

**EL DISCURSO MULTIMODAL DE LA QUÍMICA Y EL APRENDIZAJE  
SIGNIFICATIVO DE PROPOSICIONES<sup>1</sup>**  
(Multimodal discourse of chemistry and meaningful learning of propositions)

**Giovanna Lombardi L.** [giovanna.lombardi@ciens.ucv.ve]

Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela

**Concesa Caballero S.** [concesa@ubu.es]

Física Aplicada. Facultad de Ciencias

Universidad de Burgos, España

### 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 como una representación lingüística acompañada de diagramas esquemáticos (De). Los De son un tipo de representación pictórica que promueve la recuperación de información a nivel macroscópico y permite establecer una relación con un hecho experimental. Responder de manera correcta a la tarea planteada implica un aprendizaje de proposiciones en el que los diferentes signos deben combinarse de manera que el conjunto permite construir un significado compuesto que hace posible la descripción del referente utilizando nuevos conceptos. 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 las dificultades de los estudiantes para tener aprendizaje significativo tipo proposiciones pues no logran describir al referente en términos de conceptos sino que predomina un discurso descriptivo atendiendo a características superficiales del De lo que no les permite establecer conexiones claves con la teoría lo cual dificulta resolver con éxito las tareas propuestas.

**Palabras-clave:** diagramas esquemáticos; lectura; representación pictórica.

### Abstract

This is an exploratory study presenting the content analysis of chemistry students' replies to problem questions in which information is presented as a linguistic representation accompanied by schematic diagrams (De). De are a type of pictorial representation that promote the recovery of macroscopic information which can be related to an experimental fact. Replying correctly to the question requires the student to learn propositions in which different signs must be combined to construct a complex meaning that allows the referent to be described using new concepts. The replies were subjected to content analysis. Analytic categories were created in order to identify the students' preferred discourse. The preliminary results indicate the students' found it difficult to acquire meaningful propositional learning since they did not manage to describe the referent in conceptual terms, and what predominates in their discourse is descriptions of the De's superficial characteristics. This does not allow them to make key connections with theory and thus makes it difficult for them to solve the problems.

**Keywords:** schematic diagrams; reading; pictorial representation.

### Introducción

El poder “leer” o “construir” representaciones externas es una habilidad requerida para aprender a aprender, en particular en campos de conocimientos disciplinares como es el caso de Química. En estas disciplinas se suele construir el discurso utilizando sistemas de representaciones

---

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no IV Encontro Ibero-americano de Pesquisa em Ensino de Ciências, Porto Alegre, Brasil, 3 a 7 de dezembro de 2012. Selecionado para publicação na IENCI pelo Comitê Editorial da revista.

en las que se integran diferentes modos dentro del mismo texto para representar ideas científicas, razonamientos y conclusiones; estas representaciones se denominan “Representación Multimodal”, RM. Suele diferenciarse las RM de un tipo denominado “representaciones múltiples”, Rm, en la que se utiliza diferentes formatos, como las fotografías, tablas, gráficos, para presentar un concepto (Prain y Waldrip, 2008, p.6). Cada formato nos permite acceder a un tipo particular de información de naturaleza diferente.

La habilidad de los estudiantes para comprender el comportamiento de los gases está relacionada con la habilidad que tengan para leer e interpretar los diferentes tipos de Rm y RM empleados para comunicar este comportamiento, es decir, se puede establecer una relación entre aprendizaje y competencia representacional. Madden, Jones y Rahm (2011) informan que no se han realizado investigaciones que establezcan una relación entre comprender y/o resolver problemas de gases ideales y las competencias representacionales del aprendiz. En este trabajo nos proponemos caracterizar el proceso de lectura de un diagrama esquemático que describe la expansión de un gas ideal.

### Marco referencial

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.

Para construir este discurso se utilizan distintos sistemas de recursos semióticos que permiten ensamblar diferentes modos de representaciones externas (RE), en particular las representaciones externas tipo pictóricas (REP).

Una RE 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 Keanne, 1990).

