependiendo de si se quieren representar átomos, moléculas, enlaces, disposición de átomos en el espacio, movimiento de los átomos y/o moléculas, sistemas cerrados y/o abiertos, transcurso de un proceso a través del tiempo. Un ejemplo de este tipo de REP lo tenemos en la Figura 1 que se muestra a continuación:

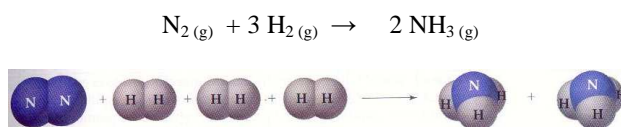
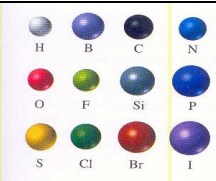
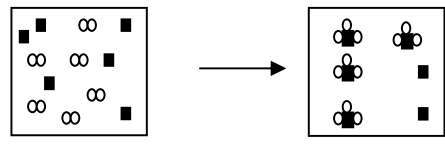


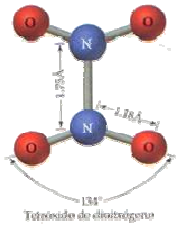
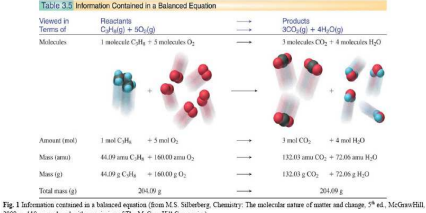
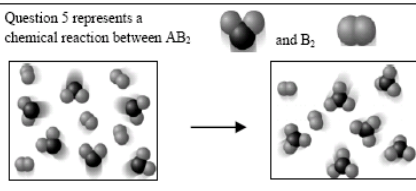

Figura 1: Síntesis de amoníaco. Representación simbólica y pictórica

Es preciso recordar que las representaciones siempre son un recorte o simplificación de la realidad por lo que no es posible disponer de una REP “ideal”. El tipo de REP más útil es la que de manera más simple sea capaz de transmitir la información necesaria para cumplir con el propósito previsto. Cada tipo de REP permite transmitir un tipo particular de información (descripción, relaciones entre variables...) por lo que la selección de la REP más adecuada dependerá de lo que el “hablante” quiera informar.

La construcción de los Diagramas de Estructura

Para construir este tipo de DE se recurre al uso de signos como puntos, líneas, sombras, colores sobre una superficie plana; se aprovechan propiedades de los signos como tamaño, forma y densidad para construir la representación; complementa la construcción de la REP con el uso de etiquetas, escalas, unidades, entre otros. Reafirmamos que estos recursos deben permitir representar los modelos conceptuales. A continuación se describe el uso de estos recursos semióticos.

Entidad que se representa	Representación	Principios Involucrados	Recursos Semióticos
Átomos		Todos los átomos de un elemento dado son idénticos; los átomos de elementos diferentes son diferentes y tienen propiedades distintas (incluida la masa)	Esferas de diferentes tamaños y colores
Moléculas Como unidades simples	$2 \text{S} + 3 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{SO}_3$ 	Cuando se combinan átomos de más de un elemento se forman compuestos ; un compuesto dado siempre tiene el mismo número relativo de la misma clase de átomos	Representa átomos Azufre por medio de cuadrados, y moléculas de oxígeno por medio de esferas. No se usan líneas para representar los enlaces. Para la representación de la molécula de SO ₃ se combinan las esferas y cuadrados

<p>Moléculas como unidades complejas</p>		<p>Cuando se combinan átomos de más de un elemento se forman compuestos ; un compuesto dado siempre tiene el mismo número relativo de la misma clase de átomos</p>	<p>Representa una molécula de N_2O_4 por medio de Esferas de diferentes colores: rojo representa el oxígeno, azul el nitrógeno. Las líneas representan los enlaces y la disposición espacial indica el ordenamiento espacial de estos átomos</p>
<p>Reacciones balanceadas</p>		<p>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</p>	<p>Igual que las anteriores</p>
<p>Reacciones incompletas</p>		<p>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</p>	<p>Igual que las anteriores, las líneas cerradas que forman un cuadrado alrededor de las partículas, delimitan el espacio (recipiente) en que se produce el cambio determinando que se trata de un sistema cerrado</p>
<p>Movimiento de las partículas</p>		<p>Las moléculas se encuentran en constante movimiento</p>	<p>Se utilizan líneas y/o sombras alrededor de las moléculas o átomos para indicar movimiento</p>

