

Clive Sutton
School of Education,
University of Leicester,
Reino Unido

Los investigadores han mostrado recientemente un creciente interés por las ideas de los estudiantes y de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y por cómo estas ideas difieren de la imagen dada por los historiadores, filósofos y sociólogos. Las ideas tácitas sobre cómo trabajan los científicos se basan en suposiciones implícitas sobre el lenguaje. Este artículo explora estas suposiciones y sugiere que prestar atención a la naturaleza del lenguaje puede ser un aspecto productivo en la investigación futura y en los esfuerzos para reformar el currículum. En este sentido, una cuestión clave es la tensión existente entre la experiencia que se tiene sobre el lenguaje como un sistema interpretativo, utilizado activamente para generar una nueva comprensión de los hechos, y la que se tiene como un sistema de etiquetaje para transmitir información conocida.

Introducción

Parece ser que la ciencia escolar ha estado proporcionando una visión de-formada de la naturaleza de la ciencia durante décadas. Existe una creencia, o al menos una suposición, en artículos de investigación y en críticas recientes, de que la experiencia escolar es responsable de la persistencia de puntos de vista, caracterizados de diversa forma («realista inductivista», «empiricista naïf», «baconiano», «positivista» o «científista»), que ayudan a mantener una comprensión pública inadecuada de la empresa científica y un grado de enajenación a partir de ella.

A partir de investigaciones sobre las ideas de los estudiantes, se sabe que su imagen dominante de la ciencia implica series acumulativas de «descubrimientos» (ver lo que está allí) en los cuales los «hechos» (que con anterioridad habían sido pasados por alto) son obtenidos por científicos individuales, que a continuación simplemente los comunican en un lenguaje que requiere muy poca argumentación. Así, Driver y otros (1993, 1994) sugieren que muchos estudiantes británicos tienen poca o ninguna comprensión de las instituciones sociales de la ciencia y de los procesos implicados en la consecución del consenso científico. Estos estudiantes piensan que la controversia únicamente se resuelve por la recogida de más información y la aparición de más «hechos conflictivos». Duveen y otros (1993) afirman que «experimentos» y «teoría» están bastante desconectados en la mente de los estudiantes, con la consiguiente incompreensión de «lo que es un experimento», y Ryan y Aikenhead (1992), en un artículo sobre el uso de su cuestionario VOSTS (*Views on Science-Technology-Society*), informan de que, en un ítem concerniente al estatus de las teorías como «descubiertas» o «inventadas», las tres cuartas partes de los estudiantes escogían enunciados relacionados con el punto de vista del «descubrimiento». Con tal esquema de pensamiento, ¿qué otra cosa puede ser el lenguaje, más que una comentario neutro de los nuevos descubrimientos, con

palabras que tienen una función descriptiva de los hechos, antes que una función formadora de la teoría?

En el caso de los profesores, sus ideas sobre el estatus del conocimiento científico y sobre la forma en que éste varía parece estar cambiando. Kouliaidis y Ogborn (1989) afirman que en los profesores encuestados, en comparación con los puntos de vista hallados en encuestas anteriores, se habían incrementado los puntos de vista de los que profesaban un cierto grado de instrumentalismo (creer que el conocimiento científico es lo que funciona, más bien que lo que es «verdadero» en un sentido permanente); a la vez que también había una conciencia mayor del papel que representaban los modelos. Pomeroy (1993), usando una categoría que denomina «tradicional, baconiana o lógico-empiricista», informa que los profesores en Alaska parecen ser menos tradicionales que los investigadores científicos. Lakin y Wellington (1991, 1994) han sido cautos en la interpretación de sus resultados, con objeto de indicar cualquier tendencia filosófica de los profesores británicos con los cuales habían trabajado, si bien han remarcado que muchos de ellos habían tenido pocas oportunidades para reflexionar sobre la naturaleza de la ciencia y las consecuencias de su propia práctica en la escuela. Poco tiempo más tarde, Nott y Wellington (1993) prepararon una sencilla actividad para animar a los profesores a reflexionar y discutir sobre estos temas. Muchos de los 114 ítems VOSTS (Aikenhead y Ryan 1992) pueden ser usados para este propósito.

Autores que han intentado resumir los resultados de tres décadas de investigación sobre estudios de la ciencia han formulado poderosos argumentos con base teórica. Los puntos de vista de los historiadores, filósofos y sociólogos ponen en cuestión algunas de las ideas que se dan por supuesto en la ciencia escolar. No hay lugar aquí para una revisión completa del tema, pero una reciente revisión ha sido hecha por Kelly y otros (1993). Estos pensadores caracterizan la ciencia como «una empresa construida socialmente y, a muchos niveles, configurada por valores humanos, creencias y compromisos» y proponen «incorporar una filosofía post-empiricista de la ciencia en la escuela». Selley (1989) se quejaba de la persistencia en la escuela de la idea de que «la verdad científica pre-existe al descubrimiento», y de la idea de que «existe un camino lógico simple desde la evidencia experimental a la teoría». Puesto que ninguna de estas ideas ha sobrevivido el escrutinio crítico de los historiadores y de los filósofos de la ciencia, las escuelas, según él, estaban desfasadas en este tema. Afirmaciones en direcciones similares fueron hechas con anterioridad por Duschl (1988), Hodson (1988) y Nadeau y Desautels (1984) y han sido ampliamente exploradas por Millar (1989) en su libro *Doing Science: Images of Science in Science Education*.

