

CONVERSIÓN DE IMÁGENES AL LENGUAJE ESCRITO: UN DESAFÍO PARA EL ESTUDIANTE DE CIENCIAS NATURALES

Carla Maturano, Susana Aguilar y Graciela Núñez

*Instituto de Investigaciones en Educación en las Ciencias Experimentales.
Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes. Universidad Nacional de San Juan.
Av. I. de La Roza 230 oeste. San Juan. Argentina. 5400. Tel: 54-264-4228422.
E-mail: cmatur@ffha.unsj.edu.ar; carlamaturano@hotmail.com*

[Recibido en mayo de 2008, aceptado en septiembre de 2008]

RESUMEN **(Inglés)**

En el presente trabajo pretendemos indagar en la interpretación de los estudiantes de una imagen desprovista de su contexto original y en la conversión de los elementos observados en dicha representación al lenguaje escrito. La actividad propuesta para explicitar la conversión es la descripción de un dispositivo para experimentar con gases representado en la imagen. La muestra seleccionada incluye grupos de estudiantes universitarios que cursan distintas carreras y años de éstas. Los resultados muestran que, frente a la imagen propuesta, el proceso de conversión al lenguaje escrito presenta diversas características supeditadas a los conocimientos que poseen los estudiantes sobre el tema. Así, los de menor edad y menor formación académica realizan una conversión término a término. En cambio, los estudiantes de mayor formación académica van abandonando este paralelismo en la conversión, alejándose de la descripción propiamente dicha, e intentan mostrar sus conocimientos sobre el tema utilizando diferentes recursos expresivos a modo de síntesis. Consideramos que favorecer la explicitación del proceso de conversión entre distintos sistemas de representación contribuye a la enseñanza y al aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Palabras clave: *Ciencias Naturales; enseñanza; aprendizaje; imágenes; representaciones.*

MARCO TEÓRICO

En la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales los contenidos adquieren diferentes formas, es decir, se acude con frecuencia a diversos recursos simbólicos mediante sistemas de representación externa. Bruner (1998) sostiene que una 'representación' o un sistema de representación, es "un conjunto de reglas mediante las cuales se puede conservar aquello experimentado en diferentes acontecimientos". La representación permite apartarse del objeto real, facilitando la interacción con él. El autor sostiene que la representación de un objeto o fenómeno es una construcción que

constituye un modelo cuyos elementos son seleccionados según un objetivo específico. Las representaciones, aunque intentan reflejar los aspectos más destacados del objeto o fenómeno, suponen una síntesis establecida según una finalidad. Es decir, no son arbitrarias ni aleatorias e incluyen algunos elementos de lo que se representa en detrimento de otros. En este proceso intervienen aspectos idiosincrásicos, culturales y sociales en el marco de la interacción con otros. Duval (1999, citado en García García, 2005) distingue las representaciones internas y externas, considerando si es posible que puedan observarse públicamente o no. Nos interesa en este trabajo abocarnos a caracterizar las representaciones externas. Éstas están expresadas en diversos sistemas de signos y símbolos, es decir, en distintos registros semióticos. En las Ciencias Naturales estos registros frecuentemente son enunciados, diagramas, ilustraciones, gráficas cartesianas, ecuaciones, etc. En ellas, los estímulos visuales, textuales y/o gráficos son significantes que dotan de sentido al objeto representado. Existen tres actividades cognitivas relacionadas con las representaciones externas: la formación de representaciones, el tratamiento de las representaciones y la conversión de las representaciones. Es necesario el desarrollo de los tres tipos de actividades para la comprensión de un tema (Duval, 1999, citado en García García, 2005). En la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias estas tres actividades cognitivas pueden presentarse en diferentes instancias:

- la formación de representaciones, cuando se busca que el estudiante construya la representación de un objeto o fenómeno seleccionando un conjunto de signos y símbolos propios de un sistema semiótico. Por ejemplo: al graficar los resultados de una experiencia;
- el tratamiento de una representación o registro semiótico, cuando se pretende ampliar la información y la representación del objeto dentro de un mismo sistema semiótico. Por ejemplo: al resolver un problema;
- la conversión entre diferentes tipos de registros, cuando se procura transformar un sistema semiótico en otro. Por ejemplo, al realizar una gráfica cartesiana en base a los resultados de un problema, al interpretar y describir en lenguaje oral un dibujo, al representar a través de ecuaciones un enunciado escrito.

Cuando el estudiante se orienta hacia el tratamiento de un solo tipo de registro semiótico, o dicho de otro modo, cuando los contenidos científicos sólo se expresan en un tipo de lenguaje, puede ocurrir que tenga dificultades para transferir sus conocimientos en otras actividades en las que interviene otro tipo de registros o bien donde coexisten diferentes formas de representación. En este caso, es necesario comenzar a trabajar en un aprendizaje basado en la conversión de representaciones en las que el sujeto coordine registros y construya un saber integrado a partir del dominio de las diferentes formas de representación externa que se vinculan con un determinado contexto de aprendizaje. El proceso de conversión de representaciones implica un conocimiento acabado de cada tipo de representación, de su sistema de signos y sus significados y de los elementos que están incluidos en ellas. Requiere colocar en paralelo ambos sistemas, discriminar las unidades de significado, luego articularlas adecuadamente y rescatar los elementos más representativos que posibiliten una interpretación similar (García García, 2005). En el aula, también se

presentan procesos de conversión ligados a situaciones comunicacionales entre el profesor y el alumno. Galagovsky (2004) afirma que los expertos tienen una "gran movilidad representacional", es decir, pueden expresar sus conocimientos complementariamente a través de diferentes sistemas de representación o lenguajes. Los estudiantes, por su parte, deben reconstruir el discurso del docente y apropiarse de estos sistemas de representación, partiendo de sus propias representaciones internas, lo que puede originar dificultades en el aprendizaje de conceptos. La autora propone promover la explicitación de las construcciones del conocimiento que realiza el estudiante para facilitar la "reconstrucción apropiada de los significados".