Es preciso destacar que la representación no contiene un significado, por el contrario, es el lector el que al procesar la información lo atribuye. El significado es una construcción social de origen convencional (Moreira, 2003), en términos de aprendizaje de las ciencias implica que la relación **representación/situación** solo puede producir un resultado correcto o incorrecto en el marco de una comunidad de discurso. Esto implica que debe haber una correspondencia entre la RE y la representación interna que el lector genera para que la interpretación se corresponda con los modelos conceptuales.

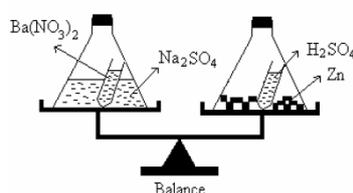
De acuerdo con Eysenk y Keanne (1990) se distinguen dos tipos de representaciones externas: a) las lingüísticas (REL) y b) las pictóricas (REP). Estudiamos las REP y el proceso de lectura.

Una REP se compone de marcas, como puntos, líneas, colores, sombras, texturas, entre otras. Estas marcas se distribuyen sobre una superficie plana, generalmente bidimensional. A partir de estas marcas y sus propiedades (tamaño, forma, densidad, distribución) el lector puede realizar actividades cognitivas que les permite atribuir significados (Lieben y Downs, 1992). Las REP pueden clasificarse en: fotografías, dibujos naturalistas, diagramas, mapas, tablas, gráficos, ecuaciones matemáticas y/o químicas (Poizzer y Roth, 2003); las ecuaciones son las que tienen el más alto nivel de abstracción, mientras las fotografías el menor. Al decir grado de abstracción hacemos referencia a una relación que se establece entre la representación y lo que la representación sustituye (que puede ser un objeto o una idea). Esta relación puede ser de dos tipos: en primer lugar se puede tener una relación de analogía entre la representación y lo que representa; esta analogía

puede darse entre la representación y el objeto, como en una fotografía, o entre la representación y un modelo conceptual, como en el caso de los Diagramas de Estructura, DE, utilizados en Química para representar la estructura de los compuestos.

En segundo lugar, tenemos un tipo de relación entre representado/representante que se califica como abstracta, es decir, es una relación en la que no hay semejanza entre el gráfico y lo que éste representa, por ejemplo el gráfico que muestra la relación entre Presión y Volumen para un gas ideal y la situación experimental que implica considerar, por ejemplo, un gas encerrado en un recipiente, sobre el que se ejerce una presión mediante la aplicación de una fuerza externa.

Cada uno de estos modos cumple un papel específico dentro del discurso científico, así los **diagramas esquemáticos, De**, guardan una relación de analogía<sup>2</sup> con el mundo que representan, pueden representar un proceso o una situación puntual, este tipo de diagramas permite describir, generalizando, una situación o experimento, eliminando los detalles que no aportan información. Generalmente se emplean para describir equipos, objetos o procesos que son observables. Un ejemplo de este tipo de **De** se muestra a continuación en la Fig.1,



**Figura 1: Diagrama esquemático de una situación de laboratorio**

Este **De** permite describir un experimento del que es posible inferir (siempre que se conozcan las reglas de representación) que: **a)** se dispone de dos recipientes cerrados, de igual volumen; **b)** en el recipiente de la izquierda (A) hay dos reactivos que no se han mezclado, en el de la derecha (B) también tenemos dos reactivos sin mezclarse; **c)** los reactivos en el recipiente A, son diferentes a los reactivos en el recipiente B; **d)** en el recipiente A tenemos dos líquidos, mientras en B se encuentran un líquido y un sólido; **e)** la masa de  $Ba(NO_3)_2$  + la masa de  $Na_2SO_4$ , antes de mezclarse es igual a la masa de  $H_2SO_4$  + la masa de  $Zn$  en la situación descrita; **f)** el volumen de los reactivos en ambos recipientes es independiente del volumen del recipiente. Para realizar estas inferencias es preciso utilizar una amplia gama de conocimientos previos, por ejemplo que los sólidos y líquidos tienen volumen definido, que un sistema cerrado no intercambia masa con los alrededores, entre otros.

