

«SIGNANDO» JUNTOS: CONVERSACIONES SOBRE LA TRANSFORMACIÓN DE LA MATERIA

VÁZQUEZ MARTÍNEZ, SUSANA y GARCÍA-RODEJA GAYOSO, ISABEL

Departamento de Didáctica das Ciencias Experimentais
Facultade de Ciencias da Educación. Santiago de Compostela
ddisagr@usc.es

Resumen. En este trabajo, se analizan las respuestas a cuestionarios y las conversaciones de seis estudiantes sordos a la hora de interpretar fenómenos relacionados con la transformación de la materia. Los resultados muestran que los modelos utilizados son similares a los descritos para alumnos oyentes. El hecho de «signar» juntos, durante las entrevistas en grupo, generó la progresión en los modelos.

Palabras clave. Modelos de los estudiantes, transformación de la materia, sordera, comunicación, discurso.

«Signing» together: Conversations on matter transformation

Summary. This paper reports findings from a group interview study of how deaf pupils reason about phenomena related to transformation of matter. The results show that deaf students use similar models to those described in hearing students. The fact of «signing» together during the group interviews generated the progression in models.

Keywords. Students' models, matter transformation, deafness, communication, discourse.

INTRODUCCIÓN

El interés de la didáctica de las ciencias por la comprensión de las y los estudiantes oyentes sobre determinados fenómenos científicos ha generado numerosos estudios en las últimas dos décadas (Pfundt y Duit, 1994; Gil, 1994; Moreira, 1994). Pero apenas existen este tipo de investigaciones realizadas con estudiantes sordos, de modo que no se conoce si las concepciones de estos estudiantes difieren sustancialmente de las de los estudiantes oyentes dadas sus diferencias en el acceso a la información y las características del lenguaje que utilizan.

Los resultados de las investigaciones sobre ideas y modelos de razonamiento de los estudiantes han sido fructíferos

y han guiado el diseño de secuencias de enseñanza en las aulas de ciencia (Hodson, 1999). Una parte importante de estas investigaciones se han realizado utilizando tests escritos o entrevistas individuales. Si los tests escritos permitían acceder a las ideas de un número más amplio de individuos, las entrevistas permitían penetrar con mayor profundidad en el pensamiento de los alumnos.

Las primeras explicaciones de la génesis de las ideas de los estudiantes se basaban en la consideración de que los niños actuaban como científicos (Kelly, 1955), de modo que, a partir de la experiencia cotidiana, generaban hipótesis que les permitían hacer predicciones sobre lo que iba a suceder. De esta forma se iban generando teorías

personales que los niños iban adaptando y matizando a medida que se ampliaba su repertorio de experiencias. El aprendizaje de la ciencia se definió, entonces, como una construcción personal de nuevos significados a través del cambio conceptual (Posner et al., 1982); y la enseñanza de la ciencias se centró en exponer a los estudiantes ante nuevas experiencias que les permitiesen poner en cuestión sus ideas y construir nuevos significados más acordes con la ciencia escolar.

Solomon (1993) argumentó que el proceso por el cual los niños construyen nociones para explicar el significado de sucesos es más social que personal; desde esta perspectiva, los niños ya no son individuos solitarios que construyen significados y elaboran modelos de la realidad por pensamiento lógico basado en la manipulación y observación de objetos. Se considera que, fuera del colegio, los estudiantes están siendo continuamente socializados en un repertorio de modelos de explicaciones no científicas a través de los medios de comunicación, la familia, los compañeros, etc. (Driver et al., 1994). Este conocimiento social es útil para explicar los fenómenos cotidianos y no desaparece a favor de las explicaciones científicas. Las nociones de los niños son, pues, resultado de la interacción personal en contextos sociales (plano interpsicológico) y de apropiación– internalización (plano intrapsicológico) del conocimiento socialmente construido (Wertsch, 1993). Desde esta perspectiva, la enseñanza de la ciencia se ha descrito como un proceso de enculturación, en donde los alumnos participan en procesos de indagación científica a través de actividades auténticas (Brown et al., 1989). Ogborn y otros (1998) indican que un primer paso para conseguir que los estudiantes participen en el razonamiento científico es situarlos en el contexto de la vida real dentro de una diferente estructura, en este caso, una estructura basada en las teorías y métodos de la ciencia, con sus diferentes formas de razonar y diferentes tipos de explicaciones. Mason (1998) señala que se trata de implicar a los estudiantes como participantes en una empresa conjunta en la que se construyen significados por la interacción con otros a través del lenguaje. Otros autores (Lemke, 1983; Jiménez, 1998) piensan que dominar el campo de las ciencias requiere dominar su forma especializada de utilizar el lenguaje para que los alumnos y alumnas sean capaces de construir significados con sus propias palabras.

Este cambio de perspectiva explica el cambio en el enfoque de la investigación en didáctica de las ciencias, desde conocer las ideas de los estudiantes antes o después de realizar determinadas actividades de aprendizaje (a través de tests o entrevistas individuales) a explorar cuestiones que tienen que ver con la interacción entre ciencia, lenguaje y comunicación en situaciones de aprendizaje a través del análisis del discurso. Un aspecto de estos análisis es conocer en qué medida se modifican los modelos de los estudiantes al participar en actividades discursivas.

Desde una u otra perspectiva, el paisaje cambia al pensar en cómo aprenden ciencias los estudiantes sordos. ¿Cómo construyen significados a través de la experien-

cia? ¿Qué significados construyen? ¿Cómo afectan, en la construcción de significados, las características peculiares de la lengua de signos? ¿Cómo afectan las características peculiares de interacción social en la construcción de significados personales? ¿En qué medida los conocimientos que surgen del área de didáctica de las ciencias son aplicables a este colectivo?

Este trabajo trata de aportar datos empíricos para conocer en qué medida estos estudiantes utilizan modelos de razonamiento que han sido identificados en alumnos oyentes, siguiendo la línea marcada por trabajos como los de Roald y Mikalsen (2000, 2001) y Molander y otros (2001).

Se describen los resultados obtenidos de las respuestas a cuestionarios y de las entrevistas en grupo a estudiantes sordos acerca de la forma de explicar determinados fenómenos relacionados con la transformación de la materia (combustión, descomposición térmica y descomposición de un organismo). La entrevista en grupo da una información más adecuada del pensamiento de los estudiantes, ya que se genera un ambiente más cómodo que permite un mayor flujo de ideas entre iguales. Las interacciones entre los miembros del grupo también pueden ofrecer más oportunidades de reflexión sobre sus ideas y las ideas de otros. Se utilizan los resultados de la literatura para hacer una comparación entre los modelos utilizados por los estudiantes oyentes y los estudiantes sordos.

Estudio en relación con la investigación previa

La importancia de entender la materia, tanto desde el punto de vista macroscópico como atómico, hace que las concepciones de los estudiantes sobre la materia y su transformación se haya constituido como un tema central en la investigación en didáctica de las ciencias. Los modelos que utilizan los estudiantes a la hora de explicar reacciones químicas aparecen ampliamente reflejadas en la literatura (Meheut et al., 1985; Andersson, 1984, 1986, 1990; Driver et al., 1989; Hesse, 1992; Watson et al., 1995, 1997).