Los DE se han utilizado para evaluar comprensión conceptual (Nuremberg y Pickering, 1987), en particular sobre ecuaciones químicas y estequiometría, razonamientos que implican generar representaciones internas en el nivel submicroscópico; entendiendo que la comprensión de los DE deberían contribuir a cambiar la percepción que tienen los estudiantes sobre lo que significa el balanceo de una ecuación química, tarea que para la mayoría de los estudiantes constituye un ejercicio estrictamente algorítmico (Nakhleh, 1992). Para este autor los estudiantes están en capacidad de balancear las ecuaciones químicas, pero el 50 % de ellos no pueden dibujar un diagrama molecular que explique la reacción en términos submicroscópicos. Sin embargo, Davidowitz, Chittleborough y Murray (2010) encuentran que en general los estudiantes pueden balancear una ecuación siempre que se proporcione las fórmulas de los reactantes y productos, tarea que se les hace más difícil cuando deben resolver a partir de la comprensión de representaciones submicroscópicas.

Al ser los DE unas representaciones pictóricas que constituyen análogos a un modelo conceptual, y en particular un modelo que implica la existencia de partículas que no se pueden percibir, son más abstractas y complejas, por tanto, la demanda cognitiva es mayor al realizar el proceso de atribución de significados, de allí la dificultad para extraer significados, lo que en lo pedagógico se traduce en la necesidad de alfabetización. Entendida la alfabetización como 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 (Lemke, 1998, p.247).

Nos proponemos explorar el desempeño de los estudiantes frente a la tarea de leer DE con el propósito de extraer información a ser utilizada en la resolución de problemas de lápiz y papel.

METODOLOGÍA

Se realiza una investigación exploratoria, con el propósito de definir un conjunto de categorías que permita describir el proceso de lectura de diagramas de estructura.

Trabajamos con un grupo de 13 estudiantes inscritos en el Programa de Admisión Integral “Samuel Robinson” (PAISR) cohorte 2010, son estudiantes aspirantes a ingresar a carreras del área de ciencia y tecnología (arquitectura, computación e ingeniería) en la Universidad Central de Venezuela y que no han ingresado a través de ninguno de los mecanismos de admisión de la universidad.

El PAISR, constituye una propuesta “*que persigue mejorar la calidad y la equidad en el ingreso a la educación superior,...*” (Secretaría UCV, 2003; p. 23) y se propone alcanzar, entre otros, el siguiente **objetivo** para el programa (Secretaría UCV, 2003; p.24):

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 plan de formación se concreta en tres fases cada una con 10 semanas de duración y es requisito para ingresar aprobar todas las fases sin pueda repetir. Este diseño se muestra a continuación.

Fase I	Fase II	Fase III
Pensamiento Estratégico I	Pensamiento Estratégico II	Pensamiento Estratégico III
Pensamiento Matemático	Matemática I	Matemática II
Decisión Vocacional I	Química I	Química II
Introducción a los Procesos de	Física I	Física II
Lectura y escritura	Decisión Vocacional II	Decisión Vocacional III
Abordaje de lo Social	Proceso Socio-Histórico Venezolano	Proceso Socio-Histórico Venezolano
Gestión de la Información	Comprensión y producción textual	Producción Escrita en Contextos
Cultura Universitaria		Académicos
		Formación Ciudadana

Los datos se recogen a partir de las respuestas a una pregunta (anexo 1) de lápiz y papel cuyo enunciado presenta la información como DE. La pregunta se propone como actividad en la semana 26 del programa.

Se analizan las respuestas utilizando la técnica de análisis de contenido, técnica que permite estudiar y analizar una comunicación (oral o escrita) de una manera sistemática al tiempo que permite hacer inferencias válidas y confiables de datos respecto a su contexto (Hernandez, Fernández y Baptista, 1998). El investigador selecciona las unidades de análisis y las categorías de análisis. Las **unidades** de análisis (UA) son segmentos del contenido de los mensajes que son

estudiados; en este trabajo seleccionaremos como UA las respuestas a las preguntas planteadas a los estudiantes. Las **categorías** (C) son los niveles con que serán caracterizadas las UA.

Para construir las categorías utilizamos 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 (Martinand, 1995; cita en Ganaras y col., 2008). La pregunta propuesta a los estudiantes facilita explorar el primer componente.

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 fenomenológico* asociado a la habilidad para describir objetos y fenómenos que permite comunicar información sobre ellos, lo que exige relacionarlos experimentos con la teoría; y un *componente fenomenográfico* que permite la descripción del referente en términos de nuevos conceptos. En este trabajo nos interesa explorar el desempeño frente a los dos últimos.