Hoy día es frecuente hablar de la complementariedad de los diferentes sistemas de representación con fundamento en el hecho que la ciencia debe ser entendida como el desarrollo e integración de un discurso multimodal porque se reconoce que cada modo particular tiene diferentes fortalezas y debilidades en términos de precisión, claridad, y el significado que se le puede atribuir (Prain y Waldrup, 2008). En el caso que planteamos mientras el **De** nos permite describir el experimento en términos de lo que observamos, el **DE** permite hacer una descripción en términos submicroscópicos y los gráficos y tablas permiten establecer valores o relaciones entre variables que pueden medirse de manera directa o indirecta. La necesidad de recurrir a diferentes niveles explicativos implica que la comprensión de una transformación química requiere tanto de los **De** como de los **DE**.

Estas ideas derivan en importantes implicaciones pedagógicas que llevan a que nos interroguemos, en primer lugar, sobre la necesidad que tienen los estudiantes de manejar con fluidez discursiva, es decir, como una segunda lengua estos diferentes sistemas semióticos o diferentes

<sup>2</sup> Es una representación simplificada porque se eliminan características no relevantes

sistemas de representación; y en segundo lugar sobre las estrategias más eficaces para lograr este propósito. La fluidez discursiva permite disminuir la carga cognitiva durante el procesamiento de la representación (Airey y Linder, 2009) constituyéndose así en una habilidad previa que los estudiantes necesitan desarrollar, si lo que se espera es que logren una comprensión profunda tanto de los conceptos científicos como de la forma en que estos conceptos pueden ser representados, porque se establece una relación de interdependencia entre dominio del lenguaje y el aprendizaje de conceptos.

Para que el signo pueda mediar en el proceso de producción de significados aceptados es preciso considerar dos factores asociados al lector: a) conocimiento de los contenidos y reglas que permiten establecer la relación representado/representante (signo/referente), y b) 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, por eso, la gran influencia de los contenidos.

El proceso de sustitución resulta de asumir un conjunto de convenciones y 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 los proceso cognitivos.

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).

No obstante, realizar traslaciones entre el dominio experiencial y el dominio expresivo tiene como prerrequisito conocer los sistemas de signos y los sistemas de reglas que permiten relacionarlos. En esta línea de argumentación Ainsworth (1999) propone que el estudiante debe: a) reconocer los códigos (signos) y significantes en una representación para comprender el link entre la representación y el concepto o el proceso que representa; b) trasladar características claves del concepto a través de la representación y c) conocer qué características deben ser enfatizadas si se debe construir una representación.

En el ámbito escolar, se presta poca atención al proceso de lectura de REP, toda vez que se asume que “una imagen dice más que mil palabras” de manera que, pueden leerse sin mayor esfuerzo porque son auto explicativas; sin embargo crece el acuerdo sobre lo desacertado de esta afirmación y cada vez con más fuerza se habla de la necesidad de alfabetización científica, entendida como alfabetización visual.

Son diferentes las definiciones de alfabetización en este campo, pero queremos destacar la planteada por Lemke (1998) que la define como una práctica específica que determina la habilidad para utilizar un complejo aparato representacional para razonar o calcular dentro de una comunidad de discurso. Complementa esta visión el planteamiento de Tang (2008, c.p. Tang y Moje, 2010) que conceptualiza la alfabetización científica como una práctica cultural que abarca maneras específicas de hablar, escribir, visualizar, dibujar, graficar, y actuar dentro de una comunidad de discurso determinada.

Asociado al término alfabetización comienza a delimitarse el significado de términos como competencias representacionales (Wu, 2003), habilidades de visualización (Gilbert, 2007b, c.p. Eilam y Poyas, 2010), competencias multimodal representacional (Yore y Hand, 2010).

Para Hilton y Nichols (2011) estas competencias se expresan en cinco niveles diferentes que varían desde usar y generar representaciones de un fenómeno basándose en las características físicas macroscópicas que es el nivel más bajo (1) hasta el nivel más alto (5) que implica que el estudiante es capaz de: a) utilizar una o varias representaciones para explicar las relaciones entre propiedades, objetos o procesos; b) usar las características de representación para emitir afirmaciones dentro de un contexto retórico social (una disciplina); c) puede seleccionar la representación más apropiada para una situación particular.

