



Revista Mexicana de Investigación Educativa

ISSN: 1405-6666

revista@comie.org.mx

Consejo Mexicano de Investigación Educativa,  
A.C.

México

Gómez, Adrianna

Un análisis desde la cognición distribuida en preescolar. El uso de dibujos y maquetas en la construcción de explicaciones sobre órganos de los sentidos y el sistema nervioso  
Revista Mexicana de Investigación Educativa, vol. 14, núm. 41, abril-junio, 2009, pp. 403-430  
Consejo Mexicano de Investigación Educativa, A.C.  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14004104>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## UN ANÁLISIS DESDE LA COGNICIÓN DISTRIBUIDA EN PREESCOLAR

*El uso de dibujos y maquetas en la construcción  
de explicaciones sobre órganos de los sentidos y el sistema nervioso*

ADRIANNA GÓMEZ

### Resumen:

Este trabajo estudia la forma en que la colaboración entre maestras y alumnos así como una serie de representaciones externas elaboradas durante una secuencia didáctica apoyan la construcción de explicaciones sobre órganos de los sentidos y el sistema nervioso. Los datos consisten en transcripciones de las conversaciones, copias de los dibujos, fotografías de la maqueta y los diarios de clase. Los hallazgos indican que las representaciones apoyaron la incorporación de entidades teóricas, generando una historia narrativa. El papel de las docentes consistió en promover la negociación social de las representaciones y apoyar a los alumnos en la competencia de ejecución de las mismas. El uso integrado de diferentes modos representativos así como la colaboración permitieron la resolución de la tarea generándose un sistema de cognición distribuida.

### Abstract:

This article studies the way cooperation between students and teachers as well as a series of outside representations prepared during a didactic sequence support the construction of explanations of the sense organs and the nervous system. The data consist of transcribed conversations, copies of drawings, photographs of the model, and class journals. The findings indicate that the representations supported the incorporation of theoretical entities and generated a narrative history. The teachers' role consisted of promoting the representations' social negotiation and supporting the students' skill in executing the representations. The integrated use of different representative modes as well as cooperation permitted task completion, generating a system of distributed cognition.

**Palabras clave:** educación básica, enseñanza de la biología, métodos de enseñanza, papel del profesor, modelos, México.

**Keywords:** elementary education, biology instruction, teaching methods, teachers' roles, models, Mexico.

---

Adrianna Gómez es investigadora del área de Educación en Ciencias, del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, unidad Monterrey. Vía del Conocimiento núm. 201, Parque de Investigación e Innovación Tecnológica, Autopista nueva al aeropuerto Km 9.5, 66600, Apodaca, Nuevo León, México. CE: agomez@cinvestav.mx

### Marco teórico y objetivos

En trabajos anteriores he abordado el diseño de actividades didácticas en el área de ciencias naturales y su análisis desde la perspectiva de la construcción de modelos teóricos escolares (Gómez, 2005). Estos trabajos se enmarcan en la propuesta de ciencia escolar de Izquierdo *et al.* (1999), la cual busca que el alumnado interprete los fenómenos naturales construyendo modelos teóricos que den congruencia al pensamiento, el lenguaje y la acción (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2003). Se trata de una transposición de algunas aportaciones de Giere (1992), quien afirma que los científicos utilizan sus habilidades cognitivas para crear modelos sobre el funcionamiento del mundo.

Giere y Moffatt (2003) han incorporado algunas ideas provenientes de la cognición distribuida ampliando la interpretación sobre la forma en que los científicos utilizan sus habilidades cognitivas centrándose más en los procesos de resolución que en los productos obtenidos.

La teoría de la cognición distribuida busca comprender cómo las personas resuelven las tareas cognitivas o problemas que se les presentan. De acuerdo con Hollan, Hutchins y Kirsh (2000), se diferencia de los acercamientos tradicionales al estudio de la cognición en dos principios teóricos. El primero tiene que ver con las unidades de análisis. En los estudios de cognición tradicional tal unidad es el individuo, mientras que en la distribuida se trata de la actividad o tarea cognitiva a realizar (por ejemplo, navegar un barco, identificar un componente orgánico desconocido, generar un trazado geológico, promulgar una ley sobre reproducción asistida o explicar cómo conocemos el mundo a través de nuestros sentidos). El proceso cognitivo es delimitado por las relaciones funcionales entre los elementos que participan en él, más que por su ubicación espacial (es decir, este proceso puede ir más allá del cerebro del individuo que realiza la tarea).

El segundo principio teórico se refiere al rango de mecanismos que participan en un proceso cognitivo. En la visión tradicional se buscan los eventos cognitivos en la manipulación de símbolos “dentro” de actores individuales. En la cognición distribuida, se amplía la búsqueda también “fuera” de los individuos. Por ejemplo, los procesos de memoria en alguien que redacta un informe de investigación pueden encontrarse tanto dentro de él como en los instrumentos externos que utiliza como notas o

archivos de computadora. Se producen, entonces, sistemas cognitivos dinámicos que incluyen tanto a los individuos como a los artefactos que usan y las relaciones que generan.

Es decir, los procesos cognitivos no se realizan únicamente en las mentes de las personas, sino que se distribuyen también en otros individuos y en los artefactos mediadores que el grupo utiliza. Así, la cognición distribuida *extiende* lo que se entiende por cognitivo, ampliando su acepción centrada en lo individual e incorporando las interacciones entre la gente y los recursos y estrategias (en sentido amplio) que se emplean.

Giere y Moffatt (2003) han utilizado dos nociones de la cognición distribuida para reinterpretar el trabajo realizado por los científicos en la resolución de una tarea cognitiva. Una de ellas es la creación y el uso de representaciones externas; de tal modo, al solucionar una tarea, los científicos se valen de éstas, generando un sistema cognitivo que está formado por la persona más la representación externa y los medios para producirla. Aquí, la cognición se distribuye entre el hombre y sus artefactos. Otra de las nociones retomadas por estos autores es que el sistema cognitivo puede incluir a otros seres humanos. Se generan, entonces, nuevos sistemas de organización que “hacen posible la adquisición de conocimiento que no podría ser adquirido por una sola persona, o un grupo de personas sin instrumentos” (Giere y Moffatt, 2003:5, traducción de la autora).

Este marco de análisis también puede ser utilizado para interpretar la actividad científica escolar. Las aportaciones de Giere y Moffatt plantean diversas posibilidades para repensar el análisis del papel de las representaciones externas (dibujos, maquetas, esquemas, gráficos o textos) y del trabajo colaborativo en la enseñanza de las ciencias. Según estos autores, la invención de formas de representación y de instrumentos nuevos para producir diversos tipos de representaciones han tenido, y continúan teniendo, un papel relevante en el desarrollo de la ciencia. Podríamos, igualmente, considerar que la generación de nuevas formas tanto de representación externa como de organización para el desarrollo de una tarea cognitiva en la clase de ciencias desempeñan también un papel importante en la actividad científica en el aula (Gómez y Adúriz-Bravo, 2007).

En este sentido resulta de interés iniciar un análisis sobre el papel de las representaciones y de los docentes en la generación de nuevos sistemas

cognitivos en los que se incluyen tanto las representaciones y los nuevos instrumentos o herramientas como las formas de organización de los alumnos y los profesores para resolver una tarea cognitiva.

