

CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES MULTIMODALES: ¿QUÉ APORTAN LOS DIVERSOS REGISTROS SEMIÓTICOS?

Adrianna Gómez*

RESUMEN

En este trabajo se aporta información en relación a la forma en que se construyen explicaciones multimodales en la clase de ciencias. Específicamente qué aportan tres soportes semióticos (oral, dibujo y maqueta) a la construcción del modelo teórico sobre “órganos de los sentidos y sistema nervioso”. A través de una metodología cualitativa y de análisis del discurso, se analizan las explicaciones multimodales generadas en dos secuencias didácticas, una dirigida a estudiantes de pre-escolar y otra a alumnos de 4º y 5º de primaria. Tras el análisis encontramos que los diferentes soportes semióticos tienen una contribución diferencial en la construcción del modelo; de forma complementaria enriquecen las explicaciones de los alumnos. Por otra parte las docentes apoyan la competencia en la ejecución de los alumnos y la negociación social de la representación, generando procesos de regulación.

PALABRAS CLAVE: Explicaciones multimodales, semiótica, enseñanza de las ciencias.

THE CONSTRUCTION OF MULTIMODAL EXPLANATIONS: WHAT DO THE DIVERSE SEMIOTIC MEDIUMS REVEAL?

ABSTRACT

This work provides information on the way multi-modal explanations are constructed in school science. The article is especially interested in the specific contributions of three semiotic mediums (oral, graphic, 3d model) to the construction of the theoretical model on “sense organs and nervous system”. By means of a qualitative methodology and discourse analysis, the multimodal explanations generated in two didactic sequences, one aimed at pre-scholar children and the other at 4th and 5th grade students, were analyzed. The results showed that different semiotic mediums have a specific contribution in the construction of the model; complementary, they enrich the children’s explanations. Additionally, the teachers support the students’ performance and the social negotiation of representation, generating regulation processes.

KEY WORDS: Multimodal explanations, semiotic, science education.

INTRODUCCIÓN Y REFERENTES TEÓRICOS

Las explicaciones multimodales incorporan diversos soportes semióticos (Kress et al., 2001) apoyándose en representaciones externas, entendidas éstas como la expresión concreta de un modelo en algún registro semiótico determinado (lenguaje natural, imagen, maqueta...) (Buckley, 2000). Esta expresión es creada con un propósito particular, ya sea comunicativo, para negociar significados, cognitivo, para razonar, u operatorio, para resolver problemas. Las representaciones son externas, es decir, “observables” en sentido amplio (tienen un soporte simbólico).

Una de las finalidades de la construcción de explicaciones escolares es que los alumnos organicen e integren el conocimiento, permitiéndoles acrecentar la comprensión de un fenómeno (Norris et al. 2005). Específicamente, en la enseñanza de las ciencias, las explicaciones suelen insertarse en una historia narrativa (Ogborn et al., 2007) en la cual se van incorporando relaciones entre algunas entidades abstractas y los fenómenos estudiados. Para los alumnos ello implica construir

un pensamiento teórico sobre el mundo donde dichas entidades toman sentido al explicar los fenómenos, es decir, implica la construcción de modelos teóricos escolares (Izquierdo y Aduriz-Bravo, 2003). Consideramos que la construcción de modelos por parte de los alumnos está mediada por la actividad que realizan (experimental, argumentativa, representacional) y por la colaboración con otros (compañeros o maestros).

Durante el proceso de modelización la construcción de explicaciones permite tanto la construcción del modelo a través de integrar entidades teóricas sobre los fenómenos estudiados, como su validación a través de la regulación y prueba del poder explicativo.