Andersson (1990) clasificó las respuestas de los estudiantes sobre las reacciones químicas en cinco categorías de explicación: no hay nada que explicar, transmutación, modificación, desplazamiento y reacción química. La transferencia del mundo macroscópico al microscópico aparece en las cuatro primeras categorizaciones. Los alumnos opinan, por ejemplo, que, si una sustancia se quema, también se queman sus átomos. Andersson sugiere que una de las razones de esta transferencia es la forma en que se explican los modelos atómicos en los textos, donde no hacen una clara y deliberada distinción entre el modelo científico y el mundo real. Aunque la categoría de interacción química es la única que se presenta en la enseñanza, los estudiantes siguen utilizando las otras categorías en sus razonamientos, que se basan sobre todo en las características perceptibles de los fenómenos científicos.

La mayor parte de los trabajos sobre los modelos de los estudiantes acerca de las transformaciones de la materia hacen referencia a reacciones de combustión. Driver y otros (1989), en un estudio sobre las explicaciones de la combustión a un numeroso grupo de estudiantes, encontró las mismas explicaciones en alumnos de secundaria de diferentes nacionalidades:

- El aire o el oxígeno son necesarios para que se produzca la combustión, pero no está clara su función, no aparece la idea de interacción química.
- El peso de la sustancia que arde se reduce; la materia no se conserva.
- Los gases resultantes de la combustión no pesan.
- Se producen transferencias del nivel microscópico al macroscópico.

Prieto y otros (1992, 2002) describieron los tres modelos utilizando como indicadores las siguientes ideas. En el modelo de modificación se considera que el cambio es reversible, el oxígeno no participa en el cambio y la llama o el fuego son una fuente de calor que provoca la modificación de la sustancia (estado físico, color, etc.). En el modelo de transmutación se considera que el proceso es irreversible: la llama es el agente activo del cambio, el oxígeno o el aire es necesario para que la combustión tenga lugar, y la materia puede transmutarse en calor y viceversa. En el modelo de reacción química se incluyen ideas como: la reacción es irreversible, el aire o el oxígeno y la sustancia combustible interaccionan, la llama es la evidencia de la reacción química, y la llama contiene combustible y oxígeno en interacción.

Meheut y otros (1985) encontraron que las categorías de modificación y transmutación dependen en gran parte de la sustancia combustible. Así, para explicar la combustión con combustibles como la cera o los metales los estudiantes utilizan la modificación y, para otras como el papel o la madera los estudiantes se refieren a la transmutación. Lee y otros (1993) también señalaron que, cuando utilizan un modelo de partícula de bajo nivel los niños con frecuencia atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas. Wu (2003) describió cómo los miembros de una clase construyen significados de química al conectarlos con la experiencia cotidiana al ligar la visión microscópica de la química con experiencias cotidianas.

Las dificultades de los niños para entender la descomposición de un organismo han sido documentadas por Sequeira y Freitas (1986), Smith y Anderson (1986), Leach y otros (1992) y Helldén (1995) y otros. Sequeira y Freitas (1986) señalaron que muy pocos estudiantes de 10-13 años utilizan la idea de que la materia orgánica se transforma en nutrientes minerales. Muchos estudiantes dicen que los materiales se agotan, se rompen en trozos, o desaparecen. Smith y Anderson (1986) encontraron que los niños son conscientes de que los organismos al morir se descomponen y se pudren y

de la existencia de un proceso cíclico; sin embargo, muchos no reconocen el agua y el dióxido de carbono como productos del proceso de descomposición y consideran el suelo como producto final. Helldén (1995), basándose en las investigaciones de Andersson (1990) y otros investigadores acerca de la transformación de la materia, señalaron como más frecuentes las siguientes ideas:

- La descomposición significa que los materiales fueron consumidos, usados, partidos o desaparecieron.
- El suelo es el punto final de la materia descompuesta y no un estado en el ciclo de la materia.
- Se realizan transferencias del mundo microscópico al macroscópico; así, cuando un animal desaparece, los átomos que lo forman también desaparecen.
- No citan, en sus respuestas, la existencia de organismos presentes en la putrefacción.
- Saben que, cuando un organismo muere, se descompone, pero no reconocen el agua y el dióxido de carbono como productos de descomposición.

Propósito de este estudio

El propósito de este trabajo es conocer si los modelos que utilizan los estudiantes sordos a la hora de interpretar fenómenos relacionados con la transformación de la materia son distintos –dadas sus diferencias, en el acceso a la información y en las modalidades del lenguaje que utilizan– a los descritos en la literatura para los estudiantes oyentes.

MÉTODO

Selección de experiencias

La ciencia que se enseña en los colegios desarrolla una serie de conceptos clave con los cuales podemos interpretar una serie de situaciones que sin dichos conceptos podrían parecer dispares. Conceptos como *átomo*, *molécula*, *reacción química* son conceptos clave que ayudan a construir un modelo para interpretar situaciones diversas. Sin embargo, como se ha descrito en la sección anterior, muchas investigaciones demuestran que existen problemas para apropiarse del significado de estos conceptos.

En esta investigación, las ideas unificadoras de la ciencia escolar que explican las experiencias y situaciones que se presentan a los estudiantes, son las siguientes:

- La materia está constituida por átomos que se combinan formando moléculas.
- Las sustancias están formadas por moléculas.

- Cuando ocurre una reacción química, las sustancias cambian porque se forman nuevas moléculas, pero los átomos permanecen.

Contexto

Los alumnos que participaron en la prueba están escolarizados en régimen de integración en el IES Someso, instituto situado en el extrarradio de la ciudad de A Coruña. Es un centro pionero y de referencia en la integración de alumnos con minusvalías sensoriales.

Participantes

El número total de participantes fue de seis estudiantes, cinco mujeres y un hombre. En la primera prueba participaron tres alumnos y en la segunda participaron seis. Todos los nombres son falsos para garantizar el anonimato de los participantes, el nombre respeta el sexo. Un rasgo común para todos ellos es que tienen sordera profunda prelocutiva, dominan la lengua de signos y muestran en este código mayor competencia comunicativa que en lengua española. Los seis estudiantes cursan el último curso de FP 2 en diferentes especialidades.

La entrevistadora (primer autor) es una profesora de ciencias, licenciada en Químicas, con conocimientos de la comunidad sorda, de la problemática escolar de los estudiantes sordos y que asiste regularmente a asociaciones de sordos.

Hemos considerado oportuno reflejar la educación que han recibido los estudiantes, el nivel de lectoescritura considerando los niveles medios del alumnado sordo, el nivel académico que poseen (en función de los resultados académicos comentados por los profesores) y su entorno social y en qué momento accedieron a la lengua de signos española (Tabla I).

