

Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje*

Margarita R. Gómez-Moliné¹ y Neus Sanmartí²

Abstract (*Reflections about science, language and learning*)

This paper describes the way within the scientists have developed their own specific language for each knowledge area and provides a description of the characteristics of this “science language”. The impact produced with the use of this rhetoric on the teaching-learning process originates many misconceptions and obstacles detected in the students discourse. We also show how “science language”, conceptualization and development of cognitive structures are related for each student and how this “science language” improves the communication in the classroom and the progressive learning of science.

INTRODUCCIÓN

Se ha venido aceptando que un discurso, correctamente construido, transmite una información que puede ser recibida y asimilada por los buenos estudiantes. Sin embargo, un número considerable de investigaciones ha demostrado que la información que transmite el profesorado es recogida en muy diferentes formas por el auditorio estudiantil, ya que una parte de la información es comprendida parcialmente por el estudiante, otra es mal interpretada y otra, simplemente, no es ni captada. Se ha encontrado que son pocos los casos en los que se entienden y asimilan todas las ideas contenidas en un texto, oral o escrito.

Actualmente se sabe que el aprendizaje por transmisión es poco relevante ya que, de un discurso, el oyente selecciona sólo aquello que conecta con sus conocimientos previos o sus intereses, y que las nuevas informaciones son reinterpretadas en función de éstos.

Las investigaciones sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje ponen de manifiesto que éste debe entenderse fundamentalmente como un proceso de

comunicación entre los distintos miembros del grupo-clase (Cardinet, 1988). Al hablar e intercambiar puntos de vista, enseñante y estudiantes van acomodando sus formas de percibir y de explicar los fenómenos, es decir, van compartiendo conocimientos.

Ello ha conllevado a reconocer la importancia del lenguaje, sea oral, escrito o figurativo, en el aprendizaje y, en concreto, en el aprendizaje de la química. El lenguaje interviene en forma predominante no sólo en la transferencia de información y conocimientos sino, y muy especialmente, en la relación del pensamiento con la acción, para guiar discusiones, consolidar experiencias compartidas y aprehender nuevos conceptos.

Los profesores aspiran a que los estudiantes entiendan los conceptos y procesos tal como la ciencia los concibe actualmente. El lenguaje empleado puede ser transparente para el profesor, que tiene un gran número de experiencias y de redes conceptuales que las explican, pero no tanto para el estudiante, que habitualmente no conoce ni las experiencias ni muchas de las conexiones entre conceptos. Por ello, el lenguaje puede llegar a ser incluso un obstáculo para la formación de nuevos marcos teóricos.

Este artículo muestra cómo la interfase entre el lenguaje y la ciencia contiene un gran número de cuestiones conflictivas, que son condicionantes del aprendizaje científico.

Las ciencias: un diálogo con el mundo, un diálogo entre personas

La ciencia se ha desarrollado a lo largo de los siglos gracias a personas y grupos interesados en explicar el mundo y sus fenómenos. Al hablar y discutir entre ellos han estructurado, por escrito, sus ideas para poderlas transmitir a las generaciones siguientes.

Este diálogo experimenta cambios debido a las inquietudes de los científicos y de la sociedad, así como a las necesidades imperantes. Algunas de las preguntas que se plantean en determinado momento dejan de interesar y se generan otras nuevas o se cierran caminos que vuelven a abrirse cuando se obtienen instrumentos que permiten continuar la búsqueda (por ejemplo, de la observación visual se pasa al microscopio óptico y al microscopio electrónico).

La constante que mantiene este proceso es la

¹ Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

² Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Autónoma de Barcelona

E-mail: Neus.Sanmarti@uab.es

* Recibido: 6 de julio de 1999.

Aceptado: 8 de octubre de 1999.

capacidad de razonar, de actuar en consecuencia y de comunicar los resultados, aunque éstos sean provisionales y superables cuando se obtengan nuevas aportaciones. Esta capacidad es posible gracias al lenguaje, que es el medio a través del cual los investigadores dan a conocer sus trabajos y contrastan y discuten sus puntos de vista.

Así, se va pasando de afirmaciones provisionales a afirmaciones aceptadas por la comunidad científica y, finalmente, se incluyen en los libros de texto como “hallazgos” de la ciencia y como verdades incuestionables, pasando a ser expresiones del dominio público.