Madden, Jones y Rham (2011) integran en cinco niveles las competencias representacionales presentadas por Kosma y Russell (2005, c.p. Madden, Jones y Rham, 2011) y Michalchick, Rosenquist, Kosma, Kreikemeier y Schank (2008, c.p. Madden, Jones y Rham, 2011) que de alguna manera coinciden con los niveles de Hilton y Nichols. El primer nivel, el más bajo, implica que el estudiante reconoce la representación como el simple dibujo de un hecho observable, mientras en el nivel 5 (más alto) implica que el estudiante es capaz de utilizar, de manera correcta, un conjunto de representaciones para dar explicaciones retóricas sobre las relaciones entre las entidades invisibles y observables en un proceso.

Esta discusión teórica, en nuestra opinión, contribuye a reconocer la importancia de la relación contenido-lenguaje y la importancia de encontrar una representación pedagógica que permita el desarrollo de estas competencias porque se tiene la hipótesis que las dificultades de aprendizaje de conceptos, como por ejemplo el de fuerza, es “fundamentalmente representacional en su naturaleza” (Hubber, Tytler y Haslam, 2010). A partir de la lectura de estas representaciones el estudiante debe realizar procesos que le permitan comprender, trasladar e integrar estos modos como parte de aprender la naturaleza del conocimiento científico y su representación.

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 esquemáticos (De). Se busca acopiar información que nos permita describir el proceso de lectura de este tipo de REP con el fin de diseñar un programa dirigido a producir alfabetización científica y desarrollar competencias representacionales.

## Metodología

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

Trabajamos con los estudiantes inscritos en el Programa de Admisión Integral “Samuel Robinson” (PAISR), cohorte 2011. Son estudiantes aspirantes a ingresar a carreras del área de ciencia y tecnología (Arquitectura, Computación Física 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; han realizado estudios en Liceos de la red pública o privada con subvención del estado. La cohorte está integrada por 13 estudiantes.

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 tener aprobadas 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 Académicos
Cultura Universitaria		Formación Ciudadana

Los datos se recogen a partir de las respuestas a tres tareas (anexo 1) de lápiz y papel; en la que se les permite escribir de manera libre una respuesta. Las tareas proponen la descripción de un sistema gaseoso (gas ideal) que implica la expansión de un gas (Tarea 1) o la mezcla y expansión de gases ideales (Tarea 2 y 3). En cada tarea se anexa una REP que aporta información para describir el sistema antes y después de la expansión. Es un método que presenta limitaciones porque la información inferida no es contrastada directamente con el estudiante, sin embargo, lo consideramos suficiente en esta fase exploratoria de la investigación.

Las tareas se proponen como actividad en la semana 26 del programa. Procuramos caracterizar las competencias representacionales en el nivel primer nivel, es decir, si los estudiantes pueden utilizar las características de la representación para identificar los elementos clave que le permitan inferir información relevante para resolver el problema propuesto.

Las respuestas se analizan 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 (Hernández, Fernández y Baptista, 1998). Para aplicar la técnica se 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); centrando nuestra atención en el examen del primer componente. El referente empírico a su vez se subdivide en: a) 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; b) un *componente fenomenológico* asociado a la habilidad para describir objetos y fenómenos que permite comunicar información sobre ellos, lo que exige relacionar los experimentos con la teoría; y c) 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. A continuación, en la Cuadro 1, las categorías a considerar para analizar las respuestas de los estudiantes con el objeto de determinar las características del discurso que construyen. Estas categorías se utilizan para analizar ambas preguntas.

Cuadro 1: Categorías utilizadas para examinar las respuestas de los alumnos

Componente Fenomenológico	Componente Fenomenográfico	Uso formal del lenguaje
a) Reconocimiento de sistema gaseoso (A y B ; N <sub>2</sub> , Ne, H <sub>2</sub> ) b) Gases ocupan volumen de recipiente c) Tres recipientes de igual volumen (V <sub>1</sub> ) d) Se tiene un sistema cerrado a temperatura ambiente por lo que los moles de cada gas se mantienen constantes igual que la temperatura e) Al abrir las llaves el volumen que ocuparan los gases es 3 V <sub>1</sub> y la presión de los mismos disminuye	a) Gases ocupan volumen de recipiente b) Se asocia el cambio que ocurre con la mezcla de los gases c) Se asocia el cambio con un proceso de expansión d) En la mezcla cada gas ejerce su presión independientemente e) La presión total final es la suma de las presiones parciales	a) Identificación de las variables que permiten describir el estado gaseoso b) Uso de la ecuación de estado o ley de Boyle

Se registran los resultados en términos de % de estudiantes (N=13) que intentan una respuesta y el % de estas respuestas consideradas correctas. A continuación los resultados correspondientes al componente fenomenológico, fenomenográfico y formal (Tablas 1, 2, y 3 respectivamente).