Obtención de datos

Se seleccionaron tres temas: combustión de una vela (García-Rodeja et al., 1987; Driver et al., 1989; Watson et al., 1995, 1997), descomposición térmica del azúcar (García-Rodeja et al., 1987) y descomposición de un animal (Molander et al., 2001). Los dos primeros incluyen la observación de un fenómeno (tapar una vela con un vaso, calentar azúcar en un tubo de ensayo con un mechero). Sobre estos temas se diseñaron dos cuestionarios. En el segundo, sobre la descomposición térmica del azúcar, se incluyeron las preguntas sobre la descomposición de un animal. Para desarrollar las dos experiencias se ha utilizado una estrategia tipo POE (predicción, observación, explicación) (White y Gunstone, 1992). Además, en los dos cuestionarios se introducen preguntas del tipo «¿cómo se lo explicarías a un niño? ¿cómo se lo explicarías a un profesor?» con el propósito de conocer si los alumnos ajustan sus explicaciones a contextos específicos (Ogborn et al., 1998). También se asigna un espacio para que apunten cómo se han modificado sus ideas después de la discusión.

Se realizaron dos tomas de datos en el IES Someso: la primera en el primer trimestre del curso escolar (primer cuestionario) y la segunda en el mes de abril (segundo cuestionario). Las pruebas se llevaron a cabo en el aula habitual de los alumnos sordos de Someso. Unos minutos antes de la prueba se mantuvo una conversación informal con los participantes para establecer un contexto cómodo y relajado.

En el aula se encontraban los alumnos, una intérprete de LSE y la investigadora. El papel de la entrevistadora se limitó a signar para estimular la discusión entre los y las alumnas y a aclarar las preguntas de los estudiantes. Se situó enfrente de ellos, de forma que la disposición final resultaba en círculo, para obtener una comunicación perfecta de «los signantes» y un buen plano de vídeo. La realización de las experiencias y la discusión han sido grabadas en audio y en vídeo.

Tabla I
Características personales de los participantes.

Estudiante	Nivel académico	Escolarización previa	Nivel de lecto-escritura	Entorno familiar y social
Álex	Bajo	Integración en aula ordinaria y breve estancia en colegio específico	Bajo	No hay personas sordas en su familia Acceso tardío a la LSE
Bea	Alto	Integración en aula ordinaria	Alto	Familiares sordos. Acceso temprano a la LSE
Marta	Medio	Centro específico	Medio.	Familiares sordos. Acceso temprano a la LSE
Julia	Alto	Centro específico	Alto	Familiares sordos. Acceso temprano a la LSE
Olalla	Medio	Centro específico	Alto	Familiares sordos. Acceso temprano a la LSE

Las pautas de ejecución de las tareas se presentaron por escrito y un intérprete experimentado en lengua de signos para sordos española (LSE) las explicó para aclarar alguna duda sobre su ejecución. Para reducir el riesgo de una interpretación deficiente, se presentaron previamente las preguntas a la intérprete de LSE. Una vez presentadas, la intérprete signó las preguntas y la presentación a la entrevistadora (competente en LSE) y ésta, a su vez, interpretó en lengua oral el mensaje recibido por el intérprete. Este procedimiento hizo posible probar si la afirmación inicial había cambiado el contenido o estructura de la interpretación de lengua oral a LSE y viceversa. La necesidad de utilizar un servicio de interpretación supone un filtro a través de una tercera persona, pero elimina el riesgo de bloqueo de la comunicación en el transcurso de la experiencia y disminuye el riesgo de que la información transmitida y recibida por la entrevistadora no sea completa. Esperamos que este método de doble filtrado haya reducido el riesgo de llegar a conclusiones no justificadas.

En la primera experiencia, el protocolo de actuación fue el siguiente:

En primer lugar, se les indicó que se iba a tapar una vela encendida con un vaso y se les pidió que escribiesen en el cuestionario lo que iba a ocurrir dando una explicación. Posteriormente la investigadora (primer autor) realizó la experiencia solicitando que apuntasen lo que observaban y cómo lo explicarían en diferentes contextos. Una vez cubiertos los ítems correspondientes del cuestionario, se les animó a discutir en grupo sus respuestas y a cubrir, en el cuestionario, un ítem donde se solicitaba que apuntasen cómo habían cambiado sus ideas después de la discusión.

Para la segunda experiencia se siguieron los mismos pasos. En primer lugar, se les indicó que se iba a acercar a una llama un tubo de ensayo con un poco de azúcar. Se

les pidió que escribiesen lo que consideraban que iba a suceder y que lo explicaran respondiendo a las preguntas del cuestionario. Posteriormente, se realizó la experiencia solicitando que apuntasen lo que habían observado y cómo lo explicarían utilizando diferentes contextos. Una vez cubiertas estas cuestiones se les animó de nuevo a discutir en grupo y a escribir en el cuestionario cómo habían cambiado sus ideas después de la discusión.

Por último, se les pidió que respondiesen a una pregunta del cuestionario relacionada con la descomposición de un animal solicitando que la discutiesen en grupo y que respondiesen de nuevo en el cuestionario a un ítem relacionado con la forma en que se modificaron sus ideas después de la discusión.

Análisis de datos

Contamos con tres bases de datos diferentes: el material escrito, vídeos de las conversaciones «signadas» y grabaciones de las elocuciones de la intérprete y la entrevistadora. La transcripción de los datos no fue sencilla, al tratarse la lengua de signos, que, por su carácter espacial, carece de una escritura estandarizada.

Una vez realizada la primera prueba escrita, fuimos conscientes de los problemas de comprensión que surgieron por la disposición espacial de las preguntas y la falta de nexos entre párrafos, lo que nos hizo reformular los cuestionarios que se utilizaron posteriormente.

Para analizar los modelos de interpretación que aparecen tanto en los cuestionarios como en las discusiones nos hemos basado en las categorías que se muestran en la tabla II. Para analizar los ítems correspondientes a la descomposición de un ser vivo se utilizan las categorías que se presentan en la tabla III.

Tabla II
Categorías de análisis para las experiencias de combustión y descomposición térmica.
Elaborado a partir de Andersson (1984, 1986, 1990) y Watson, Prieto y Dillon (1995, 1997).

Categorías	Nivel macroscópico	Nivel microscópicos
Las cosas son así, no hay nada que explicar		
Desplazamiento	La sustancia cambia de ubicación	Los átomos y moléculas forman una mezcla, se separan, etc.
Modificación	La sustancia es la misma pero cambian algunas de sus propiedades, como la forma, el color o el olor	Los átomos cambian de tamaño, color, etc.
Transmutación	La sustancia se transforma en otra sustancia	Un átomo se transforma en otro nuevo
Reacción química	Se produce una interacción entre el reactivo o los reactivos originando un nuevo producto o nuevos productos	Se conserva la identidad atómica, pero cambian las combinaciones de átomos

Tabla III
Categorías de análisis para las cuestiones de la descomposición de un animal. Elaborado a partir de Andersson (1984, 1986, 1990), Helldén (1995) y Molander (2001).

Categorías	Nivel macroscópico	Nivel microscópicos
Las cosas son así, no hay nada que explicar		
Desaparición	Al morir el animal desaparece	Los átomos también se mueren y desaparecen
Modificación	El animal se rompe en trozos (se descompone) y se mezcla con la tierra	Los átomos cambian de tamaño, color, etc.
Transmutación	El animal se rompe en trozos (se descompone) y se transforma en tierra Reconocen el suelo y los minerales como productos de la descomposición pero no reconocen el agua y el dióxido de carbono	Un átomo se transforma en otro nuevo
Desplazamiento	Idea de ciclo	Los átomos se mezclan con la tierra A los átomos se los puede comer un animal
Reacción química	Los microorganismos transforman la materia orgánica en materia inorgánica Reconocen el agua y el CO ₂ como productos de la descomposición	Los átomos reaccionan formando nuevas moléculas

RESULTADOS

En la descripción de los resultados, para cada experiencia, se presentan las respuestas de los cuestionarios escritos y se comentan eventos de las conversaciones que se producen en el grupo. En las transcripciones de las conversaciones se utilizan nombres falsos y la entrevistadora se indica por la inicial E.