Pericot (2005) considera el uso de la imagen como el cumplimiento de un acto comunicativo íntegro, único, en función de la intencionalidad comunicativa del enunciador y de la oportuna interpretación inferencial del enunciatario (sujeto que interpreta la imagen). En este sentido, "los estímulos visuales solamente señalan y hacen ostensiva una realidad con el objetivo de que el enunciatario construya la inferencia necesaria que le permita elaborar y recuperar la *verdadera* intencionalidad comunicativa". Inferir, por lo tanto, implica ir más allá de la comprensión de cada elemento visual que aparece en la imagen. También es equivalente al proceso de juzgar, sacar conclusiones o razonar a partir de una información dada (Anderson y Pearson, 1984). Por lo tanto, en el proceso inferencial, el primer paso es reconocer como relevantes los elementos constituyentes de la imagen, para construir un contexto de significación donde poder adjudicar una serie de supuestos que el intérprete de la imagen supone como creíbles y pertinentes, dentro de la estructura global del objeto representado (Pericot, 2005). Es de suponer que en el proceso de conversión de representaciones de una imagen al texto escrito, es necesario un proceso inferencial que posibilite la correcta interpretación de la información contenida en la imagen. El sentido de esta interpretación no viene dado sólo por lo que muestra la imagen sino también por las suposiciones del intérprete acerca del uso del objeto representado en contextos determinados. El intérprete adjudica a la representación una serie de suposiciones, creencias o conclusiones que devienen de sus experiencias previas y de su competencia comunicativa en general, que le otorgan un nuevo sentido a la imagen. De este modo, enriquece la información ofrecida por la imagen a través un proceso de complementación con la información que supone como adecuada para ese contexto (Pericot, 2005).

Postigo y Pozo (1999) realizaron una propuesta para explicar la comprensión del contenido de las imágenes y distinguen tres niveles de procesamiento de la información. Éstos se desarrollan en un proceso continuo de creciente dificultad:

- √ Explícito: se reconocen los elementos que constituyen la imagen.
- √ Implícito: se identifica la relación entre variables y se decodifican los símbolos y leyendas. Este proceso es más complejo que el anterior.
- √ Conceptual: se establecen conclusiones, explicaciones y predicciones a partir del análisis global de la imagen. Para ello los sujetos deben acudir a conocimientos previos vinculados con la representación.

El aprendizaje en cada uno de estos niveles de procesamiento de la información de la imagen requiere de propuestas específicas que promuevan el avance desde los niveles menos complejos a niveles superiores de generalización y síntesis.

Basados en estos aportes teóricos, consideramos que la explicitación de la conversión de diversos sistemas de representación que realizan los estudiantes cuando aprenden Ciencias Naturales y los procesos inferenciales implicados, nos permitiría un acercamiento a los conocimientos que poseen y una comprensión más acabada de los aprendizajes reales de los estudiantes.

METODOLOGÍA

En el presente trabajo pretendemos indagar cómo interpretan los estudiantes una imagen desprovista de su contexto original (un dibujo figurativo con signos) y convierten los elementos observados de dicha representación al lenguaje escrito mediante una descripción. Asimismo, a través del modo en que interpretan los elementos que constituyen la imagen, la relación entre éstos y su organización, se puede llegar a considerar cuáles son los procesos inferenciales que ponen en juego los estudiantes en la comprensión de la imagen como registro semiótico. Un dibujo figurativo con signos (acompañado de etiquetas) es aquel en el que predomina la representación orgánica, mostrando los objetos mediante la imitación de la realidad. Los signos "representan acciones o magnitudes inobservables en un espacio de representación heterogéneo" (Perales y Jiménez, 2002). En la figura seleccionada para esta investigación, las etiquetas son nominativas, es decir que presentan letras o palabras que identifican algunos elementos de la imagen (Perales y Jiménez, 2002). El dibujo figurativo incluido en el instrumento diseñado (Cuadro 1) ha sido obtenido del libro de Física para alumnos universitarios de Resnick, Halliday y Krane (1999). La figura se extrae de su contexto original, despojándola del texto escrito con el que se relaciona en la fuente y se inserta en una prueba diseñada para esta investigación. En todos los casos, la figura seleccionada forma parte de una serie de actividades que involucran contenidos científicos que se tratan en la formación básica de las carreras de Ciencias y se refieren a la ecuación de estado de un gas ideal. En este trabajo analizamos aquellas actividades referidas a la descripción del dibujo figurativo con signos. Cabe destacar que nuestro estudio no tiene como objetivo el análisis de la imagen sino, como se dijera anteriormente, de su conversión al lenguaje escrito.