Se examinan las respuestas a las preguntas que aportan los estudiantes con el objeto de determinar las características del discurso que construyen.

En el examen Fenomenológico se indaga sobre:

- a) Reconocimiento de sistema gaseoso
- b) Identificación características de dos recipientes de igual volumen a igual temperatura que en el estado inicial están separados
- c) Reconocer que se produce reacción porque las moléculas de A_2 y B_2 deben entrar en contacto por lo que debe abrirse la llave
- d) Al conectar ambos recipientes el volumen que ocupan los gases es el doble
- e) Si se asume que se dispone de un sistema cerrado, por lo que la masa se conserva
- f) Se definen las variables masa, volumen y temperatura y su variación al cambiar el sistema del estado inicial al final.

En el examen Fenomenográfico se revisa si:

- a) Se establece relación entre las sustancias y su clasificación (elementos, compuestos, sustancias puras y mezclas)
- b) Se asocia el cambio que ocurre con una reacción química incompleta
- c) Se explica el cambio en términos submicroscópicos, en particular el concepto de reacción química como rearrreglo de átomos.

Examen de uso de lenguaje formal

- a) Representación simbólica de la reacción.
- b) Referencia a nivel submicroscópico
- c) Formalización de conservación de la masa en términos de conservación de partículas para un sistema cerrado
- d) Asociación explícita de los íconos con átomos

Se registran los resultados en términos de % de estudiantes (N=13) que muestran la respuesta y se registran extractos de la respuesta

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación los resultados correspondientes al componente fenomenológico, fenomenográfico y formal (Tablas 1, 2 y 3 respectivamente)

Tabla 1: Análisis Contenido Componente Fenomenológico

CATEGORÍA ASOCIADA ESTADO INICIAL	% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13)	EXTRACTOS
Dos recipientes de igual volumen, Volumen inicial= V_1 , Separados	(0%,0%) (0%,0%) (46%, 46%)	E2 “Dos recipientes conectados por una tubería cerrada por una llave de paso” E3 “En el estado inicial dos recipientes...conectados uno al otro pero no hay interacción en las partículas debido a que la conexión se encuentra frenada...”
Recipientes conectados por una llave paso	(46%, 46%)	E10 “Veo que dos recipientes están unidos pero cerrados de modo que no existe interacción de un gas en un recipiente con el otro gas del otro recipiente”
A igual temperatura, igual a la temperatura ambiente $T= 19^{\circ}\text{C}$,	(54%, 46%) (23%, 23%) (23%, 23%)	E2 “Temperatura ambiente, 19°C ” E4 “Se habla de temperatura ambiente, y al no aumentar ni disminuir”
Ambos sistemas están cerrados	(0%, 0%)	
No se produce intercambio de masa con el exterior	(0%,0%)	
En cada recipiente se tienen gases diferentes	(31%, 31%)	E12 “Teniendo dos recipientes cada uno con moléculas de sustancias distintas y al aplicarle a ambos energía y conectar ambos recipientes, en cada recipiente
En uno A_2 y en el otro B_2	(8%, 8%).	E7 “ $4 A_2 + 3 B_2 \rightarrow 4 A_2B + B_2$ ”
CATEGORÍA ASOCIADA ESTADO FINAL		
Los recipientes se comunican, abriendo la llave, de manera que se puedan mezclar los gases	(46%, 46%)	E10 “Veo que dos recipientes están unidos pero cerrados de modo que no existe interacción de un gas en un recipiente con el otro gas del otro recipiente. Luego parece que esa obstrucción que había ya no existe permitiendo que se mezclen ambos gases” E9 “Se tomaron dos recipientes A y B unidos mediante un tubo cerrado con una llave, Luego se abre la llave permitiendo que las sustancias reaccionen entre si”
Como resultado de la mezcla se producen una reacción	(31%, 23%)	E1 “Los gases ocupan todo el volumen disponible por lo tanto el volumen no cambia” E10 “El primer recipiente tiene cierto volumen y es igual a la del segundo recipiente...Después el volumen del recipiente es la suma de ambos recipientes del principio.
Los gases ahora ocuparan el volumen de ambos recipientes Volumen final= $2V_1$	(31%, 8%), (0%, 0%)	
La temperatura del sistema no varía	(62%, 54%)	E7 “...la temperatura sigue igual” E13 “...a la misma temperatura ambiente de 19°C ”
En el volumen final se tiene A_2B y B_2	(46%,23%)	E7 “ $4 A_2 + 3 B_2 \rightarrow 4 A_2B + B_2$ ” E7 “En el estado inicial hay 2 sustancias puras distintas” E9 “...a permitir la entrada de la nueva sustancia se produce un cambio químico al reaccionar los elementos formando un nuevo compuesto”
Al mezclarse los gases reaccionan Formando como producto BA_2	(31%, 15%) (8%,0%)	E8 “En mi opinión considero que unieron los dos gases a una misma temperatura y formaron la reacción E7 “ $4 A_2 + 3 B_2 \rightarrow 4 A_2B + B_2$ ” E9 “...a permitir la entrada de la nueva sustancia se produce un cambio químico al reaccionar los elementos formando un nuevo compuesto”
Queda en exceso B_2	(23%, 23%)	E7 “ $4 A_2 + 3 B_2 \rightarrow 4 A_2B + B_2$ ” E4 “ $H_2 + C_2 \rightarrow CH_2$ ” E10 “Recip 1 Recip 2 $2 H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2 + H_2O$ $4 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2 + H_2O$ ”