Ideas humanas, controversia, consenso

El debate para definir cuáles son las actividades más importantes que realizan los científicos y cómo están influidas por los contextos en los que trabajan, continúa siendo apasionado; así que sería poco inteligente proponer que una determinada aproximación de lo que es la ciencia fuera enseñada como la ortodoxia de la naturaleza de la ciencia, especialmente si fuera establecida en función de algunos «ismos» que corren el peligro de adquirir el carácter de tópicos. Sin embargo, hay muchos aspectos sobre los cuales los historiadores y los sociólogos de la ciencia nos han hecho más conscientes y que, a pesar de lo cual, no son tenidos en cuenta en la escuela. Dos de ellos son:

1. La actividad científica es una actividad de seres humanos. Las nuevas ideas son establecidas por seres humanos. Una tendencia a desdeñar la autoría humana, con un uso frecuente de frases como «Se ha descubierto que...», en lugar de «Rutherford fue el primero que sugirió que...», puede conducir a una representación errónea de la ciencia.
2. La mayoría de las nuevas ideas científicas pasan por un estadio en que tienen un carácter «de prueba», provisional e, incluso, contencioso. En este estadio estas ideas son consideradas como «propuestas», mercedoras de discusión y de intentos de replicación, y no son simplemente aceptadas. No es sino después de un proceso de escrutinio más o menos largo en la comunidad científica que algunas de ellas ganan una amplia aceptación y se convierten en parte del «conocimiento público», y en ese estadio son descritas retrospectivamente como «descubrimientos». La tendencia a despreciar los estadios tentativos de la ciencia en las presentaciones escolares y a presentar únicamente el producto final del proceso, como un conjunto de «hallazgos» incontrovertidos, favorece una representación errónea de la ciencia. Frases tales como «Se ha hallado que...», que son abreviaciones necesarias en la comunidad científica, oscurecen una etapa clave del proceso que determina lo que la gente entenderá que ha sido «hallado».

Ambos aspectos sugieren que se debe resaltar más en las clases de ciencias el factor humano que hay detrás de las ideas científicas más importantes y las luchas argumentativas implicadas en su establecimiento. Si dejamos de lado, de momento, los argumentos tradicionales que defienden desligar el conocimiento científico de los individuos particulares con la finalidad de enfatizar la deseada «universalidad» de la ciencia, y los mitos tradicionales sobre la necesidad de una expresión impersonal para asegurar la «objetividad», la re-humanización puede ser la clave para conseguir una mejor representación de la ciencia, así como para desarrollar en los estudiantes una

La activa voz interpretativa de los científicos

mayor conciencia de su propia implicación. Es ciertamente ineludible reconsiderar el papel del lenguaje en la ciencia.

En el inicio de su pensamiento, el lenguaje de un científico es siempre personal y humano y, ciertamente, la consecuencia de una viva personalidad. Los signos de su implicación personal pueden haber sido eliminados o distrajados en diferentes momentos, especialmente, si al escribir tiene que estar en guardia de críticas potenciales. Pero, estos signos no son difíciles de encontrar. Consideremos, por ejemplo, el siguiente pasaje, escrito por Robert Boyle en 1660 (figura 1). En esa época, Boyle era uno de los fundadores de la *Royal Society*, un líder en la formación de una comunidad de investigadores, para los cuales las «naterias de hecho» debían ser distinguidas de la mera especulación, pero, su propia mente estaba constantemente activa especulando sobre la realidad de las cosas: «¿Realmente existe el aire como materia?, ¿Es continuo o puede estar constituido por pequeños «corpúsculos»? Y así sucesivamente. En 1660 había publicado *New Experiments Physico-Mechanical, Touching the Spring of the Air and its Effects, Made, for the most Part, in a New Pneumatical Engine*. Nótese cómo la palabra «spring» (elasticidad) sirve para centrar la atención en una propiedad particular del aire que estaba estudiando – su compresibilidad en un recipiente cerrado. Con esta palabra y las similares «*elástico*» y «*elástica*» (elástico) inició toda una nueva rama del discurso científico.

El extracto abreviado de la figura 1 procede de un material que escribió en algún momento de la misma década y sintetiza sus especulaciones sobre lo que podría dar cuenta de la elasticidad del aire (Hall 1965). El tercer párrafo está entre paréntesis en un intento de aislar alguna de las dificultades que tenemos con la terminología del siglo xvii. En efecto, no es fácil formarse una idea de su habitación de trabajo con sus botellas de «*menstruums corrosivos*».

Hay algunas características de este pasaje que son importantes en una reevaluación del papel del lenguaje en la ciencia. Por ejemplo:

- Es personal: no hay duda de que se trata de una voz humana – una persona real está proponiendo estas ideas.
- Esta persona hace uso de una analogía figurativa, ya que toma imágenes y palabras de otras áreas de experiencia, para intentar dar sentido a la compresividad del aire.
- La aproximación es especulativa, pero también es provisional – a veces incluso llena de disculpas por miedo a que la especulación parezca excesiva. Esta combinación es, de hecho, una poderosa estrategia de persuasión. Se nos invita a aceptar varias posibilidades, aunque el autor nunca se arriesga a proponer ninguna de ellas como su opinión definitiva.