El estudio de las explicaciones que se construyen en el aula de ciencias tradicionalmente ha dado mayor relevancia a la comunicación oral, y de forma secundaria, a través de textos (Jewitt et al. 2001). Sin embargo, en los últimos años se ha venido prestando atención a otros registros semióticos implicados en las explicaciones. Los trabajos de Márquez (Márquez, 2002; Márquez et al., 2003), llaman la atención sobre los gestos y el lenguaje visual que una profesora utiliza en clase al explicar el ciclo del agua. Así mismo, los trabajos de Kress y Jewitt, han llamado la atención sobre las explicaciones que integran texto, dibujos y palabras (Jewitt et al., 2001; Kress et al., 2001). Por otra parte, hace algunos años se viene estudiando la forma en que los alumnos interpretan, o no, imágenes tridimensionales. Esta última línea de investigación está muy vinculada a la integración en clase de las nuevas tecnologías y de las imágenes tridimensionales esencialmente en el área de química y ha aportado conocimiento relacionado con la llamada “visualización”¹ (NSF, 2001).

Si bien el uso en clase de dibujos, maquetas y textos es amplio y diverso, existen pocos estudios sobre la forma en que construyen explicaciones multimodales en interacción entre maestros y alumnos y, especialmente, la especificidad en el apoyo de los diversos soportes semióticos en la construcción de explicaciones. Un aspecto aún por estudiar es cómo cada registro semiótico (dibujo, texto, habla, figuras en 3D) aporta a la construcción de la explicación y al proceso de modelización. Así mismo, cómo se construyen estas explicaciones en interacción entre maestros y

¹ Estoy considerando como visualización las actividades relacionadas con la imaginación visual, así como también las relacionadas con la llamada visualización externa, por ejemplo la creación de imágenes externas o representaciones externas.

alumnos, y qué papel juega cada uno en la generación de los diferentes soportes semióticos y en su integración a la explicación multimodal.

Así, en este trabajo nuestro interés es comprender cuál es el aporte específico de tres soportes semióticos, oral (conversación), dibujos y maquetas, en la construcción de explicaciones científicas escolares. Especialmente nos preguntamos:

- ¿Cuál es la contribución específica de los diferentes soportes semióticos en la generación de explicaciones multimodales?
- ¿Cuál es el rol desempeñado por los maestros y cuál el desempeñado por los alumnos cuando construyen de forma conjunta explicaciones multimodales?

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se enmarca en una metodología cualitativa, con un método de análisis del discurso (Edwards y Mercer, 1998), usando el análisis de la conversación y de la actividad para identificar la forma en que se colabora, se usan las representaciones externas y se construyen explicaciones multimodales.

Para lo anterior se video-grabaron las actividades en el aula y se audio-grabaron las conversaciones de docentes y alumnos al realizar actividades, al discutir las experiencias y al elaborar las representaciones, en el contexto de dos Secuencias Didácticas sobre órganos de los sentidos y sistema nervioso. También se fotografiaron las maquetas, se fotocopiaron los dibujos y los cuadernos de los alumnos, y se obtuvieron el plan de clases y el diario de las maestras.

Las Secuencias Didácticas: la Secuencia Didáctica 1 estaba dirigida a un grupo integrado de 2º y 3º de educación pre-escolar (10 niños y niñas de entre 3 y 5 años). Ésta constó de 9 sesiones de una hora; se analizan aquí las sesiones 1, 2, 5, y 7 en las que se elaboran dibujos y la sesión 8 en la que se elabora una maqueta. La Secuencia Didáctica 2 estaba dirigida a un grupo integrado de 4º y 5º de primaria (5 niños y niñas de entre 9 y 11 años). Ésta se desarrolló en 7 sesiones de una hora de duración. Aquí se analizan las sesiones 3, 4 y 6 en las cuales se realizaron dibujos y la 7 en la que se realizó una maqueta. Ambas Secuencias se llevaron a cabo en el “Colegio Rébsamen” en Naucalpan, Estado de México, México, en el otoño de 2006.

Las sesiones de trabajo se dividían en tres partes: 1. las docentes proponían experiencias sensoriales o experimentos; 2. se realizaba una conversación grupal para interpretar las experiencias; 3. se generaba una representación de forma individual (dibujo o maqueta), durante esta fase las maestras iban pidiendo explicaciones a los alumnos sobre sus representaciones y también los niños comentaban entre ellos sus dibujos.