### A manera de síntesis

Representarse el fenómeno (en este caso la expansión de un gas) y poderlo asociar con los signos que permiten representarlo en el estado inicial y final es una competencia clave que los aprendices deben desarrollar para resolver con éxito los problemas. Estos resultados, muy preliminares, y no generalizables evidencian las dificultades de los estudiantes para comprender el comportamiento macroscópico de los gases ideales.

Con las Tareas 1, 2 y 3 se quiso indagar sobre las competencias para extraer información aportada por la REP con el fin de determinar si conocían que: para definir el estado gaseoso es preciso establecer el valor de las variables presión, volumen, temperatura y moles. Para la tarea 1, los valores del volumen y la temperatura se obtienen a partir de la lectura del gráfico, pero para concluir que los moles y la presión se mantienen constantes se debía reconocer que el recipiente estaba cerrado y que la presión externa (ejercida por la pesa más la presión atmosférica) eran equivalentes en la situación inicial y final durante la expansión del gas, información que aportaba la REP. En las tareas 2 y 3 se tiene una expansión de los gases al abrirse las llaves, pero igual que en la tarea 1 se debe reconocer que el sistema es cerrado por lo que la masa de los gases no cambia, aunque si varía la presión de cada uno dado el aumento de volumen del sistema, de nuevo esta información se encontraba implícita en la REP.

Tabla 1: Análisis Contenido Componente Fenomenológico

<b>CATEGORÍA que permiten definir el estado gaseoso a partir de la lectura de las REP</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 TAREA 1 (T1)</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 TAREA 2 (T2)</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 TAREA 3 (T3)</b>	<b>Extractos textuales de las respuestas</b>
Identificación sistema gaseoso	(23%/23%)	(15%/15%)	(0%/0%)	E1-11-T1: “en el estado inicial el gas” E11-11-T1: “en el estado inicial del sistema” E12-11-T2: “en el primer instante los gases A y B”
Sistema cerrado	(8%/8%)	(0%/0%)	(0%/0%)	E5-11-T1: “como es un recipiente cerrado se mantiene la masa”
Masa constante	(31%/31%)	(0%/0%)	(0%/0%)	
Proceso de expansión	(0%/0%)	(0%/0%)	(0%/0%)	
Volumen inicial del sistema	$V_1$ Cualitativa (54%/54%) Cuantitativa (31%/23%)	$V_1=V_2=V_3$ Cualitativa (0%/0%) Cuantitativa (0%/0%)	$V_1=V_2, V_3=1/2 V_1$ Cualitativa (0%/0%) Cuantitativa (0%/0%)	E11-11-T1: “en el estado inicial A está a 22°C aproximadamente y a 12 mL; en el estado final A está a 500°C y 12 mL” E19-11-T1: “en el caso inicialmente conocemos solamente la temperatura la cual es 173°K luego aumenta a 400K”
Volumen final del sistema	$V_f > V_i$ (15%/15%)	$V_1+V_2+V_3$ (15%/15%)	$V_1+V_2+V_3$ (15%/15%)	E12-11-T3: “en un principio los gases están cada uno en un recipiente con una presión distinta pero cuando se abren las llaves, esas presiones de cada elemento se suman para tener la presión total, esto si se mantiene la temperatura, cantidad de gas y el volumen constante”
Presión inicial del sistema	Asociado a Presión externa (pesa) (0%/0%)	(15%/0%)	(69%/8%)	E19-11-T3: “ $PH_2 + PNe + PH_2 = 265$ ”
Presión final del sistema	Constante (46%/38%)	$\Sigma P_i$ (15%/0%)	$\Sigma P_i$ (69%/8%)	
Temperatura inicial del sistema	Cualitativa (46%/46%)	Constante (31%/31%)	Constante (15%/15%)	