Sutton (1997) estudia este proceso analizando el lenguaje empleado por un científico cuando lo usa como instrumento para poner a prueba sus ideas, para imaginarse lo que sucede o va a suceder, y para interpretar situaciones. Inicialmente, el lenguaje es personal y humano y refleja la personalidad del científico. Mientras las ideas estén fluyendo, el lenguaje es más bien un instrumento flexible y activo del pensamiento, es decir, sirve para interpretar. Se encuentran expresiones, tales como: “Me parece que...”, “Comencé a pensar...”. Se recurre, generalmente, a un lenguaje importado de otras áreas en un intento de expresar con imágenes lo que sucede, y se acostumbra a recurrir a la metáfora. Con la ayuda de las metáforas los científicos empiezan a pensar, a ver, a hablar y a actuar de forma diferente. La metáfora se convierte en modelo a partir del cual se pueden derivar predicciones demostrables. Éste es el lenguaje que se emplea para persuadir a otros sobre un nuevo punto de vista.

Más tarde, se establece un cuerpo de conocimientos y hay muchas menos dudas sobre cómo expresarlo. Entonces, se convierte en un lenguaje en el que cada palabra corresponde a una cosa o concepto bien definidos y consensuados. Se expresa con términos parecidos a: “Así es como...”, “Éstos son los hechos...”, “Las moléculas de aire están en constante movimiento”.

La nueva selección de palabras y las nuevas metáforas van haciéndose habituales y son aceptadas por la comunidad científica. La transformación del lenguaje acostumbra a seguir las siguientes etapas:

- En las primeras publicaciones se encuentran afirmaciones basadas en la máxima evidencia posible.
- En las revisiones y en manuales de investigación se hace referencia al autor de las afirmaciones.



Figura 1. La traición de las imágenes. El cuadro alude a que esta pintura de René Magritte, pintor surrealista de principios de este siglo, no es la realidad, puesto que una verdadera pipa ha de poder encenderse y el cuadro es sólo una representación de la realidad. La leyenda de su propia mano remite a una caligrafía escolar, como observando que hay que empezar, precisamente por el aprendizaje del lenguaje.

Algunas ideas son rechazadas y otras quedan unidas a una estructura general de conocimiento que funciona como guía para la futura investigación.

- Cuando las ideas son ampliamente aceptadas y ordenadas en libros de texto se convierten en hechos aceptados y raramente se discuten.
- Una vez que han sido incorporadas en esta forma, deja de ser necesario referirse a los autores originales cada vez, y a partir de entonces se considera que estas ideas tienen una especie de validez universal, independientemente de dónde surgieron o de quién las propuso.
- Las palabras empiezan a funcionar como un paquete de información, encapsulado y etiquetado para cosas de cuyos conocimientos nos sentimos seguros.
- Si son conocimientos que se dan por supuestos, pueden llegar a desaparecer y considerarse como un saber tácito o implícito de la comunidad, que no requiere ser enunciado, puesto que es algo que se supone que todo el mundo conoce. Sin embargo, para un estudiante neófito constituye habitualmente una barrera.

La tremenda importancia de este lenguaje reside en que es el vínculo que permite comunicarnos a escala mundial con los demás miembros de la comunidad científica, y es imprescindible para entender el contenido de lo ya expuesto. Si consideramos que la ciencia se interpreta como una empresa semi-cooperativa para la producción de conocimientos, enton-

ces se puede considerar la participación en congresos y la escritura de artículos, reseñas o libros, como un aspecto más de la actividad científica.

El lenguaje escrito es especialmente importante, ya que es el medio por el cual se transmite la información, se comenta, se sintetiza y dónde aparece la transposición y la discusión. Por ejemplo, la gran aportación de Lavoisier fue sin duda su *Tratado elemental de Química* (1789), en el que creó el lenguaje necesario para poder organizar y resumir los conocimientos químicos de la época (Izquierdo, 1996).

Características del lenguaje de la ciencia

La ciencia está formada por conceptos que no pertenecen a la vida cotidiana y ha tenido que desarrollar su propio lenguaje con nuevas palabras, como *gas*, *molécula*, *orbital* o *campo magnético* que actualmente son del dominio público y que corresponden a conceptos que pueden ser vistos como verdades independientes del tiempo y de cualquier opinión personal.

Por estas razones, la ciencia ha desarrollado su propio lenguaje, que emplean los investigadores para una variedad de propósitos, pero muy especialmente para comunicar sus construcciones en revistas especializadas o en congresos. Los autores de libros de texto escolares recogen este lenguaje y, a su vez, utilizan diversos estilos, según sea su filosofía didáctica y la idea de ciencia que desean transmitir.