Desde esta perspectiva, el interés de este trabajo se centra en describir la generación de nuevos sistemas de cognición distribuida en una secuencia didáctica sobre órganos de los sentidos y el sistema nervioso. En especial:

- identificar el papel que desempeñan las docentes en la construcción de las representaciones y de nuevos sistemas de cognición distribuida en sus alumnos, y
- describir el papel de las representaciones externas en la generación de nuevos sistemas de cognición distribuida.

Entiendo aquí por “representación externa” la expresión concreta de un modelo en algún registro semiótico determinado (lenguaje natural, imagen, maqueta, etcétera) (Buckley, 2000). Esta expresión es creada con un propósito particular y en un contexto específico. Las representaciones son externas, es decir, “observables” en sentido amplio (tienen soporte simbólico).

#### **Contexto de la toma de datos**

Este trabajo se basa en una secuencia didáctica<sup>1</sup> en la que un grupo integrado de segundo y tercer grados de educación preescolar (10 niños y niñas de entre 3 y 5 años) y sus dos maestras estudiaron la capacidad de los seres vivos de captar y responder a estímulos (órganos de los sentidos y sistema nervioso).

La secuencia didáctica constó de nueve sesiones de una hora y se llevó a cabo en el “Colegio Rébsamen”, en Naucalpan, Estado de México, en el otoño de 2006.

En cinco de las sesiones se generaron representaciones del cuerpo humano (4 dibujos y una maqueta). Las sesiones de trabajo se dividieron en tres partes:

- 1) las docentes proponían experiencias sensoriales;
- 2) se realizaba una conversación grupal para interpretar las experiencias; y

- 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.

En las cuatro sesiones en que no se generaron representaciones (dibujo o maqueta) sólo se llevaron a cabo las dos primeras partes: la propuesta de las maestras de experiencias sensoriales y la conversación grupal para interpretar las experiencias.

La secuencia didáctica se realizó en el contexto de un programa de formación permanente, en el área de ciencias naturales, que se lleva a cabo desde 2005 en la escuela. Específicamente, fue planeada en colaboración entre la maestra titular del grupo y otra externa responsable del programa de formación (autora de esta comunicación). La profesora regular del grupo había participado en un taller sobre modelización, que fue el punto de partida para el diseño de actividades innovadoras en el aula. Ambas ya habían tenido cuatro experiencias de planificación y trabajo conjunto en el salón de clases, de las cuales, anteriormente, habían puesto en marcha dos secuencias didácticas con este mismo grupo de alumnos.

#### **La construcción de un sistema de cognición distribuida**

Una de las motivaciones del diseño y la aplicación de las secuencias didácticas insertas en el programa de formación permanente en el que se aplicó la que aquí se analiza, especialmente en preescolar, era lograr que las y los niños realizaran una interpretación de los experimentos o exploraciones del entorno y no sólo una descripción de lo sucedido. La profesora encargada del programa de formación planteó la modelización como estrategia, incorporando, entre otros aspectos, la colaboración y el uso de representaciones multimodales.

En la planificación de la secuencia didáctica se incluyeron esos dos aspectos explícitamente, sin embargo, apoyar la colaboración así como mejorar el uso de las representaciones fue un tema de discusión al ir aplicando la secuencia. Posterior a la realización de cada sesión de clases, ambas maestras conversaban sobre lo sucedido y tomaban decisiones sobre cómo continuar el trabajo, especialmente sobre qué apoyo prestar a

los alumnos para elaborar representaciones y qué preguntas interesantes podrían hacerles para ayudarles a discutir y compartir las experiencias sensoriales. En estas conversaciones, las docentes reflexionaban especialmente sobre la posibilidad de brindar otras herramientas a los niños para que la colaboración y las representaciones les ayudaran a entender y explicar el tema de estudio. Durante esta conversación se escribía el diario de las maestras.

Cabe señalar que no se habló explícitamente de generar un sistema de cognición distribuida en el aula. En este trabajo se pretende observar si se dio una cognición distribuida y cómo se produjo. Los resultados pueden permitir, en futuras experiencias y a otros docentes o investigadores, promover y analizar la generación de estos sistemas en el aula.

### **Metodología**

Este estudio se enmarca en una metodología cualitativa, con un método de análisis del discurso, considerando la conversación (Edwards y Mercer, 1998) para identificar la forma en que se colabora, se usa la representación externa y se generan nuevas formas de organización en el aula. Los datos consisten en grabaciones de las conversaciones de docentes y alumnos al discutir las experiencias sensoriales y al realizar y explicar las representaciones,<sup>2</sup> fotografías de la maqueta y copias de los dibujos, así como el plan de clases y el diario de las maestras.

Los datos se estudiaron a partir de unidades de análisis (UA), constituidas por fragmentos de actividad en los que se producía una representación (dibujo o maqueta). Dado que la generación de una representación estaba estrechamente vinculada con el planteamiento de un problema, la experimentación realizada en torno al mismo y con la discusión de resultados, las unidades de análisis incluyen toda una sesión de clase. Por lo anterior, cada una representa una sesión de clase en la cual fue generada una representación.

La secuencia didáctica se compone del conjunto de las nueve sesiones realizadas, abordando en cada cual una pregunta. Aquellas sesiones en que se produce una representación se constituyen, cada una, en una unidad de análisis (ver tabla 1).

Las conversaciones fueron transcritas, y con ellas, con las representaciones y el diario de la maestra se realizó un análisis recursivo del discurso (Erikson, 2003). En él se identificaron las ideas introducidas en cada UA y

el papel desempeñado por las docentes, creando una primera generación de categorías de análisis. Tras ello se volvió a la revisión de cada unidad para su reconstrucción. Finalmente se contó con la descripción de cuatro categorías de análisis:

- 1) *Entidades y relaciones*: se refiere a las ideas que se van introduciendo o construyendo y que permiten explicar el fenómeno estudiado.
- 2) *Función de la representación*: considerando las ideas introducidas, en qué aspectos la representación apoyaba a los alumnos a definirlas, presentarlas, matizarlas o comunicarlas.
- 3) *Función docente*: en qué aspectos colaboraban las docentes a la construcción de las explicaciones.
- 4) *Alumnos*: qué hacían los alumnos y qué aportaban en la construcción de las explicaciones.

TABLA 1

*Secuencia didáctica, sesiones y unidades de análisis*

Secuencia didáctica		Unidades de análisis	Representación generada
Núm. de sesión	Sesiones de la secuencia didáctica		
1	Exploración de ideas de partida	UA <sub>1</sub>	Dibujo
2	Sentido del gusto	UA <sub>2</sub>	Dibujo
3	Sentido del olfato		
4	Sentido de la vista		
5	Sentido del oído	UA <sub>3</sub>	Dibujo
6	Sentido del tacto	UA <sub>4</sub>	Dibujo
7	Nuestros cinco sentidos trabajan juntos		
8	Síntesis	UA <sub>5</sub>	Maqueta
9	Aplicación (explicando a otros lo aprendido)		

Posteriormente se establecieron relaciones temporales, vinculando los resultados obtenidos en cada UA, para comprender cómo se resolvía la tarea y se generaba un sistema de cognición distribuida.