	<b>Cuantitativa</b> (31%/23%)			+ 800+532= 1597 torr” E28-11-T3: “la presión total es menor a la suma de las presiones al inicio ...al abrirse los valores del gas empieza a ocupar el volumen de todo el sistema (balón1, balón2, balon3) como el volumen aumenta y la temperatura es constante la presión deberá disminuir”
Temperatura final del sistema	<b>Cualitativa</b> (46%/38%) <b>Cuantitativa</b> (31%/23%)			

Tabla 2: Análisis de Contenido Componente Fenomenográfico

<b>CATEGORÍA que permiten definir el estado gaseoso en función nuevos conceptos</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 TAREA 1 (T1)</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 TAREA 2 (T2)</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 TAREA 3 (T3)</b>	<b>Extractos textuales de las respuestas</b>
Gases ocupan volumen de recipiente	(8%/8%)	(0%/0%)	(0%/0%)	E19-11-T2: “en el balón se encuentra un gas color rosa,..., luego al abrir las llaves ocupará todo el volumen mezclándose con legas azul creando un nuevo gas que ocupará todo el volumen” E28-11-T2: “tanto el gas azul como el rojo al abrirse ocuparán un volumen mayor sus presiones disminuirán, estos se van a mezclar y el gas resultante tendrá más átomos del gas azul que del rojo”
Se asocia el cambio que ocurre con la mezcla de los gases	<b>No aplica</b>	(69%/46%)	(8%/0%)	E5-11-T2: “...se realiza una mezcla la cual será homogénea y dicho gas estará disperso en todo el sistema

				<p>(volumen disponible).</p> <p>E25-11-T2: "en el estado final la presión disminuye en todo el sistema porque los gases se dispersan y tienen mas volumen, dejando así todo el sistema a una sola presión"</p> <p>E19-11-T2: "en el balón se encuentra un gas de color azul al abrir las llaves tenderá a mezclarse con el gas de color rosa ya que los gases ocupan todo el volumen"</p> <p>E27-11-T2 "al abrir las llaves el número de moles de ambos se suman y se reparten en los tres recipientes teniendo el mismo número en cada esfera de vidrio"</p>
Se asocia el cambio con un proceso de expansión	(0%/0%)	(0%/0%)	(0%/0%)	
La presión total final es la suma de las presiones parciales	No aplica	(15%/0%)	(69%/8%)	E1-11-T3; E19-11-T3; E12-11-T3, E22-11-T3: " $P_{H_2} + P_{Ne} + P_{H_2} = 265 + 800 + 532 = 1597 \text{ torr}$ "
Relación entre variables (sin recurrir a ecuación)	(23%/8%)	(8%/8%)	((0%/0%))	<p>E1-11-T1: "la figura describe como el cambio en la temperatura afecta el volumen en los gases..."</p> <p>E19-11-T1: "<math>P_1 = P_1; n_1 = n_1; V_1 &lt; V_1; &gt;; \dots</math> aumenta a <math>400^\circ\text{K}</math> esto tiene como consecuencia en el gas un aumento en el volumen.</p> <p>E13-11-T1: "en la figura se muestra el cambio del volumen a medida que se aumenta la temperatura manteniendo la presión y el número de moles"</p>

Tabla 3: Análisis componente Formal

<b>CATEGORÍA ASOCIADA al uso del lenguaje formal</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 PREGUNTA 1</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 PREGUNTA 2</b>	<b>% Respuestas Intentadas/ Correctas (N=13) COHORTE 2011 PREGUNTA 3</b>	<b>Extractos textuales de las respuestas</b>
Uso ecuación de estado o equivalente	<b>No aplica</b>	<b>(0%/0%)</b>	<b>(23%/8%)</b>	E5-11-T3: $PV=nRT$ ; E28-11-T3: " $P_1V_1=P_2V_2$ "
Ley presiones de Dalton	<b>No aplica</b>	<b>(15%/=%)</b>	<b>(77%/8%)</b>	E1-11-T3; E19-11-T3; E12-11-T3, E22-11-T3: " $PH_2 + PNe + PH_2$
Uso de las unidades correspondientes	<b>No aplica</b>	<b>No aplica</b>	<b>(93%/77%)</b>	E22-11-T3: " $PH_2 + PNe + PH_2 = 265 + 800+532= 1597 \text{ torr}$ "
Equivalencia entre los gráficos	<b>(8%,8%)</b>	<b>No aplica</b>	<b>No aplica</b>	E23-11-T1: " <i>el eje de las abscisas está representado por la temperatura ,..., en el gráfico de la izquierda está en grados centígrados , mientras en el derecho está en grados Kelvin...0°C equivalen a 273°K...</i> "