Experiencia 1

En la primera experiencia intentamos conocer en qué medida los estudiantes consideran la combustión como una reacción química, al indicar que la vela se apaga por la falta de oxígeno (reactivo) e identificando al menos el vapor de agua como producto de la combustión.

En el cuestionario escrito se observó inicialmente una incomprensión clara de la pregunta inicial, aun contando con el apoyo de la intérprete y con la entrevistadora que se comunicaba perfectamente con ellos en lengua de signos. Como muestra de esta incomprensión se producen situaciones como la siguiente:

Bea: ¿Me puedes ayudar? (Dirigiéndose a la entrevistadora.)

E: Sí. Dime.

Bea: Yo escribo en primer lugar lo que creo que va a suceder en el futuro...

E: Sí, lo que crees que sucederá en el futuro. Yo enciendo la vela, la tapo con este vaso. ¿Qué ocurrirá?

Presentamos los datos obtenidos de los cuestionarios, con suficiente detalle, para mostrar las dificultades que

tienen estos estudiantes en la expresión escrita y que no se corresponde con su capacidad de expresión en lengua de signos como se podrá observar más adelante.

Si prestamos únicamente atención a las respuestas del cuestionario escrito (Fig. 1), podríamos concluir que sólo Bea es capaz de hacer una predicción señalando que el vaso puede romper. Marta y Álex no entienden la tarea por problemas de comunicación. En relación con las explicaciones en diferentes contextos hacen referencia a los distintos modos de explicación: se lo explicaría de forma sencilla, o en lengua de signos... Esto ocurre en todas las experiencias excepto en la tercera; de ahí que omitamos algunos de estos datos.

Sin embargo, en las conversaciones que se mantienen mientras responden al cuestionario, Álex y Bea realizan intervenciones que ponen de manifiesto una mayor capacidad de predicción de lo que muestran los cuestionarios escritos:

Álex: Yo opino que la vela se apagará.

E.: Ah, se apagará (Dirigiéndose a Bea.) ¿Tú opinas lo mismo?

Bea: La llama se consumirá poco a poco.

En las respuestas al cuestionario escrito (Fig. 1) una vez que se realiza la experiencia, Bea señala, en la observación, que la vela se apaga, el humo y la presencia de líquido (haciendo referencia posiblemente a la condensación del agua en las paredes del vaso) y da una explicación a que se apague la vela por la ausencia de aire. Marta y Álex señalan la presencia de humo pero no dan una explicación.

Figura 1

Experiencia 1: Combustión de una vela. Respuestas escritas.

– Vamos a encender una vela y la vamos a tapar con un vaso. ¿Qué crees que ocurrirá?

Bea: *Yo creo que el vaso es de color blanco y también el vaso está muy caliente si pueda romper el cristal*

Marta: *Una vela encendida tapa un vaso que sea suerte para buscar el trabajo*

Álex: *El futuro mucha suerte «personas suerte», estudiar, trabajar, etc.*

– ¿Cómo le explicarías a tu hermano pequeño lo que va a ocurrir?

Bea: *yo explico muy sencilla, como dice a mi hermana, que una vela está enciendo y pues pone el vaso está encima*

Marta: *Cuando enciende la vela pero cuando yo explica a un hermano para que entienda lo que dijo*

Álex: *Explica el vela que dice una suerte cosa*

– ¿Cómo crees que un científico respondería a la pregunta?

Bea: *Yo creo más sencilla pero sí norma*

Marta: *Un hermano sordo sabe lenguaje de signos y un científico explica a un hermano hablar un lenguaje oral pero no sabe lenguaje de signos*

Álex: *El mayor distinto el menor*

– ¿Qué has observado? ¿Cómo lo explicarías?

Bea: *Al final, vela está apagado y el vaso esta dentro humo pero algo poquito toca liquido. Vela está apagado porque no hay zona libre o aire entonces ya apago*

Marta: *Cuando una vela tapa con un vaso pero que está apagado y también sale un humo en un vaso. Cuando la vela está apagado y pone el vaso que no sale el aire pero cuando la vela no pone la vela con un vaso para que sale aire para oler*

Álex: *Encendemos la vela y la tapamos con un vaso después apagamos la vela y humo poco*

– ¿Cómo le explicarías a tu hermano pequeño lo que ha ocurrido?

Bea: *Yo explico sencillo vela está apagado porque la zona no hay aire*

Marta: *El científico explica a un hermana como enseña la vela y tapa el vaso*

Álex: *Apaga la vela motivo tapa el vaso*

– ¿Cómo crees que un científico respondería a la pregunta?

Bea: *Un científico cree sí razón con nosotros porque es no hay aire*

Marta: *Un científico mira a los tres hermanos como se enseña y le ayuda a las tres personas*

Álex: *El tiene un profesional*

– Puedes anotar cómo han cambiado tus ideas después de la discusión.

Bea: *Algo sí poquito cambia vela esta apagado porque vela no esta aire y dentro está humo pues vela esta apagado*

Marta: *Yo estoy de acuerdo lo que dice la compañera cuando la vela está apagado por motivo está agotado por tapar un vaso y cuando la vela está encendida no tapa un vaso pues que no está agotado*

Álex: *Poco tiempo. El humo después apaga la vela*

Si prestamos atención a las conversaciones que se producen al realizar esta tarea, observamos que también les ha llamado la atención el líquido que se condensa en las paredes del vaso aunque no la identifican como agua:

Marta: La vela se apagó.

Álex: Sí, se apagó...

E.: ¿Sólo observastéis que se apagó?

Bea: Bueno también varió el color...

Álex: Sí, había humo dentro en poca cantidad...

Álex: Hay algo de humedad, un poco de humedad.

E.: ¿Y, de dónde sale este líquido?

Álex: Por la llama que da algo de humedad al vaso, la llama estaba caliente y salió humedad.

La última intervención de Álex puede ser clasificada dentro de la categoría de transmutación de la energía a una nueva sustancia (Andersson, 1990). Meheut y otros (1985) señalan un ejemplo similar en la respuesta de un estudiante: «You can see little drops of water because the flame heats, and the heats go off as steam and after that it turns into water.»

Quedan, patentes, en todas las respuestas, los graves problemas de expresión escrita y de comprensión lectora de estos alumnos, así como la dificultad de análisis de las mismas por un profesor que no tenga experiencia con alumnado sordo.

Discusión en grupo

En las primeras intervenciones grabadas se pone de manifiesto que los estudiantes consideraban que no era necesaria ninguna explicación:

Álex: La vela se apagó porque se tenía que apagar, no existe un motivo.

E.: ¿Por qué se apaga la llama?

Álex: Al soplar se apaga.