Esta investigación tiene carácter exploratorio y descriptivo. La muestra seleccionada incluye grupos de estudiantes universitarios de diferente formación académica, que cursan distintas carreras en una universidad estatal de la Provincia de San Juan (Argentina), todas relacionadas con las Ciencias Naturales. Los grupos son pequeños ya que corresponden a carreras no numerosas, debiéndose aplicar esta experiencia durante dos años consecutivos para obtener los resultados que se presentan en este trabajo. Los detalles de cada muestra se indican en el Cuadro 2.

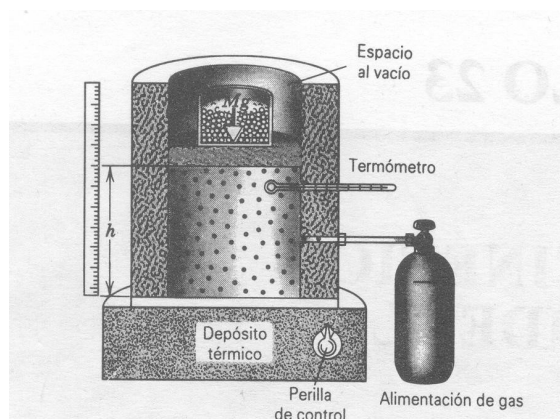
En todos los casos, aplicamos la prueba durante las clases de la asignatura en que los alumnos estudiarían contenidos relacionados con la ecuación de estado del gas ideal, previamente al tratamiento en clase. Realizamos la aplicación en forma escrita e individual. La prueba requiere de descripciones e inferencias acerca del fenómeno

representado apelando a sus ideas previas al respecto. Este estudio se limita a analizar la conversión del contenido de la imagen al lenguaje escrito, el modo cómo los estudiantes se aproximan a la información y cuál es el bagaje de conocimientos requeridos para comprenderla, por lo tanto, no realizamos un seguimiento posterior de la metodología de abordaje de dichos contenidos ni de los aprendizajes que pudieran concretar posteriormente.

En este proceso de conversión, esperamos que los estudiantes sean capaces de expresar y comunicar la interpretación de la imagen por medio del lenguaje escrito. Para analizar las respuestas tuvimos en cuenta los siguientes aspectos:

- léxico: referido al significado de las palabras,
- sintáctico: sobre las reglas gramaticales necesarias para combinar palabras y la manera de añadir inflexiones apropiadas,
- semántico: vinculado al estudio del significado y
- pragmático: acerca de la relación entre los mensajes y el contexto lingüístico y social en que se produce (Otero, 2001).

El aparato que se muestra en la figura puede utilizarse para experimentar con gases. Descríbelo.



Cuadro 1: Actividad relacionada con la interpretación del dibujo figurativo con signos.

Muestra	N	Descripción
1	12	Primer Año de Profesorado en Química y Profesorado en Física (2007)
2	12	Tercer Año de Profesorado en Química (2007-2008)
3	15	Tercer Año de Licenciatura en Geofísica y Licenciatura en Astronomía (2007-2008)

Cuadro 2: Descripción de la muestra

El lenguaje escrito en las Ciencias Naturales tiene características propias que lo distinguen del lenguaje común y las dificultades pueden aparecer cuando el alumno debe abandonar el lenguaje basado en la realidad cotidiana por el lenguaje científico

(Macías y Maturano, 2004). La ciencia tiene un vocabulario que debe vincularse a través de relaciones semánticas para construir significados (Lemke, 1997). Las dificultades en esta construcción podría provocar que las producciones escritas de los estudiantes en algunos casos carezcan de rigor, precisión, estructuración y coherencia (Sardà y Sanmartí, 2000).

Descripción del aparato

En las actividades propuestas solicitamos la descripción de un aparato representado en la imagen. Una descripción completa del dispositivo, basada en los elementos que proporciona la imagen en lenguaje visual, debería incluir los aspectos que se indican en la primera columna del Cuadro 3. Para una interpretación adecuada del dibujo, un estudiante de Ciencias que llega a las instancias educativas formales en que aplicamos la prueba, debería realizar una serie de relaciones entre los elementos del gráfico y con sus conocimientos previos. Las interpretaciones esperadas a partir de cada uno de los elementos del dibujo se indican en la segunda columna del Cuadro 3.

Elementos del dibujo	Interpretación esperada
El elemento central del dibujo es un cilindro cuyo corte longitudinal se grafica en perspectiva.	Un recipiente cilíndrico contiene al sistema en estudio.
En el interior del cilindro se observa un conjunto de puntos graficados al azar.	El sistema en estudio es una muestra de gas encerrada en el recipiente.
Las paredes laterales y el límite superior (tapa) son gruesos.	El sistema no intercambia energía con el entorno a través de dichas fronteras. Éstas serían adiabáticas.
La regla graduada situada a la izquierda tiene la indicación h .	El límite superior del cilindro (tapa) es un émbolo móvil. La regla nos permite medir la altura del gas en el cilindro.
La tapa soporta un depósito de material granulado con la indicación vectorial $M\vec{g}$	El émbolo móvil posee un depósito de peso $M\vec{g}$. Al ser granulado podría variarse sacando o agregando partículas.
A la derecha aparece un termómetro cuyo bulbo se encuentra en el interior del recipiente.	Es posible medir la temperatura del gas.
El dispositivo posee un sistema de alimentación de gas con una válvula.	Es posible variar el tipo y cantidad de gas.
La base está dada por un depósito térmico que tiene una perilla de control.	El sistema está en contacto con una fuente o foco calorífico. Es posible variar la temperatura de dicho foco.
La parte superior corresponde a un espacio vacío.	No influye la presión atmosférica.