Tabla 2: Análisis de Contenido Componente Fenomenográfico

CATEGORÍA ASOCIADA ESTADO INICIAL	% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13)	EXTRACTOS
Expresión del cambio por medio de una ecuación química	(23%, 0%)	E7 $4 A_2 + 3 B_2 \rightarrow 4 A_2B + B_2$ E4 $H_2 + C_2 \rightarrow CH_2$ E10 "Recip 1 Recip 2 $2 H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2 + H_2O$ $4 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2 + H_2O$ "
Expresión del cambio como reacción incompleta	(0%, 0%)	
Hay un reactante límite	(31%, 15%)	E2 "porque A es un reactivo limitante" E3 "Se combinan 8 moléculas de hidrógeno con 6 moléculas de carbono dando como resultado 4 moléculas de CH ₂ y dos de carbono que no reaccionaron" E10 "Al final se forma un compuesto junto a lo que sobró del reactivo no limitante"
Uso del concepto elemento para referirse a los reactivos	(38%, 38%)	E1 "Antes cambio sustancias puras...un solo elemento por cada recipiente"
Uso del concepto de compuesto para referirse al producto	(31%, 23%)	E3 "En el estado final se cede el paso a las partículas de ambos lados los cuales interactúan entre si y forman nuevos compuestos" E4 "... y después del cambio existe un compuesto y aun queda una molécula de C sin reaccionar"
Uso del concepto de mezcla para referirse a las sustancias en el estado final	(15%, 0%)	E7 "En el estado final hay una sustancia pura 4 mezclas"
Uso del concepto de sustancia pura para referirse a los reactivos en el estado inicial	(46%, 31%)	E1 "Antes cambio sustancias puras...un solo elemento por cada recipiente" E7 "En el estado inicial hay 2 sustancias puras distintas"

Tabla 3: Análisis componente Formal

CATEGORÍA ASOCIADA ESTADO INICIAL	% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13)	EXTRACTOS
Escritura de reacción química	(0%, 0%)	
Referencia a nivel submicroscópico	(77%, 54%)	E14 "Se presenta la misma cantidad de moléculas en el estado inicial y en el estado final de los gases" E13 "Se cumple la LCM porque los mismos átomos que estaban al principio (estado inicial) se encuentran en el estado final ya que los átomos ni se crean ni se destruyen" E7 "Se obtiene al final la misma cantidad de átomos que en el comienzo". E10 "Si sumamos el número de moléculas al principio, es el mismo que el número de moléculas que hay al final" E9 "...la cantidad de átomos al inicio es la misma que al final y en la representación se observa claramente"
Formalización de conservación de la masa en términos de conservación de partículas para un sistema cerrado	(15%, 15%)	E6 "...la masa antes del cambio debe ser igual a la masa después del cambio según la LCM" E13 "Se cumple la LCM porque los mismos átomos que estaban al principio (estado inicial) se encuentran en el estado final ya que los átomos ni se crean ni se destruyen"
Relación de los íconos con átomos	(38%, 15%)	E1 "inicial hay 6 pelotas negras y 8 blancas en el final también ... pero distribuidas de forma diferente" E5 "Círculos blancos →sustancia pura... Círculos negros →compuesto"

Estos resultados, muy preliminares, y no generalizables, indican que al usar información que se presenta por medio de DE los estudiantes (aproximadamente el 50 %) logran construir un discurso fenomenológico que les permite describir el estado inicial como dos recipientes separados por una llave que luego se abre; sin embargo no logran utilizar los recursos semióticos (igual tamaño de los cuadrados que representan los recipientes) e inferir que los volúmenes son iguales, tampoco pueden expresar esta propiedad a través de símbolos matemáticos. Esta limitación se repite al hacer la descripción del volumen en el estado final, aunque algunos expresan que el volumen será el doble en el estado final (E10). En cuanto a la variable temperatura un mayor número de estudiantes reporta que no cambia (54% responde correctamente) posiblemente porque en el enunciado se reporta temperatura ambiente, lo que facilita la asociación fenómeno-signo.