Figura 1. Robert Boyle especula sobre las razones de la «elasticidad» del aire

De la estructura de las partículas elásticas del aire, podemos formarnos diversas concepciones... alguien puede imaginarse una porción de aire como si fuera un conjunto de hilos de lana rizados, los cuales al ser comprimidos... pueden hacer un continuo esfuerzo para estirarse, e impulsar hacia afuera a las partículas vecinas... También recuerdo que, entre otras comparaciones de este tipo, me he imaginado las partículas elásticas del aire como las virtutas muy finas de madera que los carpinteros y ensambladores acostumbaban a sacar con sus cepillos... Y quizás usted pueda preferir esta comparación, porque... estas virtutas son producidas a partir de cuerpos, que no parecía ni era sospechable que fueran elásticos en todo su volumen, como las vigas o los bloques, casi ninguno de los cuales puede proporcionar virtutas elásticas... [..] lo cual puede quizás ilustrar lo que intento decir, que diversos cuerpos sólidos, no sospechosos de ser elásticos, colocados en *menstruums* corrosivos, ... tendrían, ... sobre la... reacción que pasa entre ellos en disolución, ... emerge una pequeña cantidad de aire permanentemente elástico]. Pero, posiblemente usted pensará, que éstas son conjeturas extravagantes; y por tanto... le... concederé con gusto que uno se puede imaginar otras formas... para estos corpúsculos elásticos... Sólo quiero aquí expresar que el aire elástico parece que continua siendo, más por razón de su propia estructura, que por cualquier agitación externa; incluso el calor, que es una clase de movimiento, puede hacer que las partículas agitados luchan por retroceder más y más lejos... y por rechazar aquellas que impedirían la libertad de sus giros, lo cual acrecienta mucho más el empeño de este aire por expandirse. Y le permitiré suponer que puede haber, algunas veces, mezcladas con las partículas que son elásticas, ... algunas otras que deban su elasticidad no tanto a su estructura, como a su movimiento, el cual al blancirlas y hacerlas girar de diversas maneras, puede hacer que golpeen a sus partículas vecinas y, de ese modo, promover un comportamiento expansivo en el aire, del cual son parte.

Una mezcla de este tipo es probablemente fundamental en los procesos de comunicación, persuasión y contrapersuasión que ocurren en los grupos científicos de cualquier época. Si la disfrazamos o ignoramos en la escuela, la experiencia en el aula continuará siendo una representación errónea de lo que hacen los científicos.

El lenguaje de Boyle es conformador de teoría, no es el de un simple informe; incluso, en el tercer párrafo, cuando nos habla de su experiencia en el laboratorio, capta una nueva e importante idea con su expresión «aire permanentemente elástico». Habiendo puesto en contacto «varios cuerpos sólidos» (yeso y piedra caliza, por ejemplo?) con varios «líquidos corrosivos» (tales como el aceite de vitriolo, ¿quizás?), nos dice que ha observado la producción de «una pequeña cantidad de aire permanentemente elástico». Esto ocurriría mucho antes de la aceptación general de la nueva palabra «gas», inventada por Van Helmont; así que no era fácil para Boyle interpretar o describir lo que estaba sucediendo. La expresión «aire permanentemente elástico» le ayuda a hacerlo. Fue un precursor del término «vapores aeriformes elásticos», que se convirtió en el término estándar en el siglo XVIII para lo que ahora, tan fácilmente, denominamos «gases». Esta expresión fue muy importante para hacer que la gente fuera consciente de la existencia de tales materiales y capaz de discutir sobre su comportamiento con mayor precisión. Duró mucho más que algunas de sus especulaciones

menos afortunadas, pero lo que es importante destacar es que, tanto en este párrafo relativamente más «objetivo» como en los más especulativos, está buscando las palabras y las imágenes adecuadas para orientar su propio pensamiento y el de sus lectores.

Otro punto de interés es que algunas imágenes de Boyle son ligemente antropomórficas, como, por ejemplo, cuando juega con la idea de corpúsculos o partículas que son «blandas» y «girarán» con un «comportamiento» expansivo. Watts y Bentley (1994) argumentan a favor de humanizar la ciencia escolar por medio de permitir/revivir deliberadamente un pensamiento antropomórfico y animístico. Reconocen que muchos profesores se encuentran incómodos delante de frases de este tipo, pero seguramente no hay necesidad de pedir excusas por formas de expresión que recuerdan aquellas usadas por los científicos en su esfuerzo creativo. El lenguaje de la ciencia que evoluciona está lleno de estas expresiones, incluso si las ideas son re-enunciadas más tarde en términos más sobrios. Los científicos consiguen nuevas maneras de hablar sobre un tema a partir de metáforas disponibles en su tiempo. Doscientos años después de Boyle, John Tyndall escribió *Heat Considered as a Mode of Motion* (nótese de nuevo la expresión provisional «considerado como») y tomó del lenguaje de su tiempo un sorprendente giro militar para desarrollar su imagen mental de lo que estaba sucediendo en una vejiga de cerdo llena de aire en expansión, y en su baño turco (nótese las palabras que he indicado en cursiva en el extracto siguiente). El contexto fue de tipo didáctico, para persuadir a una gran audiencia de lo que sus colegas y él mismo ya habían aceptado sobre el calor y el movimiento, pero esta exploración de imágenes es más que una simple ayuda didáctica:

De acuerdo con nuestra teoría actual (la expansión de la vejiga) se produce por el disparo de proyectiles atómicos contra su superficie interior ... la impresión que uno recibe cuando entra en un baño turco es causada por el cañoneo atómico que allí se mantiene contra la superficie de nuestro cuerpo.

En otro lugar del mismo pasaje Tyndall escribe sobre la «descarga de partículas» y de un efecto «que causa... que las partículas en su interior concurren su fuego». Esto ocurriría unos pocos años después de la batalla de Balaklava, y la expresión «cañoneo atómico» sería particularmente evocativa, pero (moderando la imagen más tarde) Tyndall y otros científicos con el tiempo renegaron de palabras como «disparar» e hicieron énfasis en que únicamente deseaban hablar de un rebote mecánico. Para una historia sobre la hostilidad hacia expresiones poco cautas, a pesar de su importancia capital, véase Sutton (1994).