Las formas de hablar y escribir de la ciencia reflejan el esfuerzo colectivo de la comunidad científica para generar enunciados universales. Recurriendo a Hempel (1977) y a Llorens (1991) podría definirse como un lenguaje que aspira a ser altamente específico y preciso dentro de un mismo contexto, con términos cuyos significados sean entendidos en el mismo sentido por los que los emplean, y cuyas bases estén en datos aseguibles mediante experimentos u observaciones. Además pretende reflejar las adquisiciones conceptuales que, en un momento dado, comparte toda la comunidad científica.

Es un lenguaje que parece ser directo y literal, en lugar de imaginativo. Es definido y preciso, y necesita utilizar la palabra exacta para cada cosa. Está más cerca del lenguaje etiquetado que del lenguaje persuasivo.

El lenguaje de la ciencia ha propiciado la evolución de ciertas preferencias gramaticales, especialmente en el idioma escrito, pero también en el habla formal en el aula. Emplea sustantivos abstractos derivados de verbos —como *precipitación*, *filtración*, *absorbancia*— en vez de los verbos mismos. Se utiliza

mucho la voz pasiva y reflexiva: “...se calienta el matraz”, “se lava el precipitado”. Al no emplear el sujeto da la impresión de que la ciencia no fuera resultado de la labor humana.

El lenguaje científico, tal como se concibe actualmente, debe seguir las siguientes reglas (Lemke, 1997: 145-146):

- Ser tan verbalmente explícito y universal como sea posible.
- Evitar las formas coloquiales de lenguaje y emplear formas cercanas a las del lenguaje escrito.
- Utilizar términos técnicos en lugar de sinónimos coloquiales o paráfrasis. Emplear símbolos hablados como $2p$, $4f$, H_2SO_4 .
- Evitar la personificación y el empleo de atributos o cualidades específicamente humanas y tipos humanos de acción.
- Evitar el lenguaje metafórico y figurativo, evitar las hipérbolas y la exageración, la ironía y expresiones humorísticas o cómicas.
- Ser serio y digno en todas las expresiones y eventos históricos.
- Evitar personalidades, figuras y eventos históricos.
- Evitar referirse a la ficción y a la fantasía.
- Utilizar formas causales de explicación y evitar declaraciones narrativas y dramáticas.

Ello no ha sido siempre así y algunos autores creen que esta profesionalización del lenguaje se debe más al interés de crear una “casta” de personas diferenciada de otras (la de los científicos), que a la necesidad de expresar unas determinadas ideas. Por ejemplo, Fayeabend (1975) compara unos textos de Galileo, en los que describe su invento del telescopio y sus primeras observaciones de la Luna, con otro de Master y Johnson sobre sexualidad humana, y observa cómo, mientras el primero es un encantador relato personal, el segundo texto utiliza un lenguaje indirecto desprovisto de carga emocional, que no se entiende a menos de ser especialista en el tema, aunque el texto se refiera a algo que el lector conoce. El autor se pregunta si estos giros lingüísticos son necesarios y más precisos, o bien si se han redactado para que sólo puedan entenderlos muy pocas personas.

La forma de concebir el discurso científico actualmente tiene como efecto que hablarlo correctamente parezca que implique hablar sólo de un universo inmutable, lejos del aquí y ahora, y alejado también de la acción humana. Otra desventaja se debe a que las normas del lenguaje científico vetan la mayoría de las técnicas que todos los buenos

comunicadores consideran necesarias para captar y mantener el interés de la audiencia, ayudando a identificarse con algún punto de vista o a comprender alguna cuestión en particular.

El lenguaje de la ciencia y el lenguaje de los estudiantes

El lenguaje es importante en todos los niveles de la educación y de la vida, aunque no se acostumbra a considerarlo como algo básico en la enseñanza de las disciplinas científicas. Sin embargo, un sin número de profesores se quejan de la pobreza de vocabulario de sus estudiantes, de su falta de habilidad para captar el sentido de la frase y en el empleo de signos de puntuación, de su incompetencia para tomar apuntes, de la falta de destreza para la escritura impersonal, así como de dificultades en la lectura y comprensión de los libros de texto e inseguridad en el debate. Es decir, la mayoría de sus quejas se refieren a problemas relacionados con el uso del lenguaje científico.

Por otra parte, cuando el profesor se expresa con el lenguaje de la ciencia se oye comentar a los alumnos: “No estoy sordo, el profesor habla español pero no entendí nada de la clase de...”. Lo cual significa que el alumno no es capaz de comprender el significado de las palabras y de las expresiones utilizadas, expresiones que etiquetan y encapsulan una gran cantidad de hechos e ideas de la ciencia.