Con más dificultad (23%) logran describir las sustancias que hay dentro de los recipientes antes y después de la reacción mientras que solo el 8% reconocen que los gases ocuparán los dos recipientes al finalizar la reacción.

De las respuestas también es posible observar que hay más dificultad para construir un discurso de tipo fenomenográfico, es decir construido a partir de conceptos. Por ejemplo, aunque el 15% logra reconocer que hay un reactante límite esto no conduce a clasificar la reacción como incompleta (0%).

También es posible observar las dificultades para representar con representaciones lingüístico-matemática (ecuaciones químicas) el cambio químico que describen; aunque el 23 % intenta escribir la reacción, al escribirla no siguen las reglas. Al escribir la ecuación observamos dos tipos de dificultades, por una parte la necesidad de concretar el cambio señalando como reactivos y productos sustancias conocidas y la incorporación del reactivo en exceso como parte de la reacción.

El 77% construye la respuesta utilizando los términos átomo o molécula y la mayoría hace uso de los términos en forma acertada.

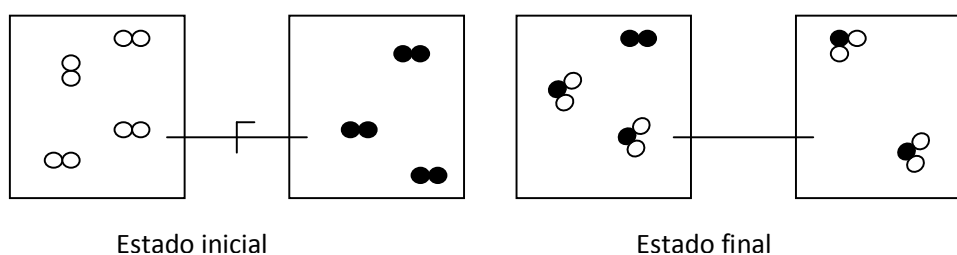
A manera de conclusiones los resultados preliminares indican que: a) predomina un discurso descriptivo con énfasis en lo fenomenológico, b) grandes dificultades para formalizar el discurso en términos de conceptos y de reglas por lo que la mayoría de los estudiantes hace referencia al sistema con poco formalismo tanto matemático como químico y c) débil manejo del nivel submicroscópico para describir el sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- DAVIDOWITZ, B.; CHITTLEBOROUGH, G. Y MURRAY, E. (2010). Student-generated submicro diagrams: a useful tool for teaching and learning chemical equations and stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 154-164.
- EYSENCK, M. y KEANE, M. (1990). *Cognitive Psychology a student's handbook*. Lawrence Erlbaum Associates Ltd., Publishers. 2da reimpression.
- 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.
- HERNANDEZ S., R.; FERNANDEZ, C. y BAPTISTA L., P. (1998). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. 2da. Edición.
- LEMKE, J. (1998). Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. *Linguistics and Education*, 10, 247-271.
- 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.
- NAKHLEH, M. (1992) Why some students don't learn chemistry, *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.
- NUREMBERG, S.C. y PICKERING, M. (1987) Concept Learning versus problem solving: Is there a difference? *Journal of Chemical Education*, 64, 508-510.
- 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)
- ROTH, W-M. (2002). Reading graphs: contributions to an integrative concept of literacy. *Journal of curriculum studies*, 34, 1-24.
- SECRETARÍA UCV. (2003). *Samuel Robinson: de proyecto a programa*. Aguilera, M.P. y Cruz, C. (Ed.). Venezuela.

ANEXO 1

La situación representada a continuación indica un proceso de cambio realizado en un laboratorio donde la temperatura ambiente es de 19 °C. Además todas las sustancias involucradas se encuentran en estado gaseoso.



- Describa con sus propias palabras el experimento que se realizó.
- Describa utilizando el lenguaje químico correspondiente, el cambio, que experimentó el sistema para pasar del estado inicial al estado final.
- Clasifique, basándose en el modelo atómico, las sustancias del estado inicial y del estado final,
- El cambio en las variables masa (m), volumen (V) y temperatura (T) en el estado inicial y el estado final
- Clasifique, como mezclas o sustancias puras, basándose en el modelo atómico, lo que tiene en cada recipiente antes y después del cambio.
- Explique por qué la representación utilizada no contradice la ley de la conservación de la masa.