Los científicos como promotores de nuevas formas de hablar

La imagen popular de la ciencia presenta el lenguaje como un medio de descripción - para dar cuenta del mundo tal como es, como un informe «objetivo» de lo que sucede, independiente de los seres humanos. Pero, en los ejemplos que se muestran más adelante, el lenguaje es más bien un instrumento para poner a prueba las ideas, para imaginarse lo que va a suceder y para interpretar las situaciones. Para reconciliar estos dos puntos de vista sobre el lenguaje, hemos de comprender que hay una progresión en la escritura de los científicos que comienza con las primeras afirmaciones provisionales de un investigador y acaba, algunos años o décadas más tarde, en el libro de texto que describe el conocimiento público establecido. Las funciones del lenguaje en estas dos etapas son diferentes. Mientras las ideas todavía son fluidas, el lenguaje es más bien un instrumento flexible y activo del pensamiento, es decir, «lenguaje como sistema interpretativo», como se muestra en la columna izquierda de la figura 2. Más tarde, se establece un cuerpo de conocimientos y hay muchas menos dudas sobre cómo expresarlo. Entonces, las palabras parecen ser como etiquetas para cosas

Figura 2. Dos concepciones del lenguaje

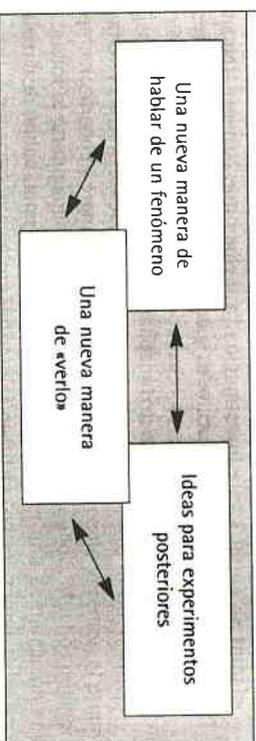
<p>LENGUAJE COMO SISTEMA INTERPRETATIVO para dar sentido a las nuevas experiencias</p>	<p>LENGUAJE COMO SISTEMA DE ETIQUETAJE para describir, dar cuenta e informar</p>
<ul style="list-style-type: none"> • es claramente el producto de una persona que está diciendo: «Yo pienso que...», o «Me parece que...» • «Comencé a pensar si no podía existir un movimiento, como si fuera, en un círculo» • William Harvey, sobre la sangre, 1628. • «No se escapa a nuestra conocimiento que el apareamiento que hemos postulado sugiere inmediatamente un posible mecanismo de copia del material genético» • James Watson y Francis Crick, sobre el DNA, 1953. • es analógico o metafórico: «Es como un...», o «Es como si...», o «Podemos pensar sobre ello como...» • es provisional, impreciso al principio, y flexible para intentar captar la misma idea de diferentes maneras. <p>Cuando lo usamos para comunicar parece que estemos:</p> <p>PERSUADIENDO a otros sobre un nuevo punto de vista, construyendo una nueva comunidad de pensamiento</p>	<ul style="list-style-type: none"> • es aparentemente independiente de la persona: • «El cobre se vuelve negro cuando se calienta»; • «Los metales siempre se descargan en el cátodo»; • «El volumen de una determinada masa de un gas es inversamente proporcional a la presión». • «Bajo la influencia de una fuerza gravitacional, las planetas se mueven en órbitas elípticas»; «las moléculas de aire están en constante movimiento». • parece ser directo y literal, en lugar de imaginativo. «Estos son los hechos... Así es como es...» • es definido y preciso, y necesita utilizar la palabra exacta para cada cosa. <p>... o en este caso parece que estemos:</p> <p>TRANSMITIENDO conocimiento y almacenando información</p>

definidas. He llamado al lenguaje en este estado, especialmente si no conocemos sus orígenes, «lenguaje como sistema de etiquetaje» (columna de la derecha de la figura 2). Una comprensión adecuada de la ciencia requiere un conocimiento de ambos lenguajes, a pesar de que es habitual asociar la ciencia únicamente con la columna de la derecha.

En ciertos aspectos, es correcto asociar la ciencia con la columna del lado derecho. El esfuerzo colectivo de las comunidades científicas genera enunciados universales sobre «volúmenes», «presiones», «cátodos», «órbitas elípticas» y «moléculas» que pertenecen a todo el mundo y que pueden ser vistos como verdades independientes del tiempo y de cualquier opinión personal particular. Sin embargo, el deseo de confinar la ciencia en la columna de la derecha ha sido causado por una sobreexposición a estas casi-certezas, sin la duda que los científicos experimentan cuando las formulaban por primera vez, y en mi opinión esto consolida la creencia en la facilidad de los descubrimientos como base de la ciencia. El deseo de este confinamiento también es parcialmente el resultado de un entusiasmo excesivo por separar las «opiniones personales» y «los hechos de la naturaleza»; sin embargo, deberíamos ser más respetuosos con las opiniones. Consideremos el comentario de William Harvey sobre la sangre, en la columna de la izquierda de la figura 2. Al igual que Boyle, escribe con un tono personal e interpretativo para ofrecer su nueva opinión: «Empecé a pensar...» Nótese la consciente novedad de la imagen y el modo hipotético como la presenta: «un movimiento como si fuera en círculo». Esta era una nueva forma de referirse a la sangre, estrechamente relacionada con una nueva manera de ver mentalmente lo que podía estar sucediendo. Y tuvo consecuencias estimulantes para la investigación práctica. La interacción de estos tres aspectos es fundamental en la innovación científica (figura 3).