Cuadro 3: Descripción esperada del aparato en función de los elementos

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Algunos comentarios están acompañados de ejemplos tomados textualmente de las pruebas. Para identificar a los alumnos lo hacemos con el número de muestra seguido del número asignado al alumno a efectos de la investigación.

I- SOBRE LA DESCRIPCIÓN DEL APARATO

a) La descripción en el proceso de conversión

Para analizar las respuestas de los estudiantes hemos establecido una serie de indicadores que se corresponden con elementos descriptivos y funcionales del dibujo. Los mismos son:

- I1. Forma cilíndrica del depósito donde se encuentra el sistema en estudio.
- I2. Conjunto de puntos graficados al azar para representar la muestra de gas encerrada en el recipiente.
- I3. Paredes laterales y límite superior (tapa) gruesos para indicar que son adiabáticos.
- I4. Regla graduada situada a la izquierda con la indicación h para medir la altura del émbolo móvil y por lo tanto la altura del gas en el cilindro.
- I5. Émbolo móvil que soporta un depósito de material granulado con la indicación vectorial $M\vec{g}$. Agregando o quitando partículas de este depósito podría variarse el peso.
- I6. Termómetro para medir la temperatura del gas.
- I7. Sistema de alimentación de gas para variar el tipo y cantidad de gas.
- I8. Depósito térmico inferior para variar la temperatura.
- I9. Espacio vacío en la parte superior que permite suponer que no influye la presión atmosférica.

En el Gráfico 1 se muestran los porcentajes obtenidos para cada muestra correspondientes a cada uno de los indicadores según aparezcan en forma explícita total o parcialmente expresados en la descripción elaborada por los alumnos. Los porcentajes representados en cada caso están calculados en función del total de alumnos de cada muestra.

Del análisis del Gráfico 1 deducimos que algunos indicadores aparecen con más frecuencia. Los mayores porcentajes en general se logran para los indicadores 4 a 8 que corresponden a elementos del dibujo que están acompañados de leyendas. Las diferencias entre los porcentajes obtenidos para las muestras M2 y M3 no son significativas por lo que no podemos establecer distinciones entre los alumnos de la misma edad y similar formación académica que cursan diversas carreras. Sin embargo, notamos diferencias más representativas entre estos grupos y la muestra M1 de estudiantes de menor edad y formación. Para los indicadores 2, 3 y 5 en que los elementos corresponden a detalles gráficos (conjunto de puntos, grosor de las paredes, etc.) o expresiones en lenguaje formal (notación vectorial para indicar el

peso) notamos que aparece con mayor frecuencia en los estudiantes de mayor edad y formación. Sin embargo, en algunos casos la presencia de ciertos indicadores va disminuyendo al aumentar la formación académica disciplinar. Por ejemplo, en las respuestas de los alumnos de la M1 se menciona con alta frecuencia (si se compara con la frecuencia para este mismo indicador en M2 y M3) la presencia del espacio vacío en la parte superior del émbolo. Este indicador está acompañado de una leyenda en el dibujo. En líneas generales y sumando los porcentajes de presencia del total de indicadores podemos afirmar que éstos están presentes con mayor frecuencia en las respuestas de la muestra M1, en la que los alumnos de menor edad y nivel de formación académica redactaron minuciosamente la descripción solicitada en la actividad. Pero los alumnos de mayor edad y formación, aunque se alejan de la descripción solicitada, logran un nivel de elaboración mayor en sus producciones involucrando la situación experimental enriquecida con inferencias e ideas previas sobre el tema. En muchos casos, estos alumnos manifiestan haber comprendido el funcionamiento del sistema, aunque no hagan una descripción propiamente dicha del aparato. A modo de ejemplo podemos citar la respuesta del alumno 2-3 quien expresa: "es un sistema aislado que permite estudiar el comportamiento de un gas a distintas presiones y variaciones de su temperatura, pudiendo variar sus concentraciones. Funciona como una especie de pistón en el cual se deposita el gas y se lo expone a diferentes presiones midiendo la compresibilidad mediante una regla. Puede hacerse variar la temperatura del sistema con el control como así también el volumen."