Pero, ¿cómo se ha llegado a esa situación?, ¿qué sabemos, realmente, de lo que le sucede al estudiante? Cuando se pregunta a los alumnos a qué atribuyen su falta de comprensión de los temas, por lo general expresan que el tiempo que requieren para reconocer un concepto, una nueva palabra o captar un nuevo matiz, es muy superior al que el profesor le dedica antes de pasar a introducir una nueva idea. Las notas tomadas sólo recogen frases y palabras aisladas, por lo que al releerlas van a originar confusiones y más dudas. Cuando no se entiende todo el contenido de una palabra etiquetada desde el principio de la exposición, la palabra en cuestión va perdiendo paulatinamente significado y se pierde el hilo del discurso. Lemke (1997: 42) reporta:

...cuando un alumno hace una pregunta o pone en tela de juicio lo que el profesor ha dicho, apropiándose así de la iniciativa y de la dirección de la temática del profesor, existe en el alumno mucha frustración y mucha confianza en sí mismo. Quizá sucede más a menudo en silencio que en voz alta, pero cuando sucede en público logramos una excepcional visión

momentánea de las diferencias temáticas que se esconden detrás de tantas preguntas aparentemente absurdas que hacen los alumnos y de tanta comunicación equívoca y confusión que ocurre en todas las aulas.

Se han detectado diversos tipos de problemas:

a) Se producen interferencias entre el sentido cotidiano y el sentido científico, ya que la ciencia toma frecuentemente palabras del lenguaje común dotándolas de nuevos significados, más o menos próximos al originario, lo cual crea múltiples confusiones.

Veamos un ejemplo sacado de un diálogo en el laboratorio:

Profesor: —“Observe el momento en que se forma el precipitado”.

Alumno A: —“No puedo verlo, la disolución se ha puesto turbia”.

Alumno B: —“No se observa precipitado, sólo una “nata” que se adhiere a las paredes y flota en forma de grumos”.

La palabra *precipitado* normalmente se asocia al participio pasado del verbo precipitar y lleva la connotación de arrojar a un precipicio, de despeñar. Cuando se emplea como sustantivo para designar el compuesto formado mediante una reacción química en la que éste se separa del líquido en cuyo seno se llevó a cabo la reacción y pasa al estado sólido, el alumno interpreta que el *precipitado* debe depositarse en el fondo del recipiente.

Otro ejemplo: la palabra “elemento” puede referirse a los fundamentos de un área del conocimiento (Elementos de álgebra), a las partes que pueden distinguirse separadamente de una cosa o a cada una de las cosas de un conjunto (“esta máquina está formada por varios elementos que...”, “elementos de una frase”), designar personas con cierta apreciación (el equipo de fútbol cuenta con buenos elementos), puede referirse también a la naturaleza (“la furia de los elementos desencadenó una tempestad”) (Sanmartí, 1996). Palabras como *espectro*, *gas*, *modelo*, *equilibrio*, *valencia*, *resonancia* y muchas otras han sido estudiadas para demostrar el origen de confusiones (Llorens, 1991).

b) También ha influido el cambio de significado de las palabras en el transcurso de la evolución de la ciencia. Por ejemplo, la palabra *éter* ha pasado de ser, en la Física, “un fluido imponderable y elástico que se supone que llena el espacio, penetra en los cuerpos y por su movimiento vibratorio produce los fenómenos luminosos, caloríficos y eléctricos” (Alemany,

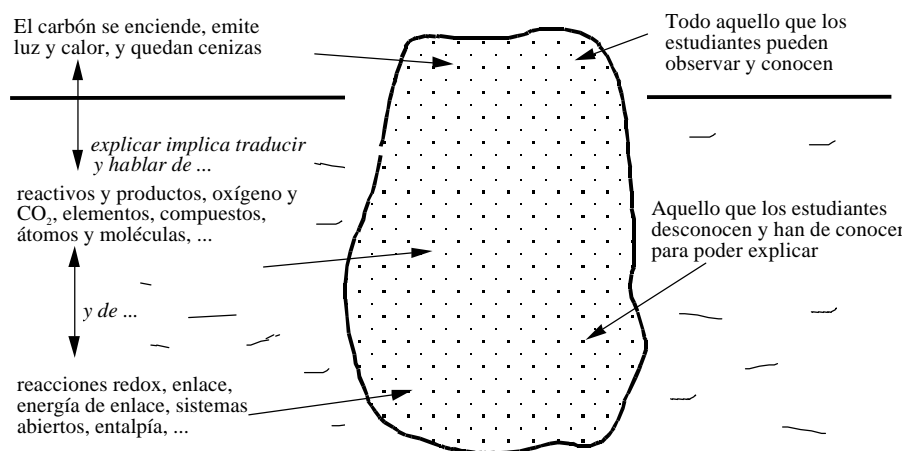


Figura 2. Una explicación es como un iceberg.