Harvey se había imaginado una posible ruta de retorno al corazón y se preguntaba por los tejidos periféricos, los cuales parecían ser «esponjosos» (Harvey 1628). Estaba ya pensando en el «drenaje» de la sangre desde «las

Figura 3. Interacción entre la forma de hablar, de «ver» y de experimentar



oscuras porosidades» de los tejidos esponjosos a las venas, desde donde podía volver al corazón, rellenando constantemente las cámaras. Sus palabras se convierten para él en formadoras de teoría, guiando su atención y sus esfuerzos futuros. Harvey comprendió la relevancia de medir la capacidad de las cámaras del corazón y de estimar cuánta sangre era bombeada en cada latido. Una vez hecho esto, calculó la velocidad de entrada, lo cual se convirtió en una parte crucial de su razonamiento de que debía existir una circulación continua. También prestó mayor atención al esfuerzo de las arterias cortadas y se preguntó más detenidamente sobre la función de las válvulas en las venas. En resumen, las imágenes y el modo de hablar configuraron los aspectos a los que prestó atención y lo que eligió investigar.

Es difícil para nosotros conocer lo que podía haber sido descubierto sin esta manera de imaginar, hablar y pensar, porque hemos heredado lo que se ha convertido en la manera «obvia» de razonar sobre el cuerpo humano. Ahora, hablamos con facilidad de «circulación» y también del corazón como una bomba, pero antes de la época de Harvey este sistema no se había establecido. En la década de 1620 habría sido más habitual imaginarse el corazón como una fuente de «espíritus vitales» que salían a irrigar el paisaje del cuerpo. El propio Harvey escribió sobre el corazón en términos de economía política y doméstica –el soberano del cuerpo» y la «casa más íntima» en la cual la sangre puede recobrar «su estado de excelencia y perfección». El desplazamiento hacia alternativas mecánicas posteriores, fue facilitado, sin embargo, por su cambio de percepción, captado en su famosa frase: «Comencé a pensar si no podía haber un movimiento como si fuera en círculos». Algunas de sus propias expresiones fueron más abiertamente mecánicas; por ejemplo, escribió sobre la sangre de los pulmones «transportada... a la aorta por dos válvulas como las de los fuelles para elevar agua» (Harvey 1616).

Una nueva elección de palabras, una nueva metáfora, fue haciéndose habitual. En efecto, una manera de hablar que ya estaba bien establecida en el contexto de la ingeniería hidráulica fue comenzando a ser aplicada en el contexto totalmente nuevo del cuerpo humano. Con ello apareció un nuevo modo de imaginarse lo que sucedía, que dio un poderoso estímulo a la investigación, a medida que la gente aplicaba su comprensión de las conducciones y bombas al contexto de los procesos del cuerpo. Uno de los primeros resultados adicionales fue la identificación de Malpighi de los conductos «capilares» (conductos como cabellos) en el rabo de un renacuajo. Esto relacionó evidentemente arterias y venas. Entonces las formas análogas de hablar sobre la sangre y el corazón empezaron a caer en desuso y, cuando Descartes optó por imaginarse la totalidad del cuerpo humano como un conjunto de mecanismos, hablar de circulación y de bombas se convirtió en el instrumento mental estándar.

A partir de éste y de ejemplos similares, podemos decir que visiones científicas radicalmente nuevas implican re-descripciones de los fenómenos en estudio, mediante el uso de un lenguaje no aplicado previamente a ese tema. Estas visiones dependen del lenguaje importado de otras áreas, en un intento de imaginar lo que sucede; dependen, se sobreentiende, en la metáfora. A nuestro alrededor podemos encontrar el resultado de cambios similares en los nuevos modos de mirar y de hablar que las acompañan: «calgas» «fluyendo» a través de un conductor metálico, «campos» de influencia alrededor de un imán, «caminos» a través de los cuales tienen lugar las sucesivas reacciones químicas en una célula. A su vez, cada uno de estos sistemas (términos) ha proporcionado a los científicos nuevos aspectos a investigar. Hablar del «calor» como un fluido que puede fluir hacia dentro y hacia fuera de los objetos, es un ejemplo particularmente interesante, puesto que, aunque como idea básica ha sido sustituida, en su apoyo fue una rama altamente productiva del discurso científico y condujo al establecimiento de unidades de medida para la cantidad de calor y al concepto de «capacidad calorífica específica» (la diferente «capacidad» para almacenar calor que presentaban diferentes materiales). Esta visión todavía está presente entre nosotros en gran medida en expresiones como «flujo de calor», «capacidad calorífica» y «sumidero de calor».

Es preciso que la redescritción metafórica no sea escondida a los estudiantes. Debemos preguntarles «¿Cómo es que alguien empezó a hablar así? ¿Qué estaban intentando decir los científicos que escogieron estas palabras en particular? ¿Qué imagen tenían en su mente?». Podemos revivir los signos hipotéticos que acompañan al nuevo pensamiento –los «como si...» y «...como si fuera...» y el «Empecé a pensar...» de Harvey, para mostrar a los estudiantes que las ideas científicas han sido formuladas por personas de carne y hueso, luchando por encontrar las palabras apropiadas. Analogías, similes y metáforas no fueron cosas extrañas para ellos, sino un aspecto clave de su pensamiento. Es con la ayuda de estos dispositivos que los científicos comienzan a pensar, a ver, a hablar y a actuar de forma diferente. Una manera habitual de proceder es convertir la sugestiva metáfora en un modelo al cual se puedan derivar predicciones contrastables. Los estudiantes deben comprender esta forma de trabajar y, si así lo hacen, la idea del lenguaje únicamente como sistema de etiquetaje no surgirá.