Estudiamos estos materiales mediante Unidades de Análisis (UA), siendo éstas fragmentos de actividad en los que se genera una representación específica sobre el fenómeno estudiado o en el que se genera una explicación multimodal sobre un fenómeno específico. Se generaron de forma inductiva categorías para el análisis, las cuales se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de análisis.

Categoría	Descripción
Entidades: - introducidas en la conversación - representadas en dibujo o maqueta	Las entidades son construcciones introducidas para pensar el fenómeno desde un punto de vista teórico. Ejemplo: "cablecitos", "cerebro", "información".
Propiedades de las entidades: - introducidas en la conversación - introducidas en dibujos o maqueta	Las propiedades muestran estados de la entidad. Ejemplo: la luz viaja en línea recta, el cerebro es "esponjoso".
Relaciones entre entidades: - introducidas en la conversación - introducidas en dibujos o maqueta	Muestra una vinculación entre dos entidades. Ejemplo: los cablecitos conectan al órgano del sentido con el cerebro.
Rol del alumno	Actividad del alumno, la introducción, regulación o socialización de entidades, propiedades y relaciones.
Rol de la maestra	Actividad de la profesora, la introducción, regulación o socialización de entidades, propiedades y relaciones.

RESULTADOS

Se analizaron nueve Unidades de Análisis, cinco en la Secuencia Didáctica 1, y cuatro en la 2. Presento los resultados atendiendo a dos aspectos. El primero es el análisis de las entidades introducidas en cada Unidad de Análisis con la finalidad de

comprender cómo aporta cada recurso semiótico en la construcción de explicaciones en el modelo “órganos de los sentidos y sistema nervioso”, parte éste del modelo “relación” en seres vivos, que remite a la posibilidad de los seres vivos de captar y responder a estímulos (García, 2005; Gómez, Sanmartí y Pujol, 2007). El segundo es el papel desempeñado por la maestra y por los alumnos en la construcción de explicaciones multimodales.

Respecto a las entidades introducidas

Las entidades se conciben aquí como ideas o conceptos que permiten explicar el fenómeno estudiado, son unidades para pensar y para planificar las acciones (en este caso experimental, o de experiencias sensoriales).

Al analizar las nueve Unidades de Análisis encontré que las explicaciones se insertaron en una historia narrativa con una secuencialidad en la introducción de nuevas ideas. En esta secuencia las representaciones pueden considerarse cada vez más abstractas ya que paulatinamente van alejándose de la representación del experimento que les antecedente, y van integrando ideas generadas en actividades anteriores. Además, las representaciones utilizadas a lo largo de las dos Secuencias Didácticas van siendo cada vez más abstractas, integrando ideas construidas en actividades anteriores al mismo tiempo que más entidades, relaciones y propiedades (ver Tablas 2 y 3).

Las actividades sensoriales propuestas por las docentes fueron la fuente de evidencias para las explicaciones que los alumnos construían y que retomaban al explicar sus dibujos. Por ejemplo, en la Unidad de Análisis 1, la posibilidad de que algunos niños reconocieran un incienso como fuente de un olor determinado y el hecho de que otros niños no supieran a qué olía, fue la evidencia usada para argumentar que el cerebro estaba interviniendo en el reconocimiento de los olores.

Por otra parte, al analizar las Unidades de Análisis 5 y 9, en las que se generó una maqueta, observamos dos aspectos de interés. Por un lado, si bien en la UA 5 (maqueta) los alumnos recuperaban las entidades construidas con antelación, el nivel de complejidad de la representación, en términos de la tarea cognitiva planteada, disminuyó. Esto puede deberse a que la competencia en la ejecución

necesaria era mayor (la maqueta era tamaño natural y se utilizaban diversos materiales).

Tabla 2. Unidades de Análisis de la Secuencia Didáctica 1.