1959) a ser, en la Química, el nombre de un compuesto químico orgánico usado como anestésico. Otro ejemplo: El mismo concepto de “elemento”, en el contexto de la ciencia, ha ido evolucionando desde las primeras conceptualizaciones de los griegos hasta la actual, según la cual el alumno debe interpretar “elemento” como una sustancia pura que no puede descomponerse químicamente y que da origen a todos los compuestos químicos. Pfunt (1981) pone de manifiesto que en el lenguaje químico podemos encontrar muchos restos de las concepciones aristotélicas. Por ejemplo, decimos que “el grafito y el diamante son dos ‘formas’ diferentes de carbono” y que “el agua la podemos encontrar en ‘forma’ sólida, líquida y gaseosa”, lo que implícitamente traduce la idea de que una misma sustancia mantiene atributos latentes a pesar de los cambios observables.

c) La dificultad de comprender los patrones semánticos de la ciencia que tienen muchos alumnos es menos sorprendente si consideramos la sutileza de las pistas lingüísticas que tienen que seguir.

Tal como indican Ogborn *et al.* (1998), una explicación científica es como un iceberg (figura 2) donde para explicar la parte visible (lo que emerge, lo que se ve del “mundo”) debe de conocerse la parte sumergida que es mucho mayor (lo que la ciencia ha construido a lo largo de los siglos para poderlo explicar).

Habitualmente se pide a los estudiantes que expliquen hechos observables utilizando conceptos, ideas, “entidades” no observables (figura 2). Frente a un fenómeno que sorprende, y que el sentido común explica de determinada manera (“el carbón

se ha transformado en aire”, “se ha transformado en calor”, “su esencia queda en las cenizas...”), se debe recurrir a nuevas palabras que la ciencia ha inventado. Con estas nuevas palabras —conceptos— se construyen explicaciones que están lejos del ‘sentido común’ pero que, sin embargo, deben finalmente satisfacerlo (Sanmartí *et al.*, 1999).

Lemke (1997) opina que son pistas muy dispersas y extremadamente sutiles las que dan al alumno la mayor parte de las oportunidades para captar la semántica de las palabras. Esto lleva a que aumenten las ventajas de los alumnos que están acostumbrados a patrones de lenguaje gramaticales, retóricos o interaccionales que se asemejen a los utilizados en el aula de ciencia, porque un neófito no puede guiarse por el significado cotidiano, ni por la etimología, debido a la evolución del lenguaje de la ciencia.

Cuando algunos alumnos no adelantan en el campo de la ciencia, a menudo no se debe tanto a su falta de capacidad, o a la dificultad de la materia, como al hecho de que la manera en que se les presenta les resulta demasiado desconocida o demasiado diferente de lo que saben, y entonces no alcanzan a encontrarle interés ni valor. Las palabras y las formas lingüísticas no tiene significado para ellos y la ciencia les parece un conocimiento secreto, sólo comprensible para los científicos.

Por ejemplo: ¿sin conocimientos de espectroscopia —una forma de ‘mirar’ algo del mundo— y sin haber entrado en el mundo de las ideas de la mecánica cuántica —una forma de ‘pensar’ sobre el mundo—, puede el alumno deducir, comprender, razonar, sobre la configuración electrónica de los