Reestablecer el lenguaje figurativo implica que las distinciones convencionales entre lo «figurativo» y lo «literal», y entre lo «metafórico» y lo «factual», no han de seguir manteniéndose, pues como veremos, el primero palidece gradualmente hasta convertirse en el segundo. Muchos miembros de la comunidad científica han elegido mantener una demarcación entre metáfora y ciencia (Sutton 1992, 1993), pero no todo el mundo lo ha hecho

asi. Por ejemplo, Michael Faraday, escribe a un colega sobre la importancia del pensamiento «poético» en su ciencia (Faraday 1845):

Difficilmente puede usted imaginar cómo estoy luchando para utilizar mis ideas poéticas en el descubrimiento de analogías y figuras remotas relativas a la tierra, al sol y a toda clase de objetos— porque creo que es la forma verdadera (corregida por el discernimiento) de llevar a cabo un descubrimiento.

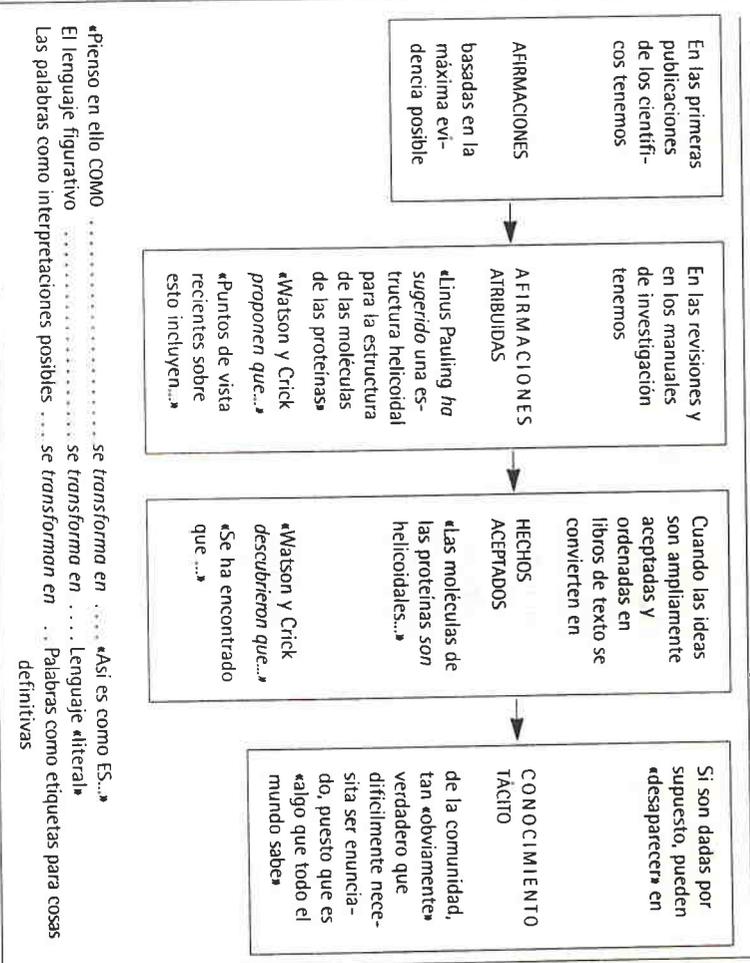
Todo lenguaje nuevo es poético y metafórico en un primer momento, como Faraday sugiere. Una imagen nueva ofrece una posible nueva forma de dar significado a algo, que puede entonces ser sometida a juicio y a crítica y a la comprobación experimental de sus predicciones. Todo lenguaje nuevo es interpretativo y, en un grupo de seres humanos, tiene como finalidad comunicar y compartir interpretaciones, intentando llegar a acuerdos sobre la forma como percibimos las cosas. Es comunicativo en el sentido de que intenta producir una *comunidad de pensamiento*. Y es persuasivo en el sentido de invitar a otros a compartir un punto de vista. ¿En qué punto, del desarrollo de la ciencia escolar, perdemos este sentido de medio comunicativo y persuasivo?

¿Cómo palidece el sentido de la implicación personal?

Los científicos no se detienen en la etapa de formulación de una idea nueva. Sus afirmaciones personales son sometidas a escrutinio, contrastadas y transmitidas por otros hasta que la «voz» personal del investigador individual se pierde gradualmente. Lo que empezó como una interpretación figurativa y un intento de persuadirnos para aceptar un nuevo punto de vista, se transforma en un lenguaje etiqueta—una descripción literal para sernos simplemente comunicada. Si los estudiantes se encuentran siempre en la fase final receptora de esta transmisión, puede que nunca «oigan» la voz activamente interpretativa del científico imaginativo. Esta es la razón por la cual debemos prestar más atención, en la ciencia escolar, a las sociedades científicas y a las redes de investigación, y a cómo se establece el consenso sobre lo que se considerará un conocimiento fiable. Hoy en día la ciencia se interpreta como una empresa social semicooperativa para la producción de conocimiento, y la participación en congresos y la escritura de artículos, reseñas o libros es reconocida como un aspecto de la actividad científica, como lo son las actividades prácticas de manejo de aparatos o de diseño de experimentos. La escritura es especialmente importante y es en la escritura, en los sucesivos tipos de publicación cada vez más prestigiosos, que encontramos un gradual oscurecimiento de la empresa humana y un cambio desde la «persuasión» a la «información» (figura 4).