Marta: Ése no es el motivo, no soplamos.

Ante la insistencia de la entrevistadora empiezan a aparecer explicaciones que podríamos enmarcar en la categoría de transmutación:

Álex: Al no tener aire en ese espacio reducido, la vela se apaga.

E.: ¿Tú opinas lo mismo, Bea?

Marta: Al estar sin aire, sin ningún aire, entonces está como ahogada, se queda sin llama. Si no la hubieses tapado con el vaso, no se apagaría.

E.: ¿Tú opinas lo mismo, Bea?

Bea: Parecido, al no haber aire, al estar en un lugar sin aire, la vela se apaga. Pienso lo mismo que mis compañeros.

E.: ¿Y qué opináis del humo y de la humedad?

Marta: Sí, había un líquido, pienso.

Bea: Al apagarse la llama, el humo que se desprende, al no tener por donde salir, se queda en el vaso y se convierte en líquido. Si no hubiese vaso, el líquido no aparecería, el humo se extendería por la habitación, pero al taparlo con un vaso el humo se queda ahí y se convierte en líquido.

E.: ¿Estáis de acuerdo?

Álex: Sí, sí.

E.: ¿Habéis observado algo más, por ejemplo el color que decíais antes?

Bea: Sí, antes se veía como algo blanco, un color raro, luego ese color desapareció, pero no sé explicar por qué.

E.: ¿Habéis anotado todo lo que habéis observado?
(Todos dicen que sí.)

Ahora, todos los participantes otorgan al aire un papel fundamental en la combustión, aunque no indican su función, ni hablan de oxígeno, ni hacen referencia a la formación de dióxido de carbono y la presencia de humedad no la asocian al agua como un producto de la combustión. En ningún momento apareció la idea de reacción química y, cuando se les pregunta cómo responderían a un científico, consideran suficiente la explicación.

Ante la duda surgida entre el signo de aire y de oxígeno, todos los estudiantes aclararon que se trataba de aire. El humo no lo asocian a vapor de agua pero indican que se transformará en líquido. Cabe destacar que la discusión en lengua de signos fue mucho más fluida y más rica en aportaciones significativas que las respuestas al cuestionario.

Después de la discusión, las respuestas al cuestionario parecen reflejar que el hecho de discutir las ideas con los compañeros hizo variar el enfoque inicial, donde no era necesaria una explicación a ideas que se pueden incluir en un modelo de transmutación de la materia (el aire se considera implicado en el proceso de combustión, el humo se convierte en líquido). Este modelo es más sofisticado que el modelo de modificación (Prieto et al., 2002) y supone una progresión en relación con la situación inicial, donde no sentían la necesidad de explicar nada.

Experiencia 2

En la segunda experiencia intentamos conocer en qué medida los estudiantes consideran la descomposición térmica del azúcar como una reacción química y si identifican, como se pretendía en la experiencia anterior, el vapor de agua como producto de la descomposición térmica.

En las respuestas al cuestionario escrito se observa que las predicciones de los estudiantes estaban encaminadas a la observación de un cambio físico (Fig. 2). En el cuestionario, cuando se les pide que apunten lo que han observado y que lo expliquen, todas las respuestas se pueden enmarcar en la categoría de modificación de Andersson, y están en concordancia con las investigaciones de Meheut y otros (1985), con alumnado oyente, sobre la atribución de un cambio de estado para algunos tipos de reacciones químicas.

Discusión en grupo

En la discusión en grupo aparecen más características del modelo de modificación donde la sustancia cambia de un modo no definitivo, cambia el estado físico de la sustancia como el olor o el color por efecto de la llama (Watson et al., 1997; Prieto et al., 2002).

Figura 2

Experiencia 2: Descomposición térmica del azúcar. Respuestas escritas.

– Vamos a introducir azúcar en este tubo de ensayo. Con un mechero vamos a calentar el azúcar. ¿Qué piensas que va a pasar con el azúcar?

Bea: *Pues azúcar está líquido*

Iria: *En cambios en caramelo*

Marta: *Se quema cuando se disuelve como un caramelo*

– ¿Qué has observado? ¿Cómo lo explicarías?

Bea: *Cuando enciende el fuego con ensayo con el azúcar, ya fuego muy tiempo y cambia de color amarillo y luego está líquido*

Olalla: *Un largo vaso pone poco azúcar para hacer fuego que cambiar como caramelo*

Marta: *Una profesora echa una azúcar en un bote de ensayo luego se calienta el fuego para convertir como un caramelo*

Julia: *El azúcar se convirtió en caramelo color marrón. Pues calienta el tubo sobre la llama del mechero por eso convierte*

E: Ahora vamos a hacer una puesta en común.

Álex: Encendiste el fuego y cambié el color del azúcar y huele rico.

E: Otras cosas que hayáis visto .

Olalla: Explicamos lo que vimos, lo que pasó.

E: ¿Qué pasó para que el color haya cambiado?

Olalla: Al calentarse cambia. Pasa lo que tiene que pasar, no es necesaria una explicación [...]

E: Sí, pero ¿qué cambia?

Olalla: Ni idea, por el fuego [...]

E: Por el fuego... ¿Vosotros qué opináis?

Bea: Lo mismo, nada más.

E: ¿Cómo se lo explicarías a un niño pequeño?

Olalla: De la misma manera [...]

Julia: ¿Explicar el cambio del azúcar? El azúcar cuando se calienta se convierte en caramelo...

E: Y a un profesor de ciencias, si te lo preguntase, ¿cómo le contestarías?

Bea: Al calentarlo, cambia, se convierte en caramelo, lo que ya explicamos aquí refiriéndose a la pregunta anterior [...]

E: Esta sustancia, ¿qué es? (Señalando el caramelo del tubo de ensayo.), ¿es azúcar, ¿qué es? ¿qué ha ocurrido?

Julia: ¡Es caramelo!

Bea: Caramelo.

E: ¿Distinto del azúcar?

Olalla: Es lo mismo: caramelo y azúcar son lo mismo.

Bea: El color cambia con el calor.

Alex: Ahora el color es marrón, ha cambiado, hubo un cambio, es líquido [...]

Álex: Lo que era sólido, el azúcar, pasó a líquido.

E: Opináis todos lo mismo?

Todos: Sí.

Al finalizar la última prueba, la entrevistadora incidió de nuevo en esta experiencia con el objeto de estudiar la persistencia de la categoría de modificación: los alumnos seguían utilizando la idea de cambio de estado para explicar lo sucedido.

E: En la experiencia del azúcar también ha tenido lugar una reacción química.

Julia: No, es lo mismo que cuando el hielo pasa a agua.

Meheut y otros (1985), al categorizar las respuestas de los estudiantes sobre sustancias que se queman, también encontraron que los mismos estudiantes, para unas sustancias (madera, papel), utilizaban el modelo de transformación (durante el proceso, la sustancia se convierte en otra) y, para otro grupo de sustancias (por ejemplo alcohol, metales, cera), consideraron que, cuando se queman, lo explican como un cambio de estado (modelo de modificación).

A la última pregunta del cuestionario sobre si habían variado sus ideas, no responden, seguramente porque la idea subyacente seguía siendo la misma.