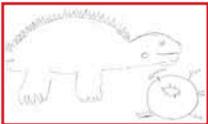
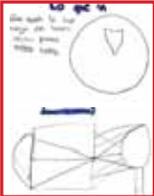
Unidades de Análisis Secuencia Didáctica 1				
UA ₁	UA ₂	UA ₃	UA ₄	UA ₅
Actividad 1.	Actividad 2.	Actividad 5.	Actividad 7.	Actividad 8.
<p>Exploración de ideas de partida. Se realizan experiencias sensoriales. Se discuten. Los niños y niñas dibujan: "¿Qué sucede dentro de mi cuerpo cuando siento (calor, frío, veo algo, pruebo comida, etc.)?", tomando en cuenta los cinco sentidos.</p>	<p>Sentido del gusto. Se prueban distintas sustancias con los ojos cerrados. Se discute la experiencia. Las profesoras proveen una silueta de la cabeza humana y los alumnos dibujan: "¿Qué sucede dentro de mi cuerpo cuando pruebo diversos sabores?".</p>	<p>Sentido del oído. Se escucha música, se baila, se sigue un sonido con los ojos cerrados, etc. Se discuten las experiencias. Las profesoras proveen dos siluetas de la cabeza humana (frente y perfil) y los alumnos dibujan: "¿Qué sucede dentro de mi cuerpo cuando escucho música?".</p>	<p>Sentido del tacto. Se sienten diversas texturas con los ojos cerrados. Se hace una cajita de texturas. Se discuten las experiencias. Las profesoras proveen una silueta del cuerpo humano y los alumnos dibujan: "¿Qué sucede dentro de mi cuerpo cuando siento (calor, frío, tacto)?".</p>	<p>Síntesis, todos los sentidos. Se realizan diversas experiencias sensoriales y se discuten. Las profesoras dibujan la silueta de cada niño y niña (tamaño natural) y los alumnos, usando diversos materiales, representan: "¿Qué sucede dentro de mi cuerpo para que pueda sentir qué sucede a mí alrededor?".</p>
				

En contraparte en la Unidad de Análisis 9, la maqueta de la visión, la representación es más compleja, en ella los estudiantes representan más entidades que en los

dibujos antecedentes, por ejemplo, las “partes” o células en el cerebro y la conexión entre las células a través de los “cablecitos”.

Lo anterior, me permite afirmar que el tipo de soporte semiótico influye en la explicación generada por los alumnos. Especialmente la competencia de los alumnos en el uso del soporte semiótico, relacionado con la solicitud específica que se realiza. Por ejemplo, en el caso de la Unidad de Análisis 5, el tamaño de la maqueta solicitada influyó en la posibilidad de los alumnos de explicar, es decir, de las entidades y relaciones usadas en su explicación. Así, encontramos que no es lo mismo para los alumnos explicar apoyados en un dibujo que en una maqueta.

Tabla 3. Unidades de Análisis de la Secuencia Didáctica 2.

Unidades de Análisis Secuencia Didáctica 2			
UA ₆	UA ₇	UA ₈	UA ₉
Actividad 3.	Actividad 4.	Actividad 6.	Actividad 7.
Diferencia entre lo que vemos y lo que hay. Los niños y niñas realizan un dibujo de un dinosaurio de juguete desde diversas posiciones. Se discute la diferencia entre lo que vemos y lo que ven los demás. También se introduce la idea de que se necesita luz para ver a través de una experiencia de observar dentro de una caja sin luz y con luz.	La luz viaja en línea recta. Se realiza un experimento de cámara oscura, antes los alumnos hacen predicciones. Después se explica lo observado utilizando el modelo geométrico de la luz.	¿Cómo vemos? Se realizan diversos experimentos sobre la visión y la visión tridimensional. Se discuten los resultados y se realiza un dibujo explicativo sobre la visión humana.	¿Cómo vemos? Previo a la actividad los alumnos planifican la elaboración de una maqueta y definen materiales a usar. Posteriormente realizan una maqueta en equipo de dos y tres alumnos utilizando los materiales seleccionados.
			

Por otra parte, encontré que el uso de la maqueta permitió la visualización de diferentes *propiedades de las entidades* que las representadas en dibujos previos. Esto se debe a que el uso de diversos materiales permitió la visualización de propiedades de las entidades que antes no habían sido integradas, o que si lo eran no fueron discutidas en clase ya que pasaban desapercibidas. Por ejemplo, en la Unidad de Análisis 9 tenemos la siguiente conversación, que muestra la discusión relacionada con una propiedad de la entidad “cablecitos” que conectan ojos y cerebro:

Laura: Los palitos son la luz que viaja de aquí, de la vela, al ojo.