Al realizar las diferentes tareas muy pocos estudiantes relacionan de manera explícita las características de la representación (recipiente cerrado) (8% de los estudiantes) con una propiedad del sistema (masa constante); sin embargo, el 31% señala de manera explícita masa constante. En la tarea 2 y 3 ninguno de los estudiantes hace referencia a esta relación. Otro hecho importante a destacar es que ninguna de las tareas reportan que el cambio que ocurre es la expansión de una o varias sustancias en estado gaseoso (0%), y que los gases al no tener volumen definido ocuparán el volumen del recipiente y que al producirse un cambio de volumen (reconocido por el 15%) varía la presión parcial de cada gas por lo que aunque un gran porcentaje (69%) reconoce que debe aplicarse la Ley de las presiones parciales de Dalton para calcular la  $P_T$  sólo el 8% lo hace de manera correcta. Para explicar el cambio pocos (23% en la tarea 3) hacen referencia a la relación entre las cuatro variables expresada de manera matemática (Ley de Boyle, Charles o la ecuación de estado) y sólo el 8% lo hace de manera correcta. Para la tarea 3 cuando los estudiantes operan para construir una respuesta el 77% hace uso correcto de las unidades.

A partir de estos resultados es posible reconocer dificultades para leer la información que se presenta a través de los De.

Los resultados preliminares indican que: a) predomina un discurso descriptivo con énfasis en lo fenomenológico, b) 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.

1. Aunque la representación presente informaciones equivalentes, se observa que el estudiante puede reconocer esta información en una tarea y pasarle desapercibida en la siguiente. Por ejemplo en la tarea 2 el 31% reconoce que la temperatura no cambia, mientras que en la tarea 3 sólo lo hace de manera explícita el 15%; con las presiones parciales ocurre igual pero la diferencia es más marcada.
2. Los estudiantes que centran su atención en las REP logran utilizar esta información para resolver el problema de manera correcta (caso Estudiante E5-11-T3).
3. Los estudiantes abordan la solución del problema de manera algorítmica sin conectar la REP con los principios y teorías lo que conduce a la resolución equivocada del problema como se evidencia en la tarea 3 en la que el 77% intenta calcular la presión después de conectar los recipientes pero no consideran el cambio de volumen.

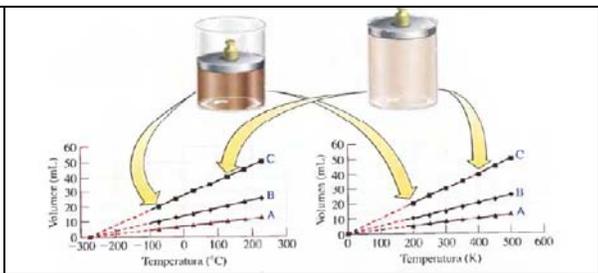
Estos resultados ponen de manifiesto la necesidad de profundizar en la búsqueda de representaciones pedagógicas que faciliten la lectura de REP de manera de aumentar la fluidez en el uso del lenguaje, lo que permitiría disminuir la demanda cognitiva y prestar mayor atención al manejo de los conceptos. Una hipótesis a investigar, a partir de estos resultados, es si las dificultades en la atribución de significados está asociado a falta de experiencia con el proceso de expansión de un gas, lo que dificulta el establecimiento de una relación Referente-Interpretante (R/I) adecuada, o si por el contrario la dificultad está principalmente determinada por la incapacidad para establecer la relación Signo-Interpretante (S/I), o la relación Referente/Signo (R/S). La relación R/I hace referencia al dominio experiencial mientras que las relaciones R/S y R/I refieren al dominio expresivo ambos dominios clave en el proceso de atribución de significados porque condicionan la producción de los interpretantes.