Experiencia 3

En este caso, el tema se trata únicamente a través de los ítems del cuestionario, no se hace una experiencia directa que los estudiantes puedan observar. Uno de los propósitos de esta cuestión es cerciorarse de que los estudiantes utilizan modelos explicativos atomísticos para expresar procesos biológicos fundamentales. La pregunta la formulamos como en el trabajo de Molander y otros (2001).

«Los animales están formados por átomos. Si un animal se muere en el bosque, empieza a pudrirse. ¿Qué ocurre con los átomos cuando el animal se pudre?»

La tercera experiencia se desarrolló de una manera más fluida y más participativa que las anteriores, quizá por este motivo los y las estudiantes no rellenaron el primer ítem del cuestionario y tampoco se les indicó que lo hiciesen para no perturbar el desarrollo de las conversaciones.

En las respuestas escritas es difícil identificar las ideas que están utilizando (Fig. 3). Bea indica que los átomos se van a vivir a otro sitio; Iria, que los átomos salen a la tierra; Julia, que los átomos permanecen porque otros seres vivos se los comen.

Figura 3
Experiencia 3: Respuestas escritas.

¿Cómo explicarías a un niño pequeño lo que va a ocurrir con los átomos del animal cuando se pudra?

Bea: *Yo explico a un niño debo sencilla por ejemplo cuando el animal está muerto y dentro de animal tiene átomos podrá continuar vivir otro sitio*

Iria: *Que los animales cuando muere, pues el átomo es pequeño puede salir a la tierra para continuar a otros porque la tierra nunca acaba, es seguido hasta toda la vida*

Olalla: *Los niños enseñan la tema átomos más claro y una profesora enseñaran la tema de átomos para los niños*

Marta: *Yo explico al niño como se muere a los animales pues yo explico al niño en la casa porque yo explico muy breve como se muere a los animales y en la clase al profesor se explica profunda como se muere los animales*

Julia: *Le explico que un animal muere pero el átomo no muere porque las carne cada vez desaparece por cualquier animal o otros seres vivos comen por eso el átomo todavía está*

Si tu profesor te preguntase qué le sucede a los átomos de los que está formado un animal cuando el animal se pudre, ¿qué le responderías?

Bea: *Cuando yo explico a profesor dí que cuando murió el animal traslado el cuerpo de animal. Va bajo la tierra puede producir las plantas*

Iria: *Que los animales mueren, pues el átomo no se ve nada. Así los animales siguen comiendo pero son inocentes hasta toda la vida*

Olalla: *Me explica que dice los átomos de los que está formado el animal cuando cambia se pudre el animal*

Julia: *Le explico que el átomo de los animales tienen procesos por las tierras absorben también las lluvias por eso se disuelven, otros insectos, aves, animales*

Álex: *Cuando los animales mueren se pudren se convierten en otro animal pues los animales se comen que es consecuencia o proceso de los animales*

Piensa implica animal muere y formado a átomos de los formado el animal continua

Discusión en grupo

Las primeras intervenciones señalan que no es necesaria ninguna explicación, y reflejan una transferencia del mundo macroscópico al microscópico:

E: ¿Qué ocurre con los átomos cuando el animal se muere?

Olalla: Pues que mueren y desaparecen.

Álex: Yo pienso lo mismo, que se mueren, ya que, si el animal se muere, los átomos también.

Marta: Yo pienso lo mismo.

Una intervención de Bea crea una diferencia, hace que los estudiantes reflexionen sobre sus respuestas y comiencen a utilizar la idea de ciclo como modelo de explicación:

Bea: Yo no estoy de acuerdo, es un ciclo: los átomos no desaparecen, a lo mejor se van a la tierra, o a otra cosa que puede nacer, o algún bicho que está ahí, un insecto o algo.

E: ¿Queréis discutirlo?

Olalla: ¿Qué quieres que te explique? Yo tengo que verlo en la realidad, yo nunca tuve esa experiencia (Con gesto de que está perdiendo el tiempo.) [...]

E: Bueno, si un animal se muere y se descompone, puedo pensar diferentes cosas, por ejemplo, que el animal desaparece, que se produce un cambio... como habéis dicho. Estoy segura de que en clase de ciencias os hablaron de este tema.

Olalla: No, no, yo de este tema no sé nada, no me explicaron nada del átomo aquí.

Bea: Hombre; la palabra *átomo* si la conocemos, está dentro de la química ¿no? ¿O dentro de la biología?

En un primer momento Olalla y Álex proyectaron las propiedades del ser vivo macroscópico a los átomos y consideraron estas entidades animadas, al morir los animales, los átomos también mueren. Marta opinó lo mismo. Bea no estuvo de acuerdo e introdujo la idea de ciclo y de conservación de la materia. Olalla señaló un aspecto importante de carácter epistemológico, al no hacer una distinción entre modelo y observación, no le encuentra sentido a explicar nada, ya que ella no ha tenido esa experiencia. En la siguiente intervención, Olalla señaló otro problema relacionado con la falta de interacción de conocimientos en distintos dominios.

Ahora la entrevistadora intenta situarlos en distintos contextos:

E: En el tema de la descomposición de un animal, si tuvieses que explicárselo a un niño, ¿cómo lo harías?

Bea: De la misma manera que antes... Un átomo es algo muy pequeño. Cuando el animal se muere, los átomos se van a la tierra y sufren transformaciones. En clase habría que explicarlo con más profundidad

E: ¿Y cómo lo explicamos en clase?

Bea: Pues no lo sé, el animal murió y dentro tiene unas cosas pequeñas que son los átomos, se van del animal y sufren transformaciones en la tierra, por ejemplo. No sé decirte nada más.

E: ¿Podéis explicarlo cada uno de vosotros? Por ejemplo, Iria.

Iria: ¿Yo? Bueno, es un poco difícil; a los niños hay que estimularlos en este tema. Un animal murió y tiene átomos que son unas cosas muy pequeñas, especiales, que luego saltan y se van a otro sitio y se expanden por la zona, sufren un proceso que siguen viviendo de otra forma [...]

Olalla: Yo lo explicaría igual.

E: Pero antes habías dicho que desaparecía...

Olalla: Es verdad, pero he pensado que sí, que a lo mejor lo atrapa la tierra y vive de otra forma, o que un animal se lo come, o se va para otro lado.

En estos extractos se ve claramente que Iria, Bea y Olalla adoptan la idea de Bea de conservación del átomo pero, al proyectar las propiedades macroscópicas a los átomos y en este caso al tratarse de la descomposición de un ser vivo, dan también interpretaciones animistas. En el siguiente extracto, Álex cambia de opinión y considera que los átomos siguen vivos.

E: Tú piensa que estamos en un contexto en que soy tu profesora de ciencias y te pregunto. Explicame lo que ocurre con los átomos cuando el animal muere.

Álex: Los átomos continúan viviendo aunque el animal muera y desaparezca, pero los átomos no los vemos, continúan viviendo otra vida. No los ves, pero sabes que el proceso continúa, que los átomos se van a otro lado y siguen vivos.

A medida que se desarrolla la conversación se dan diferentes interpretaciones utilizando la idea de ciclo y mezclando aspectos macroscópicos y microscópicos.