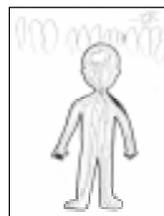
## Resultados

Se identificaron cinco UA. En cada una se produce una representación, tal como se describe y ejemplifica en la tabla 2.

TABLA 2

### *Las cinco unidades de análisis (UA)*

UA <sub>1</sub>	UA <sub>2</sub>	UA <sub>3</sub>	UA <sub>4</sub>	UA <sub>5</sub>
Sesión 1. Exploración de ideas de partida	Sesión 2. Sentido del gusto	Sesión 5. Sentido del oído	Sesión 6. Sentido del tacto	Sesión 8. Síntesis, todos los sentidos
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	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?"	Se escucha música, se baila, se sigue un sonido con los ojos cerrados, etcétera. 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?"	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)?"	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 pasa a mí alrededor?"



Para cada UA se describieron las entidades y relaciones introducidas, la función de la representación, la de las docentes y la de los alumnos. Con esta información se construyeron tablas resumen. Como ejemplo, se presenta la tabla 3 referente a las UA<sub>1</sub> y UA<sub>2</sub>.

TABLA 3  
*Aspectos identificados y analizados en las unidades de análisis 1 y 2*

Aspectos analizados	Resultados
<b>UA<sub>1</sub></b>	
Entidades y relaciones	Tenemos cinco sentidos (gusto, oído, olfato, tacto y vista) Nuestro cerebro nos ayuda a saber qué sentimos El cerebro y los sentidos están conectados (no se recupera en los dibujos)
Función de la representación (dibujo)	Ubicación espacial del cerebro (algunos niños lo dibujan fuera de la cabeza)
Función docente	Propone experiencias sensoriales Realiza preguntas para establecer relaciones entre los sentidos y el cerebro
Alumnos	Realizan diversas experiencias sensoriales Introducen y socializan la función del cerebro Expresan relaciones entre sentidos y cerebro y las socializan
<b>UA<sub>2</sub></b>	
Entidades y relaciones	La lengua tiene "bolitas" llamadas papilas que captan los sabores La lengua y el cerebro están conectados por tubitos o cablecitos El cerebro dice qué sabor es y si es sabroso o malo
Función de la representación (dibujo)	La silueta de la cara permitió centrar la atención en lo que sucede dentro del cuerpo. Se dibuja el cerebro dentro de la cabeza y conexiones lengua-cerebro
Función docente	Proponen experiencias sensoriales, apoyan la socialización de ideas Realizan preguntas sobre la relación lengua-cerebro y cómo se comunican Proporcionan una silueta de la cara como base de la representación Piden descripciones de los dibujos
Alumnos	Realizan diversas experiencias sensoriales Socializan ideas explicando a sus compañeros Observan su lengua e identificar papilas gustativas Identifican la función de su cerebro Construyen la idea de la comunicación por medio de tubitos entre lengua y cerebro

### Diversidad de representaciones en el aula

Antes de iniciar la descripción de resultados sobre la función de las docentes y de la representación en la generación de nuevos sistemas de cognición distribuida, es pertinente hacer dos aclaraciones: primero, que existió una diversidad en la ejecución de representaciones entre los niños participantes, así como entre las generadas por cada uno en las cinco UA. Segundo, que no es el objetivo de esta investigación indagar sobre las diferencias particulares, ni sobre la forma en que individualmente se iban transformando las representaciones de los alumnos. Tomando en cuenta lo anterior, en este primer apartado describiré la diversidad encontrada en el aula como contexto del análisis de los datos, sin ahondar en las condiciones por las cuales se dio dicha diversidad.

Lo anterior debido a que en los resultados que describiré, especialmente en lo referente a la representación de las ideas en los dibujos así como en sus explicaciones, mostraré, en términos generales, los hallazgos tras el análisis del total de los dibujos, las maquetas y las conversaciones. Sin embargo, tal como he mencionado, no todo el grupo mostraba el mismo desempeño. El grupo estaba compuesto por 10 alumnos: 6 niños de cinco años (3 mujeres y 3 varones), 3 de cuatro años (1 mujer y 2 varones) y 1 niña de tres años.

En términos generales, los niños y niñas de cinco años mostraron un desempeño muy similar. Entre los de cuatro y tres años, dos mostraron un desempeño muy similar al de los de cinco años y, otros dos, menor construcción de ideas; en específico me refiero a que dos de las niñas (una de cuatro y una de tres años) no recuperaban en sus dibujos la riqueza que mostraban sus compañeros; por otra parte, sus explicaciones eran más sencillas. Un ejemplo de lo anterior podemos observarlo en la tabla 4 que muestra algunos dibujos de la UA<sub>4</sub> en los que puede apreciarse esta diversidad. Podemos observar que los de Alicia, Carmen, Efraín, Javier, Ramón, Jesús y David son similares en tanto establecen una comunicación entre todo el cuerpo y el cerebro, sin embargo los dibujos de Karla y Dalia, no presentan esta información.

Por otra parte, en la tabla 5, podemos observar que en el caso de Karla la representación que realizó en la UA<sub>3</sub> muestra entidades socializadas previamente (conexión entre sentido del oído y cerebro), sin embargo, en la UA<sub>4</sub> no recupera esta información, ni tampoco la que se socializó en

la misma sesión de trabajo de la UA<sub>4</sub> durante la experiencia sensorial y la conversación. Podemos observar que el nivel de complejidad en la representación de Karla varía de una a otra representación. Por otra parte, Javier (en la misma tabla) muestra una recuperación de los elementos socializados en la clase pero, además, incorpora entidades construidas con antelación generando, tal como se discutirá más adelante, una historia narrativa que recupera entidades anteriores.