Maestra: aha, mm ¿y por qué usas palitos aquí? (del ojo al cerebro).

Laura: Se forma la imagen aquí ¿no? (señalando la parte trasera del ojo) y luego *la luz* va hasta el cerebro por aquí.

Maestra: ahh, pero, a ver, vamos a ver este asunto, ¿dónde están Luis e Israel, a ver ellos qué opinan?

Aunque Laura había realizado un dibujo previo, su idea de que en la entidad “cablecitos” viajaba luz (una propiedad de la entidad) había pasada desapercibida en el dibujo.

El uso de diversos materiales en la elaboración de maquetas permite la incorporación de propiedades de las entidades, ya que en entidades como órganos de los sentidos, cerebro y “cablecitos” los materiales usados por los alumnos eran elegidos para reconstruir algunas “propiedades”: tapas redondas para los ojos que son redondos, estambre para las fibras nerviosas que son “tubitos” o “cablecitos” que han de ser delgados y largos, y algodón para el cerebro que es “esponjoso”. En cuanto a los estudiantes de la Secuencia Didáctica dos: palitos para la luz que viaja en línea recta, bolitas de unicel para las células que son redondas, etc.

Este aspecto me parece relevante en tanto a la posibilidad de los alumnos de materializar entidades abstractas, lo cual puede contribuir a desarrollar competencias relacionadas con la visualización consideradas, hoy día, un elemento clave en el aprendizaje de las ciencias (NSF, 2001). Además, en el proceso de modelización en la ciencia escolar, la posibilidad de ir y venir entre las experiencias y las entidades abstractas ha de pasar por la capacidad de representarlas, ya sea con palabras, dibujos, o con materiales.

Otro aspecto a considerar es el lenguaje oral asociado a la explicación de los dibujos y maquetas. La posibilidad de los alumnos de explicar su dibujo, les permitió integrar en su explicación las experiencias sensoriales propuestas, las ideas construidas y, además, otros aspectos que consideraban pertinentes para dar congruencia a sus nuevas ideas y otras que habían construido en otros contextos, por ejemplo:

UA 2 (explicación del dibujo, sentido del gusto).

Maestra: Explícame tu dibujo Ramón.

Ramón: Los granitos de sal se van al cerebro por los tubitos. El cerebro dice ah! es sal y luego los regresa a la lengua y la lengua los lleva a la panza.

Encontramos así que el lenguaje oral permitió a los alumnos, apoyados en sus dibujos, ir más allá de la explicación plasmada gráficamente, para generar una explicación más amplia que involucraba otros procesos, enriqueciendo así la explicación generada.

Hubo entidades que se introdujeron en la discusión, pero que no se recuperan en los dibujos realizados después de la misma; en la UA 1 la conexión entre el cerebro y los sentidos se habla en clase, pero los niños no la dibujan. Por otra parte, al explicar sus dibujos los niños empiezan a dar sentido a lo que viaja a través de los "cablecitos", sin que necesariamente se haya explicitado en la clase, pero que sí ha sido parte de la negociación social de la representación (cartas, trocitos de comida) y que, además, no se encuentra representado en sus dibujos. Por otra parte, en la maqueta, actividad final de la secuencia didáctica, en la que esperaríamos encontrar la mayor complejidad en las explicaciones de los alumnos, se reduce el número de entidades y relaciones representadas. Es decir, no es lo mismo para los alumnos representar sus ideas en un dibujo, en una maqueta, o de forma oral.