Bea: Yo no tengo mucha idea del tema. Yo a un profesor le explicaría: bueno ahí están los átomos en la carne del animal, el animal se pudre, todo lo que se pudre se fusiona con la tierra, a lo mejor después nace un árbol, es un ciclo...

Alex: Yo opino lo mismo.

Olalla: Lo mismo que Bea [...]

Iria: El animal se muere, los átomos no se van, pero evolucionan, pues, como decía antes un animal, los comería, entrarían dentro de ese animal... y así siguen evolucionando.

E: Julia, ¿cómo lo explicarías tú?

Julia: Lo mismo que decía antes. Más claro que lo que Bea lo explicó no se puede explicar.

E: Es que yo quiero que lo expliques tú. Bea lo explica a su manera.

Julia: Bueno, el animal se muere, con el paso de los días se va pudriendo, esto es un proceso, después se va uniendo a las plantas y a los substratos del suelo y no puedo explicarte con más detalle cuál es el proceso que tiene lugar.

En un principio, la idea que estructura las conversaciones la pondríamos en la categoría de desaparición tanto a nivel macroscópico como microscópico (el animal se muere y desaparecen, entonces los átomos también). Bea crea una diferencia, al indicar que no está de acuerdo, que los átomos no desaparecen, e introduce el término *ciclo* e ideas que podríamos incluir en un modelo de desplazamiento (se van a otra cosa, a la tierra, a algún bicho...). En otras intervenciones, ante la insistencia de la entrevistadora, introduce la idea de que los átomos pueden sufrir transformaciones. Iria imagina que los átomos saltan, se expanden. Olalla está de acuerdo con la nueva idea y es consciente de que ha cambiado. Después introduce un nuevo aspecto, a lo mejor lo atrapa la tierra

o un animal se lo come. Otro aspecto interesante es que no diferencian los niveles macroscópicos y microscópicos en sus explicaciones; así, además de transferir características de un ser vivo al átomo (los átomos saltan, viven), en la misma explicación, un átomo (nivel micro) puede ser comido por un animal o fundirse con la tierra (nivel macro).

La idea de ciclo que se expresa aquí tendría relación únicamente entre el animal, la tierra y otros seres vivos. En este ciclo, los átomos sufren desplazamientos bien porque se funden con la tierra, se expanden a otros lugares o son comidos por otros seres vivos. El ciclo se establece entre la tierra, las plantas y los animales. No dan ningún papel a los microorganismos.

Consideramos importante resaltar diversos aspectos que aparecieron durante el desarrollo de las conversaciones. Los comentarios de Álex y de Bea ponen de manifiesto un rechazo hacia las disciplinas científicas:

Bea: No lo sé, la verdad es que la química no ha sido nunca mi vocación. ¡Qué horror, no me gustaba nada!

En numerosas secuencias se hace explícita la frontera entre la ciencia escolar y la experiencia cotidiana:

Alex: Yo pienso que a un niño habría que explicárselo más fácilmente, con una estructura adaptada a ellos, y a un profesor, pues le contaría más el «chape» la teoría y todo eso, meterme en más rollo, con palabras más técnicas.

DISCUSIÓN

Con los resultados de un estudio como éste no pretendemos hacer generalizaciones, el estudio es exploratorio. Como en el trabajo de Molander y otros (2001) con estudiantes sordos, parece que la ciencia que han estudiado no se ha infiltrado en sus razonamientos sobre el mundo real, de modo que lo que han aprendido no sirve de puente entre el razonamiento científico y el razonamiento cotidiano.

Las preguntas que pretendían cambiar la contextualización de las cuestiones para conocer si utilizaban modelos distintos en distintos contextos no ha sido percibido de la misma forma por los estudiantes.

Los estudiantes utilizan diferentes modelos para explicar la transformación de la materia, dependiendo del tipo de fenómeno estudiado. Los modelos utilizados son semejantes a los que aparecen en la literatura con alumnos y alumnas oyentes, pero en los niveles de menos sofisticación.

La entrevista en grupo fue mucho más fructífera que el cuestionario para aproximarnos al tipo de modelos que utilizaban en sus explicaciones. Si en un principio consideraban que no había nada que explicar o daban explicaciones tautológicas (si tapamos la vela ardiendo con un vaso, se apaga porque la tapamos con un vaso),

en las discusiones en grupo, pasan a utilizar otras ideas más sofisticadas aunque, desde luego, alejadas del modelo de reacción química. En la tercera experiencia, en un principio la idea que estructura las conversaciones la pondríamos en la categoría de desaparición tanto a nivel macroscópico como microscópico. Una estudiante crea una diferencia (Ogborn et al., 1998) e introduce la idea de ciclo, estas ideas son asumidas por los demás estudiantes. La transferencia de lo macroscópico a lo microscópico provoca en esta caso ideas animistas sobre el átomo y no diferencian los niveles macro y micro de modo que los mezclan en una misma explicación. La idea de ciclo que se expresa aquí tendría relación únicamente entre el animal, la tierra y otros seres vivos. En este ciclo, los átomos sufren desplazamientos (entre el suelo, las plantas y los animales), bien porque se funden con la tierra, se expanden a otros lugares o son comidos por otros seres vivos.

REFLEXIONES

La ciencia parece percibirse como una materia que tiene poco que ofrecer como forma de explicar las experiencias cotidianas, e incluso aparecen expresiones de rechazo. Algunas intervenciones ponen de manifiesto problemas de transferencia de dominio entre diferentes disciplinas científicas. Los modelos que utilizan son semejantes a los descritos en estudiantes oyentes pero, como ocurre en el trabajo de Molander y otros (2001) con estudiantes sordos, en los modelos de menor sofisticación. Pensamos, al igual que estos autores, que el hecho de que los jóvenes sordos no puedan acceder en las mismas condiciones que los oyentes a una exposición informal a las ciencias puede afectar en las actitudes de rechazo y hacer sentir como poco atractiva la ciencia que se presenta en la escuela. Pocos de los documentales, programas de ciencias, películas de ciencia ficción de las cadenas de televisión y de los cines están subtítulos o, en muchos casos, la subtitulación no tiene en cuenta las capacidades lectoras de las personas sordas, con lo que el único contacto con las ciencias se desarrolla en el contexto escolar, acentuando, todavía más que en el caso de las y los estudiantes oyentes, la frontera entre el dominio escolar y el cotidiano.

Otro aspecto relevante que ha surgido de este estudio se refiere a la comunicación. Nos preguntamos cómo podría, un profesor sin experiencia con alumnos sordos, evaluar una prueba escrita o cómo podría comunicarse

en el aula, de forma similar a como lo hace con sus alumnos oyentes, sin la presencia de un intérprete.

En función de los resultados que aparecen en nuestro estudio respecto al uso de la lengua de signos como vía de comunicación, se observa que el hecho de poder convertir en discurso las ideas medio formadas, de «signar» juntos, pudo originar la progresión de un modelo a otro como ocurre en las conversaciones de estudiantes oyentes (Reid y Hodson, 1993). Creemos que la lengua de signos es fundamental en el aula integradora con estudiantes sordos como instrumento de mediación semiótica y numerosas investigaciones sostienen que la utilización de la lengua de signos, además de mejorar la comunicación en el aula (Caín, 1981; Lang y Albertini, 2001), favorece los procesos de lectoescritura y de comprensión de conceptos.