TABLA 4

*Ejemplo de la diversidad de niveles de representación de los alumnos*

UA<sub>4</sub>. Sentido del tacto

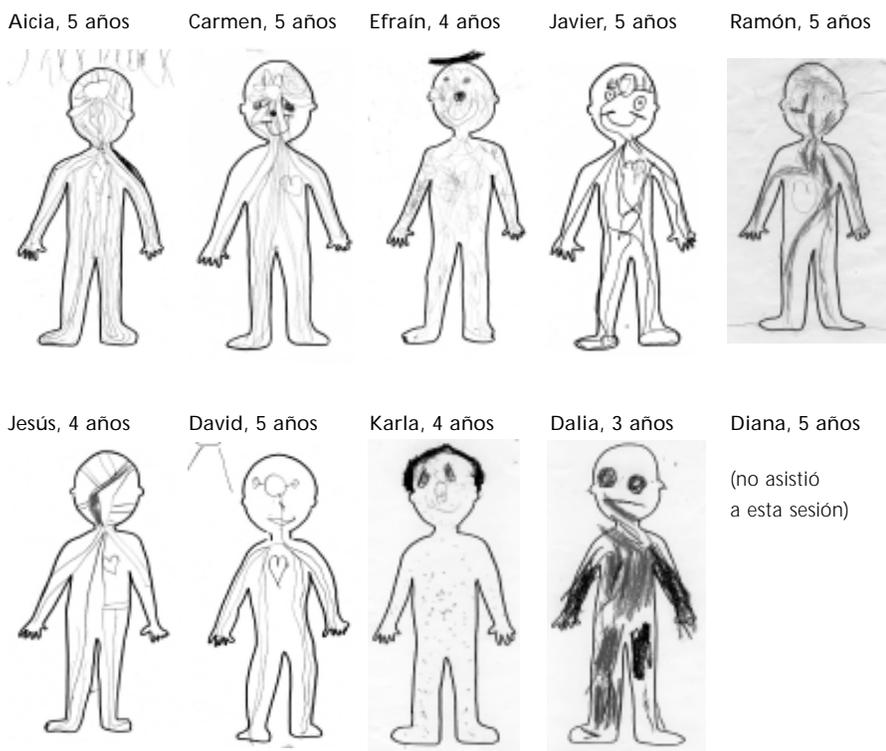
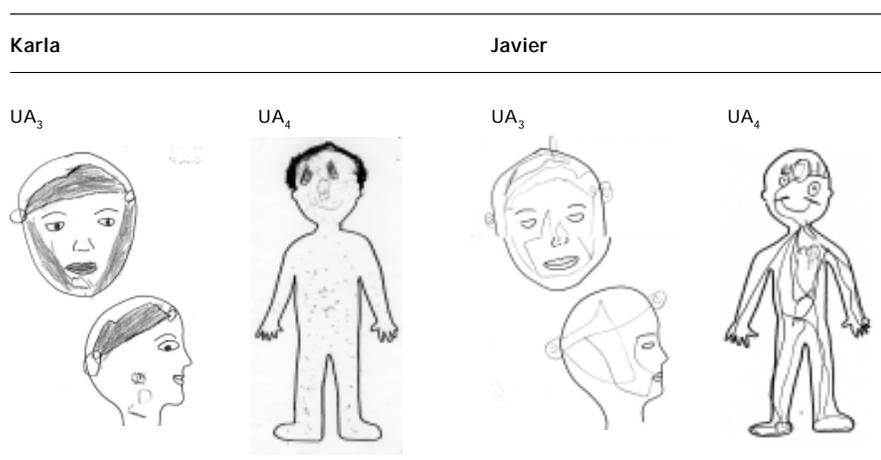


TABLA 5  
*Ejemplificación del caso de Karla, quien presentaba diferentes niveles de representación, y de Javier, de quien se observa mayor continuidad en sus representaciones*



Tal como mencioné, en este trabajo mi interés se centró en identificar la aportación de las representaciones y de la colaboración en la resolución de una tarea cognitiva que, si bien está distribuida (en los términos señalados), es individual. Es decir, cada alumno(a) ha de resolver la tarea que se le presenta, cada uno establece un sistema distribuido donde la colaboración con sus compañeros y sus maestras así como la representación y los medios que utiliza para realizarla apoyan –o no– su resolución.

Los resultados que encontré muestran cómo la colaboración y la representación apoyan a los alumnos, sin embargo, esa ayuda resulta más efectiva para algunos que para otros en ciertas actividades. Las razones de ello pueden estar relacionadas con su nivel de desarrollo cognitivo (más que con su edad como se puede ver en la tabla 4) y sus conocimientos previos, como se ha reportado en otras investigaciones (Cook, 2006) al igual que, como describo más adelante, con el apoyo en los procesos de regulación dados por la docente. Sin embargo, este es un tema de investigación aún abierto.

Las observaciones anteriores permiten dimensionar los resultados que describo a continuación.

#### Entidades introducidas

Las entidades se conciben aquí como ideas o conceptos que permiten explicar el fenómeno estudiado, son unidades para pensar y planificar las acciones (en este caso experimental o de experiencias sensoriales). Encontramos que se introdujeron entidades como: “cablecitos”, cerebro, papilas gustativas, etcétera, y relaciones entre ellas, como entre sentidos-cerebro a través de los “cablecitos”; también se incluyeron algunas propiedades de las entidades. A lo largo de las actividades se construyeron cuatro ideas básicas:

- 1) “En nuestro cuerpo tenemos partes especiales para captar lo que sucede a nuestro alrededor: los órganos de los sentidos”.
- 2) “Cada parte especializada capta cosas diferentes: la luz (ojos), la temperatura y cuando te toca algo (piel y lengua), el sonido (oídos), el sabor (lengua) y el olor (nariz)”.
- 3) “Los órganos de los sentidos se comunican con el cerebro por medio de ‘tubitos’ o ‘cablecitos’”.
- 4) “El cerebro nos dice qué sucede en el ambiente, almacena las ideas y manda órdenes al cuerpo para que reaccionemos a lo que sucede a nuestro alrededor”.

Las entidades relacionadas con cómo se recibe la información, qué es lo que viaja por los “cablecitos” o con respuestas fisiológicas, no se introdujeron en las actividades.<sup>3</sup> Sin embargo, como mostraré más adelante, algunos niños empiezan a hablar sobre lo que viaja a través de los “cablecitos”.

Las entidades introducidas se expresaban usando lenguaje científico “papilas gustativas” o términos que tenían significado para los alumnos en el contexto de la actividad, como “cablecitos”. Estos últimos les permitían empezar a hablar desde un modelo teórico sin tener aún los vocablos científicos para hacerlo, estas expresiones (como “cablecito”) pueden considerarse términos “puente”, dado que establecen una relación entre las experiencias de los alumnos y las palabras cotidianas que usan para denominarlas y las científicas, convirtiéndose en términos intermediarios en el sentido que podrían después ser sustituidos por un lenguaje científico (Gómez y Sanmartí, 2008).

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, la posibilidad de que algunos niños

reconocieran un incienso como fuente de un olor determinado y el hecho de que otros no supieran a qué olía, fue la evidencia usada para argumentar que el cerebro estaba interviniendo en el reconocimiento de los olores.

#### Función de las docentes

Las funciones básicas de las profesoras 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 apoyan la construcción de significados en términos de lo que Ogborn *et al.* (1998) denominan 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 dotación de sentido a la materia (especialmente a través de los dibujos), guiando así la construcción del modelo teórico, en este caso 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 que los hicieron los alumnos, las docentes tuvieron una contribución importante. Encontramos que a partir de la UA<sub>2</sub>, ellas colaboran con la realización de una silueta, o parte de ésta, del ser humano para que los niños hagan su dibujo. Ello se debe a que tienen interés en que los alumnos dibujen “lo que sucede dentro” del cuerpo humano. En la UA<sub>1</sub>, sin silueta proporcionada por las profesoras, los niños presentaron tres dificultades para elaborar la representación: primero, que el tiempo utilizado para generar el dibujo fue muy amplio; segundo, que tendían a centrarse en la figura exterior dibujando facciones, ornamentos y ropa, y tercero, que el tamaño pequeño de algunos dibujos fue un obstáculo para el desarrollo de la tarea cognitiva (explicar qué sucede dentro del cuerpo). El resultado fue que varios niños dibujaron el cerebro fuera de la cabeza (ver tabla 2, UA<sub>1</sub>).