Con respecto a la función de las docentes

Las funciones básicas de las docentes se relacionaron con la organización de las actividades, la introducción de experiencias sensoriales y la generación de preguntas específicas que favorecieran la introducción de entidades. Se puede identificar que las docentes construyen una historia narrativa en términos de lo que Ogborn y cols. (1997) denominarían: generación de las diferencias (entre lo que se sabe y experimenta y lo que aún no se sabe, por ejemplo, explicar cómo llega la información de la mano al cerebro); creación de entidades (promovida a través de

preguntas) y dotar de sentido a la materia (especialmente a través de los dibujos), guiando así la construcción del modelo teórico, en este caso un modelo sobre cómo nos relacionamos las personas con el ambiente.

Para dotar de sentido a la materia, un elemento relevante fue la elaboración de dibujos, donde, a pesar de ser elaborados por los alumnos, las docentes tuvieron una contribución relevante. Por ejemplo, en la Secuencia Didáctica 1, encontramos que a partir de la UA 2 las docentes contribuyen con la elaboración de una silueta del ser humano, o parte de ésta, para que los niños realicen su dibujo. Ello se debe a que tienen interés en que los alumnos dibujen “*lo que sucede dentro*” del cuerpo humano. En la UA 1, sin silueta proporcionada por las docentes, se presentaron tres dificultades en la elaboración de la representación por parte del alumnado: primero, que el tiempo utilizado para generar el dibujo fue muy amplio; segundo, que tendían a centrarse en la figura exterior dibujando adornos, ornamentos y ropa; y tercero, que el pequeño tamaño de su dibujo fue un obstáculo para el desarrollo de la tarea cognitiva (explicar qué sucede dentro del cuerpo), resultando en que varios de ellos dibujaron el cerebro fuera de la cabeza (ver Tabla 1, UA 1).

En trabajos anteriores Danish & Enyedy (2006), mencionan que la construcción de representaciones en clase es negociada en interacciones sociales y es mediada por una serie de elementos, entre ellos la competencia de los alumnos para dibujar. En este caso, la competencia de los alumnos para dibujar constituye un obstáculo para llevar a término la tarea. De igual manera, el objetivo buscado por las docentes respecto a que los alumnos se centren en lo que sucede dentro del cuerpo no se logra completamente, quizás debido a una falta de negociación social de la representación.

Siendo así, a partir de la UA 2, las docentes, además de apoyar la competencia en la ejecución a través de la silueta proporcionada, participan más activamente en la negociación social de la representación al enfatizar con los alumnos el qué han de pensar en lo que sucede *dentro* de su cuerpo.

Como resultado de estas dos formas de colaboración, se observa un avance significativo en la realización de la tarea en la UA 2 respecto a la UA 1 (ver Tabla 2).

Por otra parte, encontramos que la posibilidad de que cada representación resaltara ciertas entidades o relaciones estaba condicionada por las preguntas e indicaciones

de la maestra. Ellas llevaban la mirada de los alumnos hacia ciertas relaciones que ellas priorizaban. Esto se mostró en la recurrencia de algunas entidades desatacadas por la docente, por ejemplo, la idea de que la luz viaja en línea recta (Unidades de Análisis 7 y 8). Al parecer, ella considera algunas ideas como básicas en el modelo teórico que se construía a la vez que poco accesible a los alumnos. Dicha recurrencia fue una estrategia de las maestras para aumentar su comprensión y su conexión con el fenómeno explicado.

Por otra parte, en las Unidades de Análisis 4 y 8, encontré una complejidad de la representación generada, dada por la grafía de comunicación de todo el cuerpo y el cerebro a través de líneas o la representación de la visión en humanos, que hubiera sido difícil de lograr en niños de esta edad sin el apoyo del trabajo colaborativo entre alumnos y maestras al discutir las experiencias y socializar los dibujos.

DISCUSIÓN: EL APORTE DE CADA RECURSO SEMIÓTICO

Los diversos soportes semióticos tuvieron una contribución específica en la construcción del modelo. Concretamente en la recuperación de la historia narrativa apoyando a los alumnos y alumnas a visualizar, socializar e integrar las entidades para explicar relaciones causales con una complejidad creciente, que hubieran sido difícil sin el uso de dichas representaciones.