Los investigadores que publican por primera vez saben muy bien que

Figura 4. Cambios en el lenguaje y en el estatus del conocimiento a medida que un área científica madura y las ideas provisionales se transforman en hechos consolidados



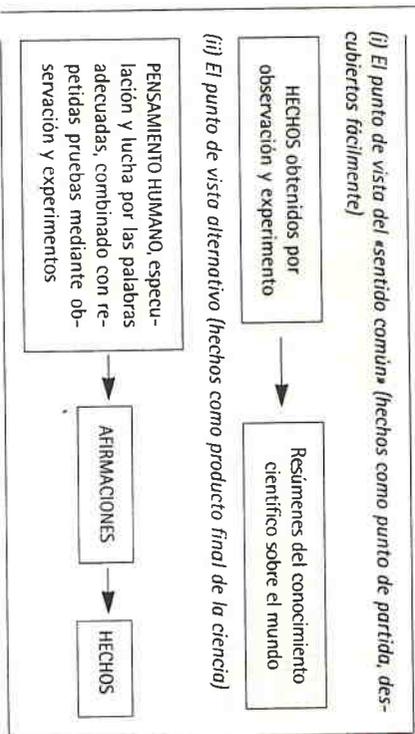
deben persuadir antes de que cualquiera de sus ideas sean aceptadas como parte del «conocimiento científico», y preparan su artículo de acuerdo con esta finalidad. Cuanto más nueva sea una idea, más se han de esforzar en ayudar a otros a hacerla suya y a que consigan una evidencia experimental comparable en el laboratorio. Esto supone usar generalmente un razonamiento definitivo, que llevará una meta «afirmación» de un ser humano hacia el estatus de un «hecho» establecido. Deja de ser una «idea de alguien», una sugerencia o una interpretación, para pasar a ser una idea lo suficientemente valiosa para ser denominada «descubrimiento de...» y finalmente «algo que sabemos». En un artículo de revista el nuevo conocimiento es todavía provisional, pero posteriormente puede ser citado en las afirmaciones de otros investigadores en un artículo de revisión o en manuales de investigación y, finalmente, en libros de texto. Esto indica que ha conseguido una total aceptación por parte de la comunidad científica, y frases tales como «Se piensa que...» o «Fulano de tal ha sugerido que...» son gradualmente menos utilizadas u omitidas. En otras palabras, prosigue un proceso de conversión en el cual algunas de las ideas y proposiciones de los

individuos son incorporados a la estructura de conocimiento de una comunidad más amplia y son convertidas en conocimiento público consensuado que merece el estatus de «hecho», de «hecho, por el momento» o, al menos, de «la mejor teoría disponible» que para todos los fines y propósitos podemos suponer que es correcta. Esta descripción es deudora de aquellos que dislumbraron el significado de la secuencia de diferentes tipos de publicación: Revista → Manual de investigación → Libro de texto. Uno de los sucesos determinantes fue la edición en 1978 de una traducción al inglés del libro de Fleck Ludwik, *The Genesis and Development of a Scientific Fact*, con una introducción de T.S. Khun (Fleck 1935, 1978). Desde entonces ha habido varios intentos sistemáticos de comparar las características lingüísticas de la escritura en cada etapa. Una descripción breve y clara ha sido realizada por Myers (1992), basada en su estudio de ejemplos modernos de escritos de científicos. Este autor indica varios cambios, que aparecen más claramente si se comparan los artículos de revistas y los libros de texto. Entre las diferencias que menciona, selecciono tres:

1. Una pérdida de frases cualificativas (o «frases evasivas», como él les llama), tales como «parece que», «tal vez», y «la sugerencia de...»
2. Un cambio en la finalidad con que son usados los pronombres personales (en las revistas, remarcan la parte más novedosa de la posición de los autores, que puede ser discutida; en los libros de texto, indican un plural didáctico a través del cual el autor guía al lector hacia el punto de vista aceptado, en lugar de presentarle algo sobre lo cual podría haber más de un punto de vista)
3. Una considerable reducción del número de referencias citadas para apoyar lo que se dice (lo que muestra una actitud diferente de la que se requiere para persuadir al lector).

En la etapa intermedia del proceso en tres etapas de Fleck, los autores de manuales y de revisiones criban y relacionan las diferentes proposiciones. Algunas son rechazadas o desdénadas, y otras quedan unidas a una estructura general de conocimiento que funciona como guía para la investigación futura. Una vez estas ideas han sido incorporadas de esta forma, deja de ser necesario referirse a los autores originales cada vez; a partir de entonces se considera que estas ideas tienen una especie de validez universal, independientemente de dónde surgieron exactamente o de quién las propuso en primer lugar. Cuanto más frecuentemente son usadas, más familiares se convierten, y menos hipotéticamente son expresadas; de forma que, inevitablemente, las palabras comienzan a funcionar como etiquetas para cosas de cuyo conocimiento nos sentimos seguros. Una expresión como «la órbita de un electrón», que en su inicio no es más que una mera figura lingüística, se convierte en la denominación de una realidad que, a

Figura 5. Dos ideas sobre el hecho científico



todos los efectos, se considera que existe (en este caso, así fue considerado mucho tiempo después de que el modelo planetario del átomo fuera sugerido). No sería posible conversar rápidamente sobre ninguna de estas ideas nuevas sin tratar alguna de ellas de esta manera. Y ya se sabe que la familiaridad genera realidad. Los estudiantes que estudian ciencias también acabarían hablando de esta forma, pero el aspecto crucial es si adquirirían el suficiente conocimiento de los orígenes interpretativos de estos términos para evitar una concepción errónea acerca de su estatus.

La secuencia de la figura 4 contrasta marcadamente con el punto de vista del «sentido común», que piensa en los hechos como punto de partida, como se muestra en la figura 5.

Estoy sugiriendo que es la seguridad con la cual usamos el lenguaje «factual» en la escuela lo que deja en los estudiantes la impresión de que los científicos se proponen «descubrir» hechos sobre el mundo natural, haciendo experimentos y «viendo qué sucede», en lugar de seguir un proceso de esfuerzo imaginativo y de construcción laboriosa. Los hechos parecerían haber estado allí todo el tiempo y el papel del científico únicamente consistiría en salir en su busca y encontrarlos. Los libros de texto ofrecen el resultado de la ciencia, no como una interpretación al fin y al cabo, sino como una «simple» descripción de cómo es el mundo, justo como si hubiera sido leída directamente de la Naturaleza. Afirmaciones como «los átomos contienen protones, neutrones y electrones» o «el aire está constituido fundamentalmente por dos gases –nitrógeno y oxígeno» dan poca idea de la intervención humana, a pesar de que la mayoría de las palabras en ellas sean invenciones relativamente recientes y fueran objeto de considerable debate y controversia antes de que se convirtieran en una parte aceptada de la ciencia actual.