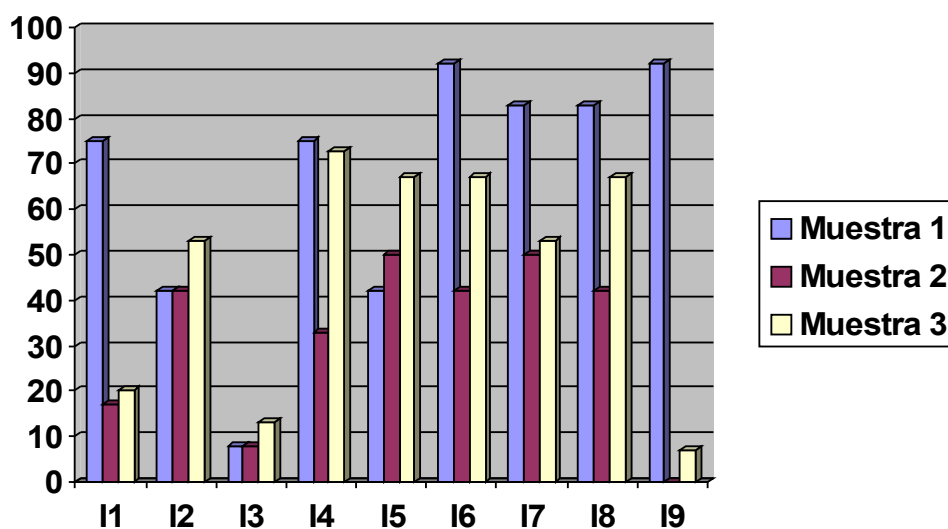


Gráfico 1.- Porcentajes discriminados por indicador para cada muestra.

En otros casos, y sin mencionar los indicadores, las respuestas de los estudiantes pueden agruparse del siguiente modo:

- * cuando se concentran en la utilidad y en el control de las variables superando el nivel descriptivo. Como el alumno 3-15 que indica: "lo utilizo para medir T y p según las variaciones de altura en el aparato. El aparato puede llevar un control de las condiciones del sistema."

- * cuando logran expresar esta síntesis luego de haber realizado varias actividades sobre el tema. Esto ocurre para un alumno que borra su primera respuesta e indica (aparentemente luego de haber analizado la prueba completa) que: "este aparato muestra cómo se relacionan el volumen, la temperatura y la presión. Muestra la dependencia que tiene cada uno" (3-14).
- * cuando no llegan a una descripción por fallas al interrelacionar los elementos del gráfico entre sí y éstos con los conocimientos previos. El alumno 2-10 produce una descripción con falta de coherencia acerca del dispositivo indicando que al gas: "se lo somete a cierta temperatura para luego medir la variación y la presión gracias al espacio vacío".

b) Análisis cualitativo de las respuestas

A continuación presentamos los resultados de un análisis cualitativo de cada una de las respuestas obtenidas que nos permite conocer más acerca de las interpretaciones respecto del dibujo.

I1- Acerca del cilindro...

Las respuestas correctas para referirse al recipiente utilizan términos como: pistón, tubo, entre otros. Algunas interpretaciones diferentes a la esperada consideraron que se trata de "un cilindro que por dentro se encuentra otro cilindro" (1-1). Esta interpretación consideraría las paredes como un cilindro externo. En otros casos, posiblemente debido a que la perspectiva aparenta como un cuadrado el lugar ocupado por el gas, un alumno indica "el aparato consta de un cubículo que contiene gas" (3-7) y otro que "en el cubo se puede medir la temperatura" (2-12).

Varios alumnos de la Muestra 1 (33%) indican que el cilindro es "metálico". Los elementos de la imagen que podrían llevar a esta afirmación se relacionarían con el sombreado en el dibujo.

I2- Acerca del gas...

Si bien la consigna propuesta indica explícitamente que el dispositivo permite experimentar con gases y las respuestas son en su mayoría correctas, encontramos algunas ideas que muestran el modelo de la materia que sustenta sus explicaciones. Algunas de estas ideas acerca de las partículas representadas en el dibujo se relacionan con:

- Tamaño: En el interior del cilindro hay "unas esferas de escaso tamaño y volumen" (1-11).
- Movimiento: Los puntos corresponden a que "las esferitas están dispersas y en movimiento" (1-6).
- Distribución: Se indica que hay una "dispersión" del gas (1-5).
- Composición: Los puntos representan "un gas sumergido en un cierto fluido" (3-13).

Un alumno de la Muestra 1 en vez de interpretar los puntos como el gas indica que en el interior hay "otro cilindro con poros" (1-2).

I3- Acerca de las fronteras del sistema...

En este aspecto, pocos estudiantes mencionaron esta característica del dispositivo expresando que el cilindro "mantiene el calor" (1-2), que "es un sistema aislado" (2-3) o que tiene "paredes adiabáticas" (3-11). La mayoría de los estudiantes pasó por alto este elemento gráfico sin hacer alusión al respecto en sus producciones.

I4- Acerca de la distancia h...

Si bien la mayoría de las descripciones se limitan a señalar la presencia de la regla, otras se relacionan con la posibilidad de conocer el volumen como detallaremos luego. Algunas respuestas manifiestan tener dificultad respecto al significado de la distancia h. Detectamos interpretaciones diferentes al respecto:

- h es la diferencia de alturas entre el punto en el que el gas ingresa y la base del émbolo móvil: "un émbolo a una cierta distancia h de donde el gas ingresa" (3-6).
- h es la altura a la que se encuentra el depósito de material: "encontramos una especie de regla que mide la longitud o altura a la que se ubica dicha pesa" (3-5).

I5- Acerca del depósito de material...

Las respuestas que hemos considerado correctas se refieren a la "tapa" del recipiente indicando simultáneamente que es móvil y que soporta un cierto peso del depósito de material. Por ejemplo: "encima hay una placa que pareciera móvil dependiendo de la variación de volumen del gas. Esta placa posee un determinado peso" (2-1). En muchos casos utilizan el término émbolo o pistón para referirse a este componente del dispositivo.