En la utilización integrada de diversos recursos semióticos, cada uno puede aportar diferentes “cualidades” del modelo. Es decir, cuando los alumnos generan un dibujo, éste puede mostrar algunas entidades y relaciones, sin embargo, cuando realizan una maqueta para explicar el mismo fenómeno pueden identificarse algunas propiedades de las entidades que antes no habían sido introducidas en la explicación. En la explicación oral los estudiantes incorporaban nuevos elementos generados para dar congruencia a su explicación con otras experiencias e ideas previas, esto promovido por las preguntas de la maestra del tipo: ¿qué más?

En el uso de dibujos y maquetas la profesora pudo visualizar diferentes entidades, relaciones y propiedades de las entidades y apoyar de forma diferencial los procesos de regulación. Podemos decir que cada recurso semiótico permitió la socialización de diferentes aspectos del modelo.

Las representaciones externas generadas en diversos registros semióticos actúan como mediadores entre las ideas de partida de los alumnos y el modelo teórico a construir, así como entre las ideas individuales y las grupales favoreciendo la regulación y socialización del modelo.

Un aspecto importante fue la socialización de las representaciones. Así, durante la construcción de explicaciones multimodales en el aula se genera una compleja interacción entre las actividades propuestas, la función docente y el uso de diversas representaciones. Cada registro semiótico representa diferente grado de dificultad para los alumnos, sin embargo, el uso combinado de diversos registros semióticos resulta en una mejor comunicación y negociación de las ideas en el aula.

En este trabajo, encuentro que es durante la resolución de la tarea que las docentes participan en dos aspectos relevantes: en la negociación social de la representación con procesos de regulación continua y en la competencia en la ejecución de los dibujos y maquetas por parte de los alumnos.

Introducir dibujos y maquetas como soporte semiótico para explicar, puede permitir a los alumnos generar representaciones donde las ideas van siendo institucionalizadas en otro tipo de representaciones semióticas, no sólo el lenguaje oral o escrito, de mayor tradición en las aulas de ciencias.

Estudios sobre visualización en ciencias, han mostrado que el reconocimiento de patrones espaciales y su transformación resulta un reto para los estudiantes, y requiere tiempo el aprendizaje de esta clase de visualización (NSF, 2001). Por tanto, puede resultar conveniente empezar desde edades tempranas a desarrollar habilidades relacionadas con la visualización y la interpretación de imágenes que representan procesos físicos, químicos y biológicos, considerando que estas imágenes pueden ser incorporadas en los procesos de argumentación en el aula.

En este sentido, la posibilidad de interpretación de las imágenes y maquetas está relacionada con la generación de consensos y convenios. La generación de un consenso tiene que ver con la posibilidad de compartir tanto experiencias como formas de interpretar, bajo una serie de entidades y sus relaciones, dicha experiencia, lo cual promueve los procesos de modelización en el aula. Por otra parte, el desarrollo de convenios permite institucionalizar los consensos establecidos. Ambas actividades son características de la actividad científica.

Algunas de las dificultades de los alumnos para interpretar dibujos o maquetas tienen que ver con la posibilidad de reconocer las convenciones utilizadas (NSF, 2001). La incorporación de los dibujos y maquetas en la comunicación en clase podría favorecer el desarrollo y reconocimiento de convencionalismos utilizados en los dibujos y maquetas en la ciencia.

En este sentido, en la construcción de explicaciones multimodales los alumnos aprenden simultáneamente los conceptos y la forma en que se visualizan, bajo diversas representaciones, asociándolos a la interpretación de un fenómeno. Las representaciones se convierten en mediadores en los procesos de argumentación y construcción de ideas científicas en el aula.

Especialmente en el área de química, en la cual existen mayor número de trabajos realizados en relación a la visualización y la comprensión de representaciones por parte de los alumnos, además del conocimiento previo y conceptual de los alumnos, se mencionan las habilidades de representación espacial relacionadas con la comprensión de la estructura molecular (Ferk et al., 2003). Sin embargo, en otras áreas como biología las representaciones están más bien relacionadas con la representación de procesos, donde pueden entrar en juego otras habilidades al generar e interpretar representaciones. En este trabajo, se identificó la competencia en la ejecución del dibujo, la selección de materiales asociados a propiedades de las entidades en maquetas, y la negociación social de la representación, entre otros, como elementos clave para la ejecución de la tarea, sin embargo, es necesaria mayor investigación en el área para comprender cómo maestros y alumnos generan explicaciones multimodales en el aula con la finalidad de desarrollar una competencia representacional en ciencias.