## Referencias

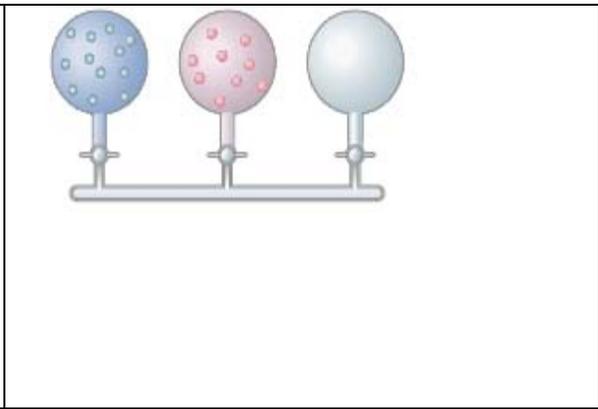
- Airey, J.; Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 27-49.
- Eilam, B.; Poyas, Y. (2010). External visual representations in science learning: the case of relations among system components. *International Journal of Science Education*, 32, 2335-2366.
- Eysenck, M.; Keane, M. (1990). *Cognitive Psychology a student's handbook*. Lawrence Erlbaum Associates Ltd., Publishers. 2da reimpressão.
- Ganaras, K.; Dumon, A.; 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.; Baptista L.P. (1998). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. 2da. Edición.
- Hilton, A.; Nichols, K. (2011). Representational classroom practices that contribute to student's conceptual and representational understanding of chemical bonding. *International Journal of Science Education*, 33, 2215-2246.
- Hubber, P., Tytler, R.; Haslam, F. (2010). Teaching and Learning about Force with a Representational Focus: Pedagogy and Teacher Change. *Research in Science Education*, 40, 5-28.
- Lemke, J. (1998). Multimedia literacy demands of the scientific curriculum. *Linguistics and Education*, 10, 247-271.
- Lieben L.S.; Downs, R.M. (1992). Developing an understanding of graphic representations in children and adults: the case of GEO-graphics. *Cognitive Development*, 7, 331-349.
- Moreira, M.A. (2003). Lenguaje y Aprendizaje Significativo. Conferencia cierre del IV Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo. Brasil. Traducción Ma. Luz Rodríguez Palmero
- Pozzer-Ardenghi, L.; Roth, W-M. (2003). Prevalence, functions and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 10, 1089-1114.
- Prain, V.; Waldrip, B. (2008). A study of teacher's perspectives about using multimodal representations of concepts of enhance science learning. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Thechnology Education*, 8, 5-24.
- Secretaría UCV. (2003). *Samuel Robinson: de proyecto a programa*. Aguilera, M.P. y Cruz, C. (Ed.). Venezuela.
- Tang, K-S; Moje, E.B. (2010). Relating multimodal representations to the literacies of science. *Research in Science Education*, 40, 81-85.
- Yore, L.; Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. *Research in Science Education*, 40, 93-101.
- 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.

ANEXO 1

**TAREA 1**  
 Se tiene un gas dentro de un recipiente el cual va a cambiar de estado, estos cambios están representados en la figura que se muestra a continuación. Describe el sistema en el estado inicial y final a partir de la información que se muestra en la figura.



**TAREA 2**  
 Considere el aparato que se ilustra (Figura 1), el cual tiene gases, en el primer recipiente se tiene Hidrógeno y en el segundo Helio y el tercero está vacío. Se abren las llaves de paso y se permite que los gases se mezclen. Los balones son de vidrio.  
 Construya una tabla en la que se muestra claramente la descripción de cada gas en su estado inicial y final.



**TAREA 3**  
 Considere el sistema de balones de vidrio que se muestra en la Fig 2. Cada balón contiene un gas a la presión indicada. Calcule la presión en el sistema si se abren todas las llaves de paso, suponiendo que la temperatura permanece constante. Se puede despreciar el volumen de los tubos capilares que conectan los balones.