Algunas interpretaciones confusas se relacionan con:

- Perspectiva: Manifiestan que hay un "cuadrado con masa" (1-5) o una "boca que contiene esferas" (1-7) sin interpretar la perspectiva con que se representa el depósito en tres dimensiones.
- Material del depósito: En este caso, encontramos dos tipos de dificultad:
 - relacionada con el modelo de la materia: una alumna (1-6) considera que el soporte superior es un cilindro con "más" pelotitas pero en un espacio sin gas. Explica que dichas "pelotitas" están "más pegadas" y se encuentran "sin movimiento". Otro estudiante (1-1) interpreta que sobre la tapa hay un espacio al vacío donde hay "gases que están comprimidos" refiriéndose al depósito.
 - relacionada con el lenguaje formal de la etiqueta: El símbolo del magnesio (Mg) se confundió aquí con la indicación del peso colocado sobre el émbolo expresando "se coloca magnesio para ejercer una presión sobre el gas" (2-6). La notación vectorial podría haberse interpretado como la precipitación del mismo en el recipiente. Esta interpretación se dio solamente en alumnos del profesorado en Química (M2) y no por ejemplo en alumnos de la muestra M3 cuya formación disciplinar está más acentuada en el área de Física que de Química. Esto significa que, aún dentro de las disciplinas que conforman las Ciencias Naturales, la

interpretación de los símbolos pueden dar lugar a ambigüedad y a dificultades de interpretación.

I6- Acerca del termómetro...

Se obtiene una alta frecuencia de respuestas correctas para este indicador, aunque en menor medida algunos comentarios de los estudiantes nos indican la existencia de dificultades en este aspecto como son:

- conocen que el termómetro es un instrumento de medición, aunque no indican qué magnitud se mide con él: "el termómetro puede medir dicho gas" (2-2). Otro estudiante afirma que el termómetro permite medir tanto la temperatura como la presión del gas (1-5).
- consideran que el termómetro permite variar la temperatura: "con el termómetro va regulando la temperatura" (1-7) al igual que se lo hace con la perilla del depósito térmico.

I7- Acerca de la alimentación de gas

En la mayoría de los casos los estudiantes afirman que el gas pasa del tubo de alimentación al sistema. Por ejemplo: "alimentación de gas para más N" (3-11). Muy pocos logran inferir que el número de partículas es una de las variables del sistema como lo hace 3-9 afirmando que "el tubo del costado derecho permite mantener un volumen constante agregando o retirando gas o el elemento en estudio".

Respecto a la sustancia en estudio no se ha considerado en general como una de las variables. Las respuestas aparecen expresadas en términos generales para referirse al gas y sólo en un caso se hace alusión a un gas específico contenido en el sistema de alimentación: "tubo de oxígeno" (3-13). Esta mención concreta podría atribuirse a la familiaridad con este gas o con el uso de tubos de oxígeno en Medicina.

I8- Acerca del "depósito térmico"...

El intercambio de energía entre el sistema y el entorno a través del depósito térmico se considera generalmente como si el sistema absorbe calor. Ej: el depósito "permite calentar el gas" (2-1); el aparato "posee un calentador debajo que permite agregar calor al sistema" (3-9).

El cartel de *depósito térmico* es diferente del resto. No posee flecha que señale el elemento del dibujo al que alude y tiene un marco contrastante que le da importancia. Este hecho podría asociarse a que algunos estudiantes indicaron que el gas se encuentra en el depósito térmico, aunque no puede deducirse de sus respuestas que hayan considerado que el gas esté encerrado en la parte inferior del dispositivo. Ej: "el gas es ubicado dentro de un depósito térmico..." (3-15).

I9- Acerca del espacio vacío que rodea el depósito de material...

En las respuestas en que se explicita este indicador generalmente no se hace alusión al objetivo de espacio vacío en el dispositivo. Podría considerarse que algunos estudiantes han interpretado correctamente el funcionamiento del dispositivo al indicar "el espacio vacío sirve para controlar la presión" (1-10). Sin embargo, algunas respuestas muestran dificultades de interpretación de índole gráfica aclarando que hay un cilindro con gas y "otro cilindro" donde "hay un espacio vacío" (1-2). En otros casos

se considera que este espacio vacío no es regulado desde la experimentación sino que se genera porque "el gas se comprime" (1-4).

c) Sobre las concepciones alternativas de los estudiantes

Es necesario destacar que las actividades que implican el análisis de imágenes permiten poner en evidencia algunas concepciones alternativas de los estudiantes sobre conceptos o fenómenos científicos (Aguilar et al., 2007). En este caso ha sido posible detectar algunas dificultades conceptuales referidas a la escasa diferenciación de los conceptos de calor y temperatura. Algunos ejemplos son:

- en la base se "deposita el calor" (1-1),
- la perilla permite medir "la cantidad de temperatura que se le da" al sistema, la cual se mide con el termómetro (1-2),
- la perilla de control sirve para "controlar el calor que deseamos tener" (1-3),
- el depósito térmico "envía" la temperatura al gas (2-2),
- se "somete al gas a cierta temperatura" (2-10).

II- SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DEL LENGUAJE ESCRITO UTILIZADO EN LAS PRODUCCIONES

Las producciones en lenguaje escrito redactadas por los estudiantes reúnen ciertas características comunes en los siguientes aspectos:

- léxico: utilizan por lo general palabras provenientes tanto del lenguaje cotidiano como otras que son propias del lenguaje científico que involucran conceptos (como la presión) o elementos comúnmente utilizados en experiencias en Ciencias (como émbolos, válvulas, pistones, etc.).
- sintáctico y semántico: las reglas gramaticales utilizadas son generalmente correctas, aunque a veces las producciones presentan dificultades en la coherencia con la frecuencia que reportan otras investigaciones con alumnos del mismo nivel (Sardà y Sanmartí, 2000; Macías y Maturano, 2004).
- pragmático: las producciones cumplen el requerimiento de la consigna y las descripciones elaboradas se ajustan al contexto de una actividad desarrollada en clase de Ciencias.

Por otro lado, podemos afirmar que en la muestra M1 las respuestas se ubican en los niveles explícito e implícito del procesamiento de la información, predominando las oraciones cortas referidas a objetos concretos generalmente presentes en el dibujo. Estas respuestas se formulan en términos de un conjunto de proposiciones que traducen al lenguaje escrito los elementos observables y las relaciones más triviales entre ellos. En cambio, en las M2 y M3, donde predomina el nivel conceptual de interpretación de la información, aparecen expresiones a modo de síntesis conceptuales, con alto nivel de generalización que buscan relacionar las variables y explicar el fenómeno y en algunos casos predecir el comportamiento de las variables cuando las condiciones varían. Asimismo, aparecen símbolos y expresiones matemáticas, es decir, hay un avance sobre el lenguaje formal (García García y Perales Palacios, 2005).

CONCLUSIONES

Respecto a la comparación propuesta para las muestras M1, M2 y M3, notamos que los conocimientos previos de los estudiantes de la muestra M1 sobre este tema son, sin duda, bastante más escasos que los de los estudiantes de las muestras M2 y M3. Estos conocimientos a veces favorecen el aprendizaje, como ocurre cuando ayudan a realizar una interpretación global del dispositivo y determinar su utilidad. En estos casos, generalmente incluyen terminología científica bien utilizada y muestran dominio de la temática en cuestión. Pero otras veces, aunque con muy escasa frecuencia, pueden dificultar el aprendizaje, como sucede cuando hay interpretaciones equivocadas de elementos altamente significativos del dibujo o interpretaciones alternativas de los símbolos, por lo que hace falta aclaraciones y guía adicional en la interpretación.

Cuando los conocimientos previos son escasos, la interpretación del dibujo queda estrictamente vinculada a lo "que se lee" en primer orden, a "lo que se ve" en segundo orden y por último a las relaciones de dichos elementos con los conocimientos previos. En el caso específico del dibujo utilizado estas dificultades pueden influir negativamente en la interpretación de las experiencias que puedan realizarse con el aparato y por lo tanto inhibir los aprendizajes. Sin embargo, una vez superado un nivel crítico de conocimientos que permitan interpretar el dibujo en líneas generales, se diluyen los detalles en las respuestas y priman otras cuestiones como la utilidad, el manejo de variables, etc.

En líneas generales, las respuestas de los alumnos muestran que:

- Las concepciones alternativas acerca de contenidos relacionados como: conceptos de calor y temperatura, modelo de la materia, etc. condicionan la interpretación del dibujo. La explicitación de estas ideas a partir de la imagen muestra la utilidad de este recurso para diagnosticar los conocimientos de los estudiantes.
- La perspectiva y los detalles de sombreado no siempre son interpretados de la forma esperada por el total de alumnos.
- Algunos detalles del dibujo pasan totalmente desapercibidos para muchos estudiantes, posean o no etiquetas nominativas (como las paredes gruesas en el primer caso y el espacio al vacío en el segundo).
- Los símbolos o signos que puedan tener una doble interpretación en el lenguaje científico según el sistema de representación al que correspondan, necesitan de alguna aclaración para favorecer la interpretación deseada.

En síntesis, estamos en condiciones de afirmar que, frente a la imagen propuesta, el proceso de conversión al lenguaje escrito presenta diversas características supeditadas a los conocimientos que poseen los estudiantes sobre el tema. Así, los estudiantes de menor edad y menor formación académica realizan una conversión "término a término", estableciendo un paralelo entre los elementos que pueden observar en la imagen y la descripción minuciosa de los elementos que componen el dispositivo. Para ello hacen uso de las etiquetas y los elementos observables, por sobre los detalles poco claros. Esto puede atribuirse al nivel de comprensión de la información tanto explícita como implícita (Postigo y Pozo, 1999).

En cambio los estudiantes de mayor formación académica, van abandonando este paralelismo en la conversión, alejándose de la descripción propiamente dicha, e intentan mostrar sus conocimientos sobre el tema a través de una expresión en forma de síntesis, vinculado al nivel conceptual de procesamiento de la información (Postigo y Pozo, 1999). Esto supone el establecimiento de una serie de inferencias acerca de la utilidad del dispositivo, las funciones que cumplen los diferentes elementos presentes en la representación, sus relaciones y su organización con relación al funcionamiento general del aparato como sistema integrado. En muchos casos, en este tipo de respuestas se reflejan asimismo, tanto sus concepciones alternativas acerca del tema como las dificultades para interpretar los elementos presentes en la imagen.