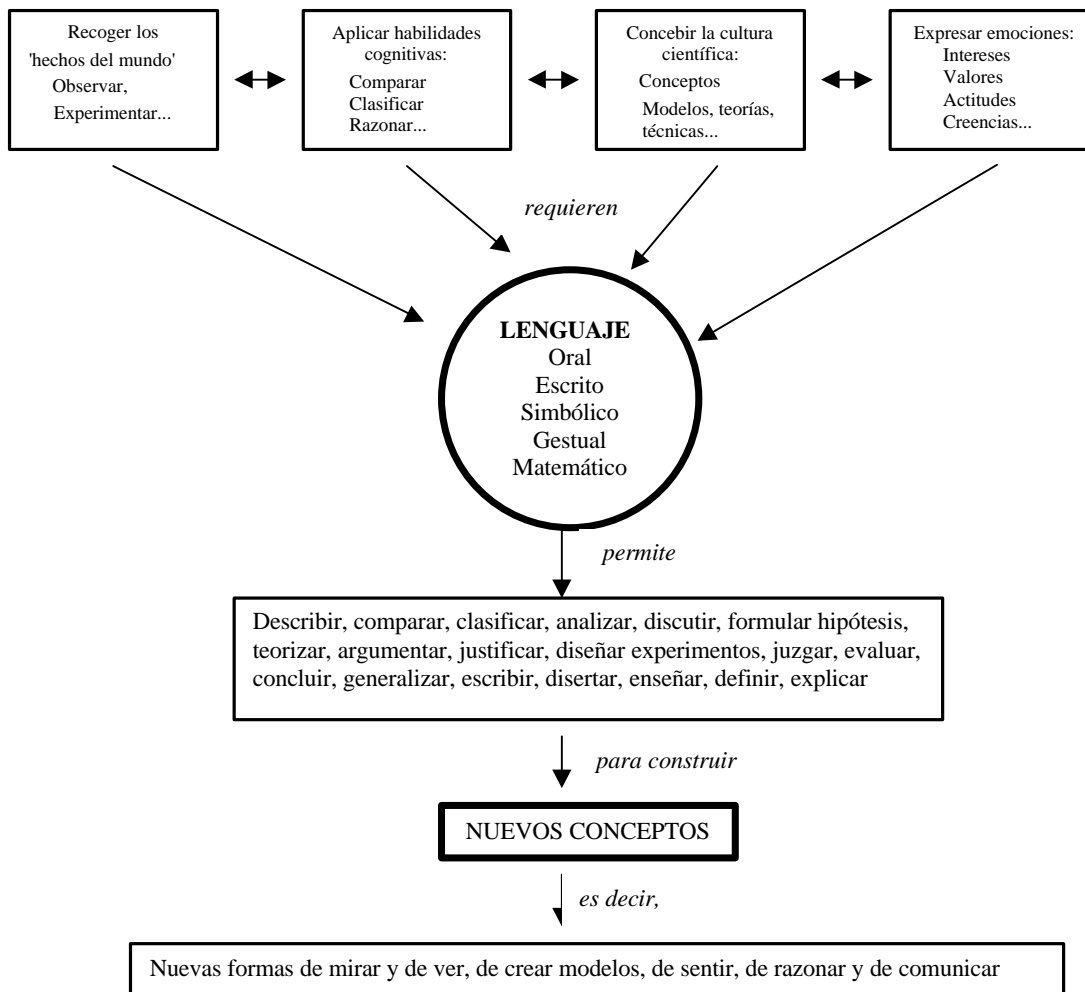


Figura 3: Formación de nuevos conceptos.

elementos? En la mayoría de los casos ¿no es algo que se acepta ciegamente, se memoriza y se utiliza sin entender su significado?

El rechazo a usar el sentido común y el debilitamiento de la confianza de los alumnos en su propia experiencia y razonamiento, son muy comunes y crean una mística de la ciencia que socava la confianza de los alumnos en ellos mismos (Lemke, 1997).

d) El lenguaje de la ciencia falsea la imagen de la ciencia.

Sutton (1997) analiza cómo la imagen popular de la ciencia presenta al lenguaje como un medio para describir, para dar cuenta del mundo "tal como es". Se cree que este lenguaje proporciona un informe objetivo de lo que sucede, independientemente de los seres humanos, y no como lo que es: un medio para dar sentido al mundo. Los estudiantes a su vez,

han desarrollado una imagen de la ciencia que implica series acumulativas de descubrimientos en los cuales los hechos son obtenidos por científicos individuales que los comunican en un lenguaje inventado. Parece como si en la ciencia no hubiera lugar para las emociones, para las luchas e intereses, para las discusiones.

En general, tal como detectan Driver y Newton (1998), los estudiantes tienen poca o ninguna comprensión de la labor de las instituciones sociales de la ciencia y de los procesos implicados en la consecución del consenso científico. Piensan que, cuando existe una controversia, únicamente se resuelve con la obtención de más información y la aparición de más hechos conflictivos o más demostraciones incontrovertibles.

En la enseñanza se tiende a prescindir de los

estadios tentativos de la ciencia, las etapas de discusión y consenso. Se da a conocer únicamente el producto final del proceso, reforzando la imagen de la ciencia como un conjunto de hallazgos fortuitos y mágicos.

Al comunicarla sólo como algo construido y acabado, con un lenguaje ya despersonalizado, se oculta la etapa clave del proceso, la que pone de relieve el esfuerzo imaginativo y de construcción laboriosa que lleva a cabo el científico (Edwards, 1992).

El lenguaje de la ciencia y la formación de conceptos

La relación entre el lenguaje y el aprendizaje ha ido variando, como también han variado los conceptos de enseñanza y de aprendizaje.