Es importante resaltar que, en diferentes ocasiones, las conversaciones se interrumpían debido a la incompreensión de algunos signos científicos que no están estandarizados. Un alumno puede encontrar distintos signos para una mismo término científico en distintos ámbitos a lo largo de su escolarización en función del signo que se haya pactado entre alumnos sordos y profesores (Caccamise, 1989; Rasmus y Allen, 1988).

Otro aspecto interesante es conocer en qué medida puede influenciar la fuerte conexión entre la forma del signo y el concepto que significa (iconicidad) de algunos signos científicos en el aprendizaje. Por ejemplo, Roald y Mikalsen (2001) encuentran una influencia positiva de la lengua de signos en las concepciones de los estudiantes sobre el sistema Tierra-Sol-Luna. Así, nosotros encontramos que, en las conversaciones que se producen en la primera experiencia, el signo que la intérprete ejecutaba para el oxígeno hacía una clara referencia a la utilización terapéutica de este gas descontextualizándolo de la experiencia que se estaba llevando a cabo. Nos parece necesario que se realicen estudios de aula para conocer qué ocurre con estos estudiantes y cómo interactúan con sus compañeros, el profesor y los objetos de aprendizaje.

AGRADECIMIENTOS

A los estudiantes, al intérprete y a los profesores que han participado de una u otra forma en esta investigación.

A la Federación de Asociaciones de Xordos do País Galego (FAXPG).

Al MCYT por la financiación del proyecto BSO2002-04073-CO2-O2.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSSON, B. (1984). Chemical Reactions. EKNA-report núm. 12. Göteborg: University of Göteborg.
- ANDERSSON, B. (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions. *Science Education*, 70(5), pp. 549-563.
- ANDERSSON, B. (1990). Pupils' conception of matter and its transformation (age 12-16.) *Studies in Science Education*, 18, pp. 53-85.
- BROWN, A., COLLINS, J.S. y DUGUID, P. (1989). Situated cognition of learning. *Educational Researcher*, 18, pp. 32-42.
- CACCAMISE, F. (1989). Artificial versus Natural Sign Development: A Response to Rasmus and Allen. *Sign Language Studies*, 63, pp. 127-143.
- CAIN, B.E. (1981). Teaching Chemistry to the Hearing Impaired. *Journal of College Science Teaching*, 10(6), pp. 364-366.
- DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1989). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E. y SCOTT, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), pp. 5-12.
- GARCÍA-RODEJA, E., LORENZO, F.M., DOMÍNGUEZ J.M. y DÍAZ, J. (1987). Proyecto AcAb. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela.
- GIL, D. (1994). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 154-164.
- HELLDÉN, G. (1995). Environmental Education and Pupils' Conception of Matter. *Environmental Education Research*, 1(3), pp. 267-277.
- HESS, J.J. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(3), pp. 277-299.
- HODSON, D. (1999) Building a case for a sociocultural and inquiry-oriented view of science education. *Journal of Science Education and Technology*, 8(3), pp. 241-249.
- JIMÉNEZ, M. P. (1998). Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(2), pp. 203-216.
- KELLY, G. (1955). *The psychology of personal constructs*, vols. I y II. Nueva York: Norton.
- LANG, H. G. y ALBERTINI, J. A. (2001). Construction of meaning in the authentic science writing of deaf students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 6, pp. 258-284.
- LEACH, J., DRIVER, R., SCOTT, P. y WOOD-ROBINSON, V. (1992). *Progression in understanding of ecological concepts by pupils aged 5 to 16*. Leeds: The University of Leeds.
- LEE, D., EICHINDER, D.C., ANDERSON, C.N., BERCHEIMER, G.D. y BLAKESLEE, T.D. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), pp. 249-270.
- LEMKE, J. L. (1993). *Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- MASON, L. (1998). Sharing cognition to construct scientific knowledge in school context: The role of oral and written discourse. *Instructional Science*, 26, pp. 359-389.
- MEHEUT, M., SALTIEL, E. y TIBERGHIE, A. (1985). Pupils' conceptions (11-12 years olds) of combustion. *European Journal of Science Education*, 7(1), pp. 83-93.
- MOLANDER, B. O., PEDERSEN, S. y NORELL, K. (2001). Deaf pupils' reasoning about scientific phenomena: school science as a framework for understanding or as fragments of factual knowledge. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 6(3), pp. 200-211.
- MOREIRA, M.A. (1994). Diez años de la revista *Enseñanza de las Ciencias*: de una ilusión a una realidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), pp. 147-153.
- OGBORN, J., KRESS, G., MARTINS, I. y MCGILLICUDDY, K. (1998). *Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en secundaria*. Madrid: Santillana.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1994). *Bibliography Pupils' alternative frameworks and science education*. Kiel: IPN reports-in-brief, 31. Kiel University.
- POSNER, G.J., STIRKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Towards a theory of a conceptual change. *Science Education*, 66, pp. 211-227.
- PRIETO, T., WATSON, R. y DILLON, J. (1992). Pupils' understanding of combustion. *Research in Science Education*, 22, pp. 331-340.
- PRIETO, T., BLANCO, A. y BRERO, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), pp. 3-14.
- REID, J. D. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid. Narcea.
- ROALD, I. y MIKALSEN, O. (2000). What Are the Earth and the Heavenly Bodies Like? A Study of Objectual Conceptions among Norwegian Deaf and Hearing Pupils. *International Journal of Science Education*, 22(4), pp. 337-355.
- ROALD, I. y MIKALSEN, O. (2001). Configuration and Dynamics of the Earth-Sun-Moon System: An Investigation into Conceptions of Deaf and Hearing Pupils. *International Journal of Science Education*, 23(4), pp. 423-440.
- SEQUEIRA, M. y FREITAS, M. (1986). Death and decomposition of living organisms: children's alternative frameworks. Comunicación presentada en The 11th Conference of the Association for Teacher Education in Europe. Toulouse. Francia.
- SMITH, E.L. y ANDERSON, C.W. (1986). Alternative student conceptions of matter cycling in ecosystems. Comunicación presentada en The Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching. San Francisco. CA.
- SOLOMON, J. (1993). The social construction of children's

scientific knowledge, pp. 85-101, en Black, P.J. y Lucas, A.M. *Children's informal ideas in science*. Londres: Routledge.

WATSON, R., PRIETO, T. y DILLON, J. (1995). The Effect of practical work on students' understanding of combustion. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(5), pp. 487-502.

WATSON, R., PRIETO, T. y DILLON, J. (1997). Consistency of students' explanations about combustion. *Science Education*, 81(4), pp. 425-443.

WERTSCH, J.V. (1993). *Voces de la mente : un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada*. Madrid: Visor, DL.

WHITE, R.T. y GUNSTONE, R.F. (1992). *Probing Understanding*. Londres: The Falmer Press.

WU, H. (2003). Linking the microscopic view of chemistry to real-life experiences. Intertextuality in a high-school science classroom. *Science Education*, 87, pp. 868-891.

[Artículo recibido en enero de 2004 y aceptado en agosto de 2004]