Lo anterior, nos lleva a dos reflexiones para el trabajo en el aula relacionadas con el uso de representaciones: primero, la importancia de propiciar explicaciones multimodales de los fenómenos que podría permitir a los niños integrar mayor número de entidades, relaciones y propiedades, al darles oportunidad de generar representaciones orales, gestuales, pictóricas, etc.; y, la otra, el tener presente que el tipo de soporte semiótico de una explicación influye en el tipo de explicación generada.

Otro elemento a considerar es la actividad de las docentes, quienes apoyan la competencia en la ejecución de la representación, pero además tienen un papel importante en la negociación social de la representación.

Finalmente, hay que destacar, entonces, que la posibilidad de los alumnos de representar explicaciones más complejas, no solo está relacionada con las ideas que han expresado o representado en momentos anteriores, sino también con el tipo específico de representación que se les solicita en cada momento, con el apoyo que reciben de otras personas, especialmente de las docentes, y de la negociación social de la tarea que se realiza.

AGRADECIMIENTOS

A los niños y las niñas del “Colegio Rébsamen” en Naucalpan, Estado de México, y a las profesoras Leticia Zamorano y María de los Ángeles Galindo. Esta investigación fue apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT y la Secretaría de Educación Pública y Subsecretaría de Educación Básica SEP-SEB México, a través del proyecto 48374.

BIBLIOGRAFÍA

Buckley, B.C. (2000). “Interactive multimedia and model-based learning in biology”. *Int J. Sci. Edu.*, 22(9): 895-935.

Danish, J. & Enyedy, N. (2006). “Negotiated representational mediators: How young children decide what to include in their science representations”. *Science Education*, 91(1):1-35.

Edwards, D. y Mercer, N. (1998). *El conocimiento compartido: El desarrollo de la comprensión en el aula*. Barcelona: Paidós-MEC.

Ferk, V., Vrtacnik, M., Blejec, A. & Gril, A. (2003). “Students’ Understanding of Molecular Structure Representations”. *International Journal of Science Education*, 25(10): 1227-1245.

García, P. (2005). "Los modelos como organizadores del currículo en biología". *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra: 1-5.

Gómez, A. (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: Una visión escalar*. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra.

_____. (2008) *Analysis of the use of drawings and scale models in the construction of multi-modal explanations by primary students when studying the sense of sight*. ERIDOB Congress.

Gómez, A., Sanmartí, N. y Pujol, R. (2007). "Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para construir el modelo de ser vivo en la escuela primaria". *Enseñanza de las Ciencias*, 25(3): 325-340.

Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). "Epistemological foundations of school science". *Science & Education*, 12(1): 27-43.

Jewitt, C., Kress, G., Ogborn J y Tsatsarelis C. (2001). "Exploring Learning Through Visual, Actional And Linguistic Communication: The Multimodal Environment of A Science Classroom". *Educational Review* 53, (1): 5-18.

Kress, G., Jewitt, C., Ogborn, J. y Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom*. London: Continuum.

Márquez, C. (2002). *La comunicació multimodal en l'ensenyament del cicle de l'aigua*. Tesis Doctoral. Doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales y las Matemáticas. UAB, España.

Marquez, C., Izquierdo, M. y Espinet, M. (2003). "Comunicación multimodal en las clases de ciencias: el ciclo del agua". *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3): 371-386.

Norris, S. et al. (2005). "A theoretical framework for narrative explanation in science". *Sci. Ed.*, 89: 535-563.

NSF. (2001). *Molecular visualization in science education*. N. S. Foundation. Arlington, VA, NSF: 1-29.

Ogborn, J., Gunther, K., Martins, M., NcGillicuddy, K. et al. (2007). *Explaining science in the classroom*. UK: Browns Book.