En trabajos anteriores, Danish y Enyedy (2007) 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, ésta constituye un obstáculo para llevar a término la tarea. De igual manera, el objetivo buscado por las docentes para que los niños se centren en lo que sucede dentro del cuerpo no se logra completamente, quizás por una falta de negociación social de la representación.

Siendo así, a partir de la UA<sub>2</sub>, 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 en que deben pensar en lo que sucede *dentro* de su cuerpo: En la UA<sub>2</sub>:

- Durante la discusión de la experiencia sensorial: *M2: si tuviéramos vista de rayos x y pudiéramos ver dentro del cuerpo, qué verían...?*
- Antes de realizar el dibujo: *M1: antes de dibujar cierren los ojos, imaginen qué pasa dentro de su cuerpo, les voy a dar a probar algo, ¡cierren los ojos, abran al bocal, ¿a ver...? [las maestras les dan un trozo de chocolate en la boca] ¡imaginen cómo es que saben qué es y, ya, abran los ojos, hagan su dibujo!*
- Además, las docentes escriben la pregunta “¿qué sucede dentro de mi cuerpo?” en la hoja proporcionada para la tarea a realizar.

Como resultado de estas dos formas de colaboración (en la competencia de ejecución a través de las siluetas y en la negociación social de la representación) se observa un avance significativo en la realización de la tarea en la UA<sub>2</sub> respecto de la UA<sub>1</sub> (ver tabla 2).

Por otra parte, en la UA<sub>4</sub> encontré una complejidad de la representación generada, dada por la grafía de comunicación de todo el cuerpo y el cerebro a través de líneas, lo 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 (figura 1 y tabla 4).

FIGURA 1

*Discusión de una pareja de estudiantes sobre una de las representaciones realizadas*



Otra de las formas básicas de colaboración de las docentes fue a través de generar procesos de regulación continua, que incorporaban tanto la representación como el lenguaje utilizado en su descripción, y con las experiencias de los alumnos, originando un proceso de modelización (Izquierdo, 2008). Por ejemplo, identifiqué en diversas UA que las maestras apoyaban el uso de la palabra “cablecitos”, por sobre la de “tubitos”. Esto puede deberse a que en la UA<sub>1</sub> los alumnos mencionan que la comunicación entre sentidos y cerebro se da a través de tubitos llenos de sangre.<sup>4</sup>

UA<sub>1</sub> (discusión de una experiencia sensorial con olores)

M1: ¿Cómo es que algunos de ustedes identificaron que ese olor que hay en el salón era incienso y otros no supieron qué era?

Efraín: Porque mi mamá lo pone en la casa.

M1: Entonces sentiste el olor ¿y qué parte de tu cuerpo te dijo que era incienso?

Efraín: Mi mente.

M1: Ah, ¿y, en dónde está tu mente, en qué parte del cuerpo?

Alicia: Dentro de mi cabeza en el cerebro.

M1: Pero entonces, si primero el olor llega por la nariz y tu cerebro te dijo que era incienso, entonces debe haber una forma en que se comunica la nariz con el cerebro...

Alicia: Sí están comunicados.

M2: ¿Cómo?

David: Por cablecitos.

Ramón: Por tubitos.

Efraín: Por tubitos llenos de sangre.

En posteriores UA es posible detectar, en las conversaciones, que las profesoras favorecen el uso de “cablecitos” al explicar y comentar los dibujos de los alumnos, considerando que la palabra permitirá después conceptualizar las fibras nerviosas y la conducción de impulsos eléctricos. Este término puede apoyar posteriormente un razonamiento a través del uso de una analogía con los cables de electricidad; por otra parte, la palabra “tubito” conecta más con experiencias de tubos que contienen y distribuyen líquidos, lo que puede establecer una analogía con el sistema circulatorio.<sup>5</sup>

La relación entre sentidos y cerebro a través de la conexión por cablecitos fue fácil de establecer con los alumnos, tal como se observa en la conversación anterior, realizada en la primera sesión de trabajo. Por otra parte,

la idea de que lo que viajaba por los cablecitos era información resultó compleja. En estas actividades las docentes no se plantearon explícitamente introducir dicha idea, sin embargo en las conversaciones identifiqué que tras las diversas actividades, algunos alumnos dejaron paulatinamente de referirse a la sangre como sistema de transporte, y empezaron a referirse a la información de manera indirecta, en el ejemplo siguiente a través de la generación de una analogía:

UA<sub>4</sub> (explicación del dibujo por parte de Jesús, sentido del tacto).

Jesús: Aquí la mano se comunica con el cerebro.

M2: ¿Y cómo?

Jesús: Es como si le mandara una cartita la mano al cerebro y le dice lo que pasa.

M2: ¿Cómo se la manda?

Jesús: Por los cablecitos.

Por otra parte, en los dibujos realizados en la misma UA<sub>4</sub> podemos observar que a pesar de que casi todos los alumnos dibujan el corazón, la mayoría no establece una conexión entre éste y las líneas o “cablecitos” que recorren el cuerpo (ver tabla 4). Esto indica una construcción inicial de un modelo de sistema nervioso diferenciado del circulatorio, inicialmente único sistema de comunicación que los alumnos identificaban en su cuerpo.

#### Función de la representación

En términos generales, el uso de representaciones seriadas permitió a los alumnos ir construyendo una historia narrativa, donde las entidades construidas con antelación eran recuperadas; unos rescataban todas, mientras otros, sólo algunas de ellas. Esto puede observarse especialmente respecto de la conexión entre los órganos de los sentidos y el cerebro. En la UA<sub>2</sub>, en la que se introdujeron experiencias sensoriales con sabores, los niños representan la conexión entre lengua y cerebro; más adelante, en la UA<sub>3</sub> (en la que se trabajó el sentido del oído), elaborada después de trabajar con el olfato y la vista, incorporaron en sus dibujos las conexiones entre cerebro y algunos de los otros órganos de los sentidos que se habían trabajado en sesiones anteriores (ver tabla 2, UA<sub>2</sub> y UA<sub>3</sub>). De la misma forma en las UA<sub>4</sub> y UA<sub>5</sub> la mayoría de los alumnos integran todos los sentidos, presentando todo el cuerpo humano con conexiones al cerebro (ver tabla 4 y figura 2).

FIGURA 2

*Maquetas elaboradas, de izquierda a derecha, por David, Javier, Efraín y Alicia*

UA<sub>5</sub> Maquetas del cuerpo humano



Por lo anterior, puedo decir que las representaciones tuvieron una contribución específica para generar nuevos sistemas de cognición distribuida; concretamente, para recuperar la historia narrativa apoyando a los alumnos(as) 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. Esto les permitió empezar a hablar sobre la existencia de comunicación entre todos los órganos de los sentidos y el cerebro, que posibilita a este último acceder a la información del ambiente, procesarla y producir respuestas que afectan a otras partes del cuerpo, las cuales están conectadas también al cerebro por los “cablecitos”:<sup>6</sup>

UA<sub>3</sub>: El oído (discusión de experiencias).

Alicia: Sí, cuando mi mamá me llama a comer, entra el sonido por mis orejas y se va al cerebro y el cerebro dice “¡a comer!”

M1: ¿Y qué más podrá decir el cerebro?

Alicia: El cerebro dice que a comer y les dice a las piernas que se muevan.