Para el conductismo, la relación entre palabras y significado es una simple asociación, establecida a partir de la percepción simultánea de un objeto o idea y un sonido, y no se considera el desarrollo semántico más que como un cambio progresivo.

Actualmente hay acuerdo en considerar que aprender es el resultado de un largo proceso de evolución de las representaciones iniciales del sujeto y de sus formas de hacer, en vez de considerar que consiste en la apropiación, por parte del sujeto, de conocimientos científicos precisos y de procedimientos definidos, formulados por el experto o por medio de textos orales o escritos.

Se sabe que experimentando, escuchando o leyendo, los sentidos captan un conjunto de informaciones que el sujeto procesa, selecciona y almacena. Pero se selecciona y almacena aquello que se considera importante de acuerdo con una idea o modelo inicial construido por cada persona. Al procesar la información, ésta puede no concordar con el modelo inicial, de la misma forma que puede sorprender que otras personas no procesen la misma información de la misma manera e interpreten los fenómenos de forma distinta. Cuando hay muchos datos que no concuerdan se origina la búsqueda de explicaciones para conseguir un mayor grado de coherencia. Es entonces cuando un nuevo experimento que posibilite 'ver' el fenómeno desde otros puntos de vista, o una nueva conferencia o lectura que introduzca las ideas aceptadas por la ciencia o, sobretodo, una discusión en el aula sobre las razones de los distintos razonamientos, puede dar lugar a que el alumnado construya una nueva explicación.

La escuela pretende ayudar al alumnado para

que su conocimiento inicial evolucione hacia el conocimiento científico. El factor que pone en marcha este proceso en el contexto escolar es, fundamentalmente, la interacción con los demás, ya sea el profesor, los compañeros o la persona que comunica a través de un texto. Se puede considerar que mediante las actividades escolares el profesorado y los alumnos van creando y desarrollando contextos mentales compartidos, es decir, formas comunes de conceptualizar las experiencias, las ideas, las palabras y, en general, todos los elementos del proceso educativo.

El lenguaje se convierte, pues, en un factor primordial del proceso de aprendizaje por la función reorganizadora que posee con respecto a los procesos cognitivos, (figura 3) ya que hace posible expresar un conjunto de categorías a través de las cuales percibimos e interpretamos la realidad. Así la palabra cumple un papel sistematizador de la experiencia que permite organizar la conducta a partir de una reflexión frente a esa realidad, a través de las citadas categorías.

Así, por ejemplo, aún reconociendo que el experimento es muy importante en el desarrollo del pensamiento científico, su influencia en el aprendizaje no es significativa si al mismo tiempo no se discuten conjuntamente los resultados de los trabajos experimentales, no se escriben las conclusiones científicas y no se comunican. Es difícil precisar hasta qué punto el desarrollo del conocimiento es fruto de la experimentación o de la discusión (además de otros factores sociales) pero lo cierto es que, para aprender, la primera actividad no puede tener lugar sin la segunda (Sanmartí, 1995, 1997).

No es, por lo tanto, sólo la manifestación final del proceso de conceptualización sino parte integrante de él, porque al verbalizar al mismo tiempo se va delimitando y precisando (Gómez, 1998).

Muchos profesores hemos comprobado que el aprendizaje se ve notablemente favorecido por el esfuerzo del alumno al expresar verbalmente sus ideas, lo que le obliga a estructurarlas y a relacionarlas convenientemente con otros conocimientos. Parece ser que sólo cuando tenemos necesidad de construir un discurso coherente la comprensión del problema se vuelve significativa.

El hecho de que un alumno (o un profesor) se prepare para transmitir sus conocimientos genera en su estructura cognitiva una mayor organización de la que generaría si se tratara simplemente de memorizarlos o repetirlos. Así lo muestran los estudios de

Llorens (1991) basados en la identificación de redes semánticas en donde los alumnos más capaces se expresan con una mayor riqueza y complejidad.

Puede afirmarse pues, que la interrelación entre los hechos, entre las estrategias usadas para analizarlos y entre las teorías científicas —construidas a lo largo de la historia— para interpretar el mundo, se produce a través del lenguaje y consecuentemente, su importancia en el proceso de aprender a interpretar científicamente los fenómenos químicos.

Conclusiones

Enseñar y aprender ciencias es básicamente un proceso de comunicación entre alumno y profesor y con los compañeros. En la clase de Química se habla sobre observaciones y sobre las ideas, y se describe, se argumenta y se justifica. Las primeras explicaciones de los alumnos no se ajustan a la forma cómo la ciencia las ha elaborado ni a la forma cómo las expresa, por lo que es tarea del profesor acercar las dos versiones sobre un hecho compartiendo formas de hablar.