La promoción de la explicitación del proceso de conversión entre distintos sistemas de representación en el aula permitiría al docente y al estudiante obtener un mayor conocimiento acerca de los distintos grados de apropiación y síntesis que poseen de la información presente en una imagen y la promoción del lenguaje escrito como modo de expresión valioso para las Ciencias Naturales.

No podemos interpretar imágenes en forma apresurada. Las imágenes utilizadas en el aprendizaje de las Ciencias requieren un conocimiento del lenguaje simbólico y sus implicaciones conceptuales. Su decodificación y comprensión involucran un proceso que no se da naturalmente, es necesario aprenderlo, es necesario enseñarlo. Por esta razón proponemos a los docentes una serie de actividades centradas en la lectura e interpretación de imágenes en Ciencias Naturales posibles de implementarse en el aula, tales como:

- Identificación y clasificación de diferentes registros semióticos, es decir, de los diferentes lenguajes en que se expresan las Ciencias Naturales, para la construcción de un saber integrado adecuado a cada contexto de aprendizaje.
- Realización de ejercicios de conversión entre diferentes formas de representación externa de los fenómenos para explicitar, por medio de las inferencias que realizan los estudiantes, los significados que atribuyen a los mismos. Con esto se facilitaría el logro de un dominio más completo de los lenguajes utilizados en las Ciencias Naturales.

Actualmente nuestro equipo de trabajo se encuentra abocado a la capacitación de docentes en ejercicio sobre algunos temas como la lectura de imágenes, su procesamiento e interpretación, los distintos lenguajes en que las Ciencias Naturales se expresan y los procesos de conversión entre ellos. Con estas actividades buscamos favorecer en los estudiantes la creación de mecanismos de transferencia del conocimiento a nuevas situaciones de aprendizaje. Los resultados obtenidos hasta ahora nos alientan a seguir investigando los diversos sistemas de representación externa propios de las Ciencias Naturales, su producción, tratamiento y conversión y sus múltiples posibilidades de desarrollo en el aula.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, S., Maturano, C. y Núñez, G. (2007). Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes

- universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6(3), 691-713. En línea en: <http://reec.uvigo.es/Volumenes.htm>.
- Anderson, R. C. y Pearson, P. D. (1984). A schema-theoric view of basic processes in reading comprehension. En P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of Reading Research*. Nueva York: Longman.
- Bruner, J. (1998). *Acción, pensamiento y lenguaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- Duval, R (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Cali. Colombia: Universidad del Valle y Meter Lang S.A. (Citado en García García, 2005)
- Galagovsky, L. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(3), 349-364.
- García García, J.J. (2005). La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de Ciencias Experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula. Memoria de tesis doctoral. Universidad de Granada. España. Extraído el 18 de marzo, 2008 de: <http://hera.ugr.es/tesisugr/15518620.pdf>
- García García, J.J. y Perales Palacios, F.J. (2005). ¿Influye la formación académica de los estudiantes en su comprensión de las representaciones gráficas cartesianas? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, VII Congreso, 1-5.
- Lemke, J.L. (1997). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Ed. Paidós.
- Macías, A. y Maturano, C. (2004) ¿Qué dificultades tienen los alumnos para escribir sobre contenidos de Física? *Tarbiya*, 35, 85-105.
- Otero, J. (2001). *Curso de Postgrado "El aprendizaje a partir de textos científicos: la importancia de comprender y controlar si se comprende"*. Documentos de información. San Juan. Argentina.
- Perales, F. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.
- Pericot, J. (2005). La imagen gráfica: del significado implícito al sentido inferido. *Formats. Revista de comunicación audiovisual*. Nº4. Extraído el 20 de marzo, 2008 de: www.upf.edu/formatsc
- Postigo, Y. y Pozo, J. I. (1999). Hacia una nueva alfabetización: el aprendizaje de información gráfica. En comp. de Pozo, J.I. y Monereo, C. (coord.) *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Aula XXI. Santillana.
- Resnick, R.; Halliday, D. y Krane, K. (1999). *Física*. Volumen 1. México: C.E.C.S.A.
- Sardà, A. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*. Vol 18(3), 405-422.

THE CONVERSION OF IMAGES TO WRITTEN LANGUAGE: A CHALLENGE TO THE STUDENT OF NATURAL SCIENCES

SUMMARY

The present work aims at inquiring how students interpret an image which lacks its original context and convert the observed elements of such representation to the written language. The activity proposed to make the conversion explicit is the description of a device to experiment with gases represented in the image. The sample selected includes groups of college students attending different years from different careers. The results show that the process of conversion to the written language presents diverse characteristics which are subject to the students' knowledge about the topic. Thus, the younger whose academic instruction is lower, make a term to term conversion. On the contrary, the students with more academic instruction leave this parallelism, moving away from the description itself, and attempt to show their knowledge about the topic by using different expressive resources as synthesis. We consider that favouring the explicitness of the process of conversion between different systems of representation contributes to the teaching and learning of the Natural Sciences.

Key wordS: *Images; representations; teaching- learning; Natural Sciences.*