M1: ¿Y el cerebro manda una orden a las piernas, cómo?

Alicia: Pues también por los cablecitos.

M1: ¿Y qué más pueden sentir cuando su mamá les llama a comer?

Ramón: El olor rico también llega al cerebro y a la panza.

M1: Muy bien, ¿alguien más...? Bueno, vamos a hacer nuestro dibujo.

Con respecto a la conversación anterior, cabe mencionar que la maestra se abstiene de seguir haciendo preguntas, especialmente sobre la relación mencionada por Ramón entre olor, cerebro y panza. Tal como he encontrado en otros trabajos, las docentes se guían por lo que he llamado “flecha de dirección” que delimita, en cierta medida, la profundidad y extensión de las conversaciones de las maestras y los alumnos (Gómez, 2005). En este caso, el hecho de que la maestra no profundice en la conversación puede considerarse parte de la negociación social de la representación.

Además, 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<sub>2</sub> (explicación del dibujo, sentido del gusto).

M2: Explicame 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.

Por otra parte, si bien en la UA<sub>5</sub> (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. Además, el uso de estos elementos resultó un distractor para los niños al utilizarlos para ornamentar sus maquetas; a pesar de ello, también encontré que para las entidades estudiadas –como órganos de los sentidos, cerebro y “cablecitos”– emplearon los materiales para reconstruir algunas “propiedades” de dichas entidades: 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”.

Este aspecto me parece relevante en cuanto a la posibilidad de los alumnos de materializar entidades abstractas, lo que 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 debe pasar por la capacidad de representarlas, ya sea con palabras, dibujos o materiales. Especialmente en niños pequeños esta posibilidad resulta relevante, ya que las representaciones más abstractas (textos, símbolos, formulas, esquemas) son aún poco accesibles.

Si bien en las maquetas aquí analizadas la representación de las propiedades en entidades como los “cablecitos” y el cerebro no recuperan las que podríamos llamar propiedades biológicas o fisiológicas, el ejercicio de empezar a usar materiales para representarlas es valioso en tanto ejercita una práctica social propia de la actividad científica: la construcción de consensos y convencionalismos, permitiendo, además, establecer relaciones entre pensamiento y lenguaje multimodal.

Generación de un sistema de cognición distribuida

El sistema de cognición distribuida generado integró tanto los modos de representación (dibujo o maqueta) como la colaboración entre maestras y alumnos. El sistema aportó elementos para que la tarea cognitiva, consistente en explicar cómo conocemos el mundo a través de los sentidos, fuera resuelta integrando alguna causalidad y generando nuevas formas de explicación (palabras y relaciones nuevas, analogías, uso de materiales para indicar propiedades, etcétera); al mismo tiempo, permitió a los alumnos integrar algunas ideas previas de forma coherente (como el caso de la sal que después regresa a la lengua para ir al estomago) y dejar de lado otras (como los tubitos llenos de sangre).

Las docentes apoyaron la regulación social de la representación y la competencia en la ejecución de dibujos y maquetas por parte de los alumnos. Las representaciones externas desempeñaron un papel específico al posibilitar integrar de forma creciente entidades para interpretar la capacidad de captar estímulos del medio, generando una historia narrativa, pero especialmente permitieron comunicar las ideas y discutir las y funcionaron como insumos para la regulación tanto de las ideas como de las mismas representaciones.

Tanto la colaboración entre estudiantes y con las maestras, como la elaboración y uso de representaciones y los medios para generarlas –ambos

aspectos señalados por Giere y Moffatt (2003) para la resolución de tareas cognitivas por parte de los científicos– parecen desempeñar también un papel importante en la resolución de tareas cognitivas en la ciencia escolar.

### Discusión

Este trabajo ejemplifica la forma en que el uso de una serie de representaciones y la participación colaborativa de docentes y alumnos generan un sistema de cognición distribuida, donde es posible llevar a cabo la tarea planteada. Además, se caracteriza la contribución de las representaciones y su evolución así como la actividad de las maestras en términos de los elementos que aportan al desarrollo de la tarea cognitiva.

El planteamiento de la cognición distribuida se sitúa al lado de algunas propuestas actuales de corte neo-vigotskianas, que consideran central la participación y organización de las personas así como la elaboración y el uso de instrumentos y representaciones al resolver una tarea (en este caso denominada cognitiva) en un contexto específico; por ejemplo, al lado de las propuestas desde la cognición situada que centran la atención en el estudio de las prácticas, las trayectorias de participación y la enculturación (Díaz Barriga, 2003; Lave, 2001 y Wenger, McDermott y Snyder, 2002). Si bien existen diferencias teóricas en el planteamiento de la cognición situada y la distribuida, podemos identificar un interés común: el estudio de procesos situados y contextualizados.

En el caso específico de la cognición distribuida, los sistemas que se generan para resolver una tarea son dependientes y condicionados por las características de la misma, pero también de los participantes involucrados en resolverla, de los medios con que cuentan para ello y de las rutinas establecidas.

Considerando que las ciencias experimentales son altamente representacionales (Treagust, 2007), los postulados elaborados desde la cognición distribuida son útiles al analizar la enseñanza de contenidos específicos en ciencias y determinar el papel que están desempeñando las representaciones externas en la resolución de las tareas, así como aspectos clave del apoyo por parte de los docentes.

Si bien se considera en términos generales que el uso de diversas representaciones para desarrollar explicaciones en el aula promueve una mejor comprensión de los temas (Mayer y Moreno, s/f) –específicamente en multimedia estudios relacionados con el llamado principio de modalidad

muestran que el aprendizaje de los alumnos es mejor cuando se presentan imágenes y texto de manera coordinada (Harskamp, *et al.*, 2007)– también se reconoce que es necesaria mayor investigación para comprender la forma en que se promueve dicha comprensión en el área de ciencias y las limitaciones del uso de diversos modos de representación (Danish y Enyedy, 2007; Jewitt *et al.*, 2001; Kress *et al.*, 2001 y Márquez, 2002).

Se sabe que algunas dificultades de los alumnos para utilizar diversas representaciones tienen que ver con sus propias características como, por ejemplo, sus conocimientos previos (Cook, 2006). Sin embargo, otras están más bien relacionadas con las propias representaciones, como las diversas escalas presentadas y sus relaciones (Johnstone, *et al.*, 2001 y Marbach-Ad, y Stavy, 2000), y con las transiciones entre diferentes tipos de representación. Especialmente en el área de química hay algunos estudios sobre los problemas de los alumnos para pasar de una representación simbólica (fórmula) a una tri o bidimensional (molécula) ya que, entre otras cosas, no las asocian como equivalentes, es decir, representan el mismo fenómeno pero resaltan diferentes relaciones (Ferk *et al.*, 2003 y Kozma *et al.*, 1997).

El hecho de centrarse en los procesos de resolución de la tarea, más que en los productos obtenidos, nos permite buscar información sobre el papel desempeñado por las representaciones, así como las dificultades de los alumnos al utilizarlas y el rol de los docentes en apoyar a su superación. En este trabajo encuentro que durante la resolución de la tarea es cuando 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.