La mayoría de las personas aprenden el lenguaje de la ciencia en la clase de ciencias. Si establecen un diálogo con el profesor y si además emplean dicho lenguaje para comunicarse con sus compañeros, les será más fácil observar, describir, comparar, clasificar, analizar, hipotetizar, justificar, argumentar, juzgar, evaluar, concluir, generalizar..., mediante un lenguaje específico que interprete, es decir, que explique el fenómeno estudiado.

No se puede aprender ciencias solamente estudiando el libro, cuyo lenguaje, inicialmente no se comprende, es demasiado denso, demasiado etiquetado. Cada palabra resume demasiados pensamientos y acciones. Tampoco puede prescindirse de él, porque el objetivo de la clase es, precisamente, poder entender y recordar el conocimiento estructurado y normativo que el libro contiene.

Pero, es más, para aprender no es suficiente leer, escuchar y discutir sino que además cada estudiante tiene que interiorizar su propio discurso y hablarse a sí mismo sobre sus ideas y sus formas de actuar. En este proceso de hablar con uno mismo, de releer lo que se ha escrito, cada individuo autorregula su aprendizaje, es decir, reconoce aspectos que no son coherentes y aspectos que aportan ideas clave para la comprensión del tema. Mientras no se llega a ese nivel personal, de metarreflexión, no se puede afirmar que se ha aprendido un concepto o un procedimiento.

El lenguaje sigue apareciendo como el nexo que envuelve todo el proceso. Por ello, la tarea de ayudar al desarrollo de las formas de hablar propias de la ciencia corresponde a todos y cada uno de los profesores de ciencias. Otra de las tareas de los profesores es evaluar, de forma interrelacionada, las necesidades conceptuales propias del tema tratado en clase y las necesidades lingüísticas que ha de permitir expresar los conceptos.

Se trata pues de enseñar, no sólo a experimentar, sino también a describir, explicar, justificar y argumentar, como forma de asegurarnos de que el aprendizaje sea significativo. ■

Bibliografía

- Alemany, J. *Diccionario Enciclopédico de la Lengua Española La Puente*, Sopena, Barcelona, 1959.
- Cardinet, J. La maîtrise, communication réussie. En: Huberman, M. (ed.), *Assurer la réussite des apprentissages scolaires?* París: Delachaux & Niestle, 1988, p. 155-195. 1988.
- Driver, R. & Newton, P. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. Paper presentado en la Conferencia ESERA, Roma, septiembre 1997.
- Edwards, D. Discurso y aprendizaje en el aula. En: Roders, C. & Kutnick, P. *Psicología social de la Escuela Primaria*. Paidós, 4-81, 1992.
- Fayebarend, P.K., *Contra el método*. Barcelona: Ariel, 1975.
- Gómez, I. Bases teóricas duna proposta didàctica per afavorir la comunicació al aula. En: Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (eds.) *Parlar i escriure per aprendre: Us de la llengua en situació d'ensenyament-aprenentatge des de les àrees curriculars*. Barcelona: ICE. UAB, 23-31, 1988.
- Hempel, C.G. *Filosofía de la ciencia natural*, Alianza Universitaria. Madrid, 1977.
- Izquierdo, M. La contribució de la teoria del flogiste en l'estructuració actual de la ciència química: algunes implicacions didàctiques. *Ensenanza de las ciencias*, 6 (1), 67-73. 1988.
- Lemke, J. L. *Aprender a hablar ciencias: Lenguaje aprendizaje y valores*. Paidós. 1997.
- Ogborn, J., Kress, G., Martins, I. y McGillicuddy, K. *Formas de explicar: La Enseñanza de las ciencias en secundaria*. Aula XXI. Santillana. Madrid. 1998.
- Pfunt, H. Problems concerning students: representation of physics and chemistry knowledge. *International workshop*. Ludwigsburg. 1981.
- Sanmartí, N. ¿Se debe enseñar lengua en las clases de ciencias? *Aula*, 43, 5-11, 1995.
- Sanmartí, N. Para aprender ciencias hace falta hablar sobre las experiencias y sobre las ideas. *Textos*, 8, 27-39. 1996.
- Sanmartí, N. Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique*, 12, 51-61, 1997.
- Sanmartí, N., Izquierdo, M. y García, P., Hablar y escribir: Una condición necesaria para aprender ciencias. *Cuadernos de Pedagogía*, 280, 1999.
- Sutton, C. Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, 8-32. 1997.