Respecto del primer aspecto, la negociación social de la representación, ésta se relaciona con la introducción gradual de entidades explicativas en los dibujos y su uso extendido en la clase. Aunque mostré que en los dibujos se van incorporando cada vez más entidades y relaciones, también que no se trata de un avance lineal y continuo por parte de todos los alumnos. Por otra parte, ante el cambio de soporte semiótico (dibujo a maqueta) los niños representan menos relaciones y entidades.

La introducción de entidades, propiedades y relaciones estuvo, a su vez, influida por las experiencias sensoriales y, especialmente, por la discusión de las mismas para explicarlas. En este sentido, la negociación social tam-

bién estuvo implicada en el establecimiento de coordinaciones entre soportes semióticos, como dibujos y conversaciones, donde las docentes pedían a los alumnos realizar tres tareas que se han reportado en estudios multimedia como esenciales para dicha coordinación: seleccionar, organizar e integrar (Mayer y Moreno, s/f). Esto se observa en algunas de las preguntas que fueron planteadas en diversas ocasiones: al realizar los dibujos: “¿Qué partes dibujaste?”, “¿Qué estás dibujando?” (seleccionar), “Estas líneas, ¿qué significan?” (organizar), “¿Cómo sabemos qué pasa dentro?” (integrar).

Al usar coordinadamente diferentes modos de representación, los alumnos fueron construyendo significados en torno a cómo se relacionan con el medio de una forma compleja y contextualizada, por ejemplo, integrando entidades en diversos momentos, retomándolas a veces o dejándolas de lado, complementando sus ideas con otras construidas con antelación. Así, hubo entidades que se introdujeron en la discusión, pero que no se recuperaron en los dibujos realizados después de la misma; por ejemplo, en la UA<sub>1</sub> la conexión entre el cerebro y los sentidos se habla en clase, pero los niños no la dibujan. En otro momento, al explicar sus dibujos, algunos 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. Además, en la 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.

Según los resultados encontrados, el contexto en que los alumnos despliegan una explicación y los soportes semióticos utilizados para ello son factores que condicionan la explicación generada. Para los niños no es lo mismo representar sus ideas en un dibujo, en una maqueta u oralmente, ni tampoco hacerlo usando varios soportes semióticos de forma coordinada. En este sentido, la negociación social de la representación generada por las docentes puede incidir en favorecer el uso coordinado de diversos soportes semióticos. Lo anterior podría ser tomado en cuenta tanto para la planificación de actividades como para la evaluación del alumnado.

Respecto del segundo aspecto encontrado, el apoyo por parte de las maestras en la competencia en la ejecución de la representación por parte de los alumnos, éste constituye un andamiaje que les apoya en la genera-

ción de una representación funcional para resolver la tarea cognitiva. Una consideración para la generación efectiva de sistemas de cognición distribuida en el aula puede ser situar este apoyo como un andamiaje poco permanente, buscando la competencia en la ejecución. Tradicionalmente, este aspecto se ha considerado importante sólo en el soporte semiótico del texto escrito. Sin embargo, los resultados aquí encontrados coinciden con otros trabajos al enfatizar la importancia de la comunicación multimodal en el aula. Siendo así, los alumnos han de lograr una competencia en la comunicación multimodal y para ello desarrollar otra en la ejecución e interpretación de representaciones multimodales.

Otro aspecto de interés es permitir a los alumnos inventar sus representaciones (en este caso la idea de “cablecitos”, las formas en que éstos recorren los dibujos de las siluetas rodeando el corazón, escoger materiales para elaborar su maqueta, etcétera). Lo anterior permite la elaboración de consensos, la discusión de diversas formas de representar y la gradual introducción de entidades por parte del alumnado. Las representaciones así generadas pueden irse comparando y analizando respecto de las consensuadas en la comunidad científica o en los libros de texto.

Por otra parte, al analizar el trabajo de los científicos, Giere y Moffatt (2003) mencionan que éstos construyen nuevas representaciones *ad hoc* para solucionar problemas específicos, utilizando para ello tanto su competencia representacional como su creatividad.

En términos generales es posible afirmar que introducir dibujos y maquetas como soporte semiótico para explicar, permite a los alumnos generar representaciones donde las ideas se van institucionalizando en otro tipo de representaciones semióticas, no sólo el lenguaje oral o escrito, de mayor tradición en las aulas de 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 un mayor número de entidades y relaciones al darles oportunidad de generar representaciones orales, gestuales, pictóricas, etcétera; y la otra, 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.

Hay que destacar, entonces, que la posibilidad de los alumnos de representar explicaciones más complejas, no sólo 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 su capacidad para realizarla con el apoyo que reciben de otras personas, especialmente de las docentes, y con la negociación social de la tarea que se realiza.

Finalmente, y tras el análisis realizado, se pueden identificar tres aspectos clave para el desarrollo de sistemas de cognición distribuida en el aula de ciencias. Primero, reconocer cuál es la tarea cognitiva planteada; es decir, cuál es el problema que deseamos que resuelvan los alumnos, no en términos de tema a estudiar, sino de problema a resolver. Éste debe tener un grado de dificultad que lleve a la colaboración y al uso de diversas representaciones externas, es decir que no se solucione únicamente a través de una respuesta escrita u oral. Segundo, promover el trabajo colaborativo, los alumnos deben trabajar en equipo o discutir grupalmente las soluciones, las docentes han de apoyar en la negociación social de la tarea y en los procesos de comunicación como socialización y negociación de convencionalismos. Tercero, los alumnos han de generar representaciones visuales (dibujos, maquetas, diagramas) además de las verbales, tanto orales como escritas; las maestras apoyar la competencia en la ejecución de las representaciones así como el uso coordinado de las mismas para resolver la tarea planteada.

### Agradecimientos

Agradezco a las niñas y los niños del “Colegio Rébsamen” en Naucalpan, Estado de México, y a las profesoras Leticia Zamorano y María de los Ángeles Galindo; así como a los y las revisoras anónimas por sus comentarios y sugerencias. Esta investigación fue apoyada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Educación Pública-Subsecretaría de Educación Básica, a través del proyecto 48374.

### Notas

<sup>1</sup> La secuencia didáctica o de enseñanza-aprendizaje (*Teaching-learning sequence*) se entiende como el diseño de una serie de actividades orientadas por un tópico específico; tiene un carácter dual, involucrando actividades de investigación y el de-

sarrollo de objetivos relacionados directamente con la enseñanza y el aprendizaje de un tema en particular. Este tipo de secuencias están vinculadas con la investigación-acción, se usan como herramientas de investigación y de innovación y se incluyen dentro

de la llamada “investigación de desarrollo” o “*developmental research*” (Méheut, 2004).

<sup>2</sup> Cabe mencionar que las conversaciones entre alumnos al comentar sus dibujos no fueron grabadas.

<sup>3</sup> En actividades que he diseñado para primaria se han introducido estas entidades (ver Gómez, 2007).

<sup>4</sup> He encontrado la idea de que la comunicación entre sentidos y cerebro es a través de la sangre en alumnos de diversos niveles educativos, incluso en quinto año de primaria (Gómez, 2005 y 2007). Esto puede deberse a que el único sistema de comunicación que han construido es el circulatorio. En ese sentido la poca tradición de trabajo en el aula de primaria sobre el sistema nervioso puede ser un factor que impide que los niños construyan este otro sistema de comunicación dentro de su cuerpo. No hay estudios sobre las ideas previas de los alumnos de esta edad específicamente sobre sistema nervioso, únicamente algunos sobre visión, por ejemplo, véase Dedes (2005).

<sup>5</sup> En el trabajo de Sutton (2003) se puede encontrar una explicación sobre cómo se ha introducido el lenguaje científico a través de la generación de metáforas y analogías que han permitido, a su vez, la conceptualización de nuevos modelos. En este artículo Sutton ejemplifica cómo se comparó el corazón con una bomba y el flujo de la sangre hacia dentro y fuera. En la clase de ciencias se presenta un fenómeno similar al encontrado en la historia de la ciencia cuando se eligen unas formas de hablar, y no otras, sobre los fenómenos.

<sup>6</sup> En esta conversación no se establece la posibilidad de que lo que dice Ramón sobre sentir en “la panza”, sea una respuesta a un estímulo olfativo, dado que en estas actividades los niños hablan de respuestas observables: caminar, mover la mano, etcétera y no de otras fisiológicas y de regulación. Las profesoras no introducen estas ideas. Quizás estas nociones podrían introducirse más adelante, por ejemplo, en la escuela primaria.

### Referencias bibliográficas

- Buckley, B.C. (2000). “Interactive multimedia and model-based learning in biology”, *International Journal of Science Education*, vol. 22, núm. 9, pp. 895-935.
- Cook, M. (2006). “Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive load theory on instructional design principles”, *Science Education*, 90, pp. 1073-1091.
- Danish, J. y Enyedy, N. (2007). “Negotiated representational mediators: How young children decide what to include in their science representations”, *Science Education*, 91, núm. 1, pp. 1-35.
- Dedes, C. (2005). “The mechanism of vision: Conceptual similarities between historical models and children’s representations”, *Science & Education*, 14, pp. 699-712.
- Díaz Barriga, F. (2003). “Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo”, *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, vol. 5, núm. 2, en: <http://redie.ens.uabc.mx/vol5no2/contenido-arceo.html> (consultado el 10 de julio del 2008).
- Edwards, D. y Mercer, N. (1998). *El conocimiento compartido: El desarrollo de la comprensión en el aula*, Barcelona: Paidós-MEC.
- Erickson, F. (2003). “Qualitative research methods for science education”, en: Fraser, B. y Tobin, K. (eds.), *International handbook of science education*, Londres: Kluwer Academic Publisher, pp. 1175-1189.
- Ferk, V.; Vrtacnik, M.; Blejec, A. y Gril, A. (2003). “Students’ understanding of molecular structure representations”, *International Journal of Science Education*, vol. 25, núm. 10, pp. 1227-1245.

- Giere, R. (ed.) (1992). *Cognitive models of science*, University of Minnesota Press: Minneapolis.
- Giere, R. y Moffatt, B. (2003). "Distributed cognition: Where the cognitive and the social merge", *Social Studies of Science*, vol. 33, núm. 2, pp. 1-10.
- Gómez, A. (2005). *La construcción de un modelo de ser vivo en la escuela primaria: Una visión escalar*, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Gómez, A. (2007). "¿Cómo conocemos el mundo?: los órganos de los sentidos y el sistema nervioso", *Praxis*, vol. 3, pp. 1-21
- Gómez, A. y Adúriz-Bravo, A. (2007). "La actividad científica escolar: Una actividad situada", en García, C. (ed.), *Configuraciones formativas. II. Formación y Praxis*. México: UG.
- Gómez, A. y Sanmartí, N. (2008). "Transformation of everyday language into scientific language in primary school children's explanations", en Marcus, H. et al. (eds.) *Biology in context*, UK: IOE-University of London, pp. 181-191.
- Harskamp, E.; Mayer, R. E.; Suhre, C. y Jansma, J. (2007). "Does the modality principle for multimedia learning apply to science classrooms?", *Learning and Instruction*, vol. 17, pp. 465-477.
- Hollan, J.; Hutchins, E y Kirsh, D. (2000). "Distributed cognition: Toward a new foundation for human-computer interaction research", *ACM Transactions on computer-Human Interactions*, vol. 7, núm. 2, pp. 174-196.
- Izquierdo, M., (2008). "La organización y la secuenciación de los contenidos para su enseñanza", en Merino, C.; Gómez, A. y Adúriz-Bravo, A. (eds.), *Formación en investigación para profesores: áreas y métodos de investigación en didáctica de las ciencias*, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona, pp. 33-58.
- Izquierdo, M. y Adúriz-Bravo, A. (2003). "Epistemological Foundations of School Science", *Science & Education*, vol. 12, núm.1, pp. 27-43.
- Izquierdo, M.; Espinet, M.; García, M.; Pujol, R. y Sanmartí, N. (1999). "Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar", *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra, pp. 79-91.
- 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*, vol. 53 núm. 1, pp. 5-18.
- Johnstone, A.; Moher, T.; Ohlsson, S. y Leigh, J. (2001). *Exploring multiple representations in elementary school science education*, Yokohama: IEEE.
- Kozma, R. y Russell, J. (1997). "Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 34, núm. 9, pp. 949-968.
- Kress, G.; Jewitt, C.; Ogborn, J. y Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning. The rhetorics of the science classroom*, Londres: Continuum.
- Lave, J. (2001). "La práctica del aprendizaje", en Chalkin, S. y Lave J. (comps.), *Estudiar las prácticas, perspectivas sobre actividad y contexto*, Buenos Aires: Amorrortu, pp. 15-45.
- Marbach-Ad, G. y Stavy, R. (2000). "Students' cellular and molecular explanation of genetic phenomena", *Journal of Biological Education*, vol. 34, núm. 4, pp. 200-205.

- Márquez, C. (2002). *La comunicación multimodal en L'ensenyament del Cicle de L'aigua*, Barcelona: Universitat Autònoma de Barcelona.
- Mayer, R. y Moreno, R. (s/f). "A cognitive theory of multimedia learning: implications for design principles", disponible en: <http://www.unm.edu/~moreno/PDFS/chi.pdf> (consultado el 28 de enero de 2009).
- Méheut, M. (2004). "Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research", *International Journal of Science Education*, vol. 26, núm. 5, pp. 515-535.
- NSF (2001). *Molecular visualization in science education*, Arlington, VA: National Science Foundation.
- Ogborn, J.; Gunther, K.; Martins, M. y NcGillicuddy, K. (1998). *Formas de explicar la enseñanza de las ciencias en secundaria*, Madrid: Santillana.
- Sutton, C. (2003). "Los profesores de ciencia como profesores de lengua", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 21, núm. 12, pp. 21-25.
- Treagust, D. (2007). "General instruction methods", en Abell, S. y Lederman, N. (eds.), *Handbook of research in science education*, Londres: LEA.
- Wenger, E.; McDermott, R. y Snyder, W. (2002). *Cultivating communities of practice: a guide to managing knowledge*, Boston: Harvard Business School Press.

Artículo recibido: 5 de agosto de 2008  
Dictaminado: 3 de diciembre de 2008  
Segunda versión: 4 de febrero de 2009  
Aceptado: 23 de febrero de 2009