El control de la controversia en las comunidades científicas

Otra causa importante de que la presentación de los «hechos» en la escuela conduzca a una visión errónea de la ciencia, surge del cambio en la generalidad de los enunciados a medida que pasa el tiempo. Los escritos iniciales de los científicos incluyen descripciones de cosas hechas *en un tiempo y en un lugar particulares*, en los que una *persona conocida* hace una cosa determinada. Tales descripciones son de interés personal para otros investigadores, pero posteriormente son reemplazadas por enunciados que aspiran a una validez universal y que ya no están ligados a tiempos, lugares o personas determinadas. En una discusión reciente sobre «la forma correcta de hablar científicamente», Lemke (1990) sugirió que la imitación de estos universales, «el desentenderse del aquí y del ahora, y de la acción humana» es una de las causas por las que el lenguaje del aula se convierte en un lenguaje árido y alienante para algunos adolescentes. Debemos mostrar a estos estudiantes que tales enunciados no fueron universales en sus orígenes, y ayudarles a comprender el esfuerzo interpretativo y los razonamientos que los científicos realizaron.

Es en relación con esta controversia potencial que el «efecto del conocimiento de los libros de texto» conecta con otra influencia deshumanizadora –las rutinas enseñadas para la realización de los informes de laboratorio. Los métodos para controlar la controversia son importantes para el éxito de las sociedades científicas y las técnicas básicas ya fueron desarrolladas en el siglo XVII por personas como Robert Boyle. Estos científicos aprendieron a escribir separando cualquier valoración crítica de sus procedimientos experimentales de las críticas más fundamentales a sus esquemas de pensamiento. En algunas de las sociedades científicas era costumbre que los informes de los experimentos fueran «recibidos» en una reunión de la sociedad, pero sin ser discutidos en ese momento, para enfatizar su estatus de informe más que de argumentación. En las revistas, se desarrolló un formato estructurado para que los autores pudieran separar lo que creían indiscutible de lo discutible. Ha habido varios estudios importantes del siglo XVII que describen el surgimiento de esta tecnología literaria (Shapin y Schaffer 1985, Vickers 1987, Bazerman 1988, Dear 1991). Estos autores muestran cómo los nuevos filósofos naturales ganaron confianza en estar estableciendo «hechos de facto» que podían ser aceptados, ya fuera por la autoridad del testimonio o por la autoridad de un informe escrito que permitía una presencia «delegada» en el suceso experimental. A medida que se desarrollaba este tipo de escritura se producía un alejamiento de la voz personal, anticipándose a la crítica con frases como «No soy yo quien lo dice, sino los instrumentos de medida». Un «hecho de facto» de este tipo no es exactamente lo mismo que un «hecho» obtenido como resultado de un largo proceso de negociación, pero aparentemente se le parece en haber sido leído en el Libro de la Naturaleza antes que propuesto por el cien-

La experiencia de los alumnos acerca de cómo se utiliza el lenguaje

tífico observado. De esta forma, los miembros de la sociedades científicas intentaban prevenir una desintegración prematura del grupo por controversias de facciones y colaborar en lo que realmente estaban de acuerdo. Gradualmente, el arte de escribir una gran cantidad de afirmaciones, en los apartados poco discutibles del «método» y de los «resultados», claramente separados de la «discusión», se convirtió en una parte del aprendizaje de los científicos, especialmente, después de la profesionalización de la ciencia en el siglo XIX. Así es como las escuelas heredaron una disciplina para escribir informes de laboratorio en la forma más impersonal y «objetiva» posible, evitando el reconocimiento del propio pensamiento. Si estos métodos tuvieron alguna vez una justificación, fue únicamente en el contexto de la formación de técnicos para las rutinas del laboratorio, pero desde la perspectiva actual podemos apreciar que esta aproximación puede ser peligrosa, al permitir una visión errónea de cómo trabajan los científicos. Actualmente los alumnos son animados a escribir más acerca de sus propias ideas y expectativas, antes de realizar un experimento, pero esto no significa que entiendan necesariamente la base personal e interpretativa del pensamiento científico si el carácter del lenguaje globalizado de la clase sugiere otra cosa. «¿Qué crees que sucederá?» es una cuestión interesante para proponer a los alumnos, pero para que se reflejara mi análisis en este artículo también se necesitaría hacer preguntas como: «¿Fulano de tal pensó...? ¿Crees que es una buena idea? ¿Por qué crees que lo pienso así? ¿Y qué tipo de evidencia esperaba encontrar?»

He intentado mostrar cómo la ciencia es una actividad comunicativa entre seres humanos. Los investigadores están implicados personalmente en defender sus ideas y en encontrar razones para apoyarlas. Ellos tienen un deseo claro de compartir y comparar ideas, pero el procesamiento de estas ideas en la comunidad científica da lugar a una pérdida de la autoría personal y un empalmeamiento de las metáforas activas, y a una producción de enunciados universales establecidos por nadie en particular para nadie en particular, que se suponen son verdaderos por derecho propio. La ciencia se convierte en información para ser recibida, más que en ideas para ser discutidas.

En la escuela esperamos que nuestras lecciones serán una oportunidad para compartir y comparar ideas y, probablemente, todos hemos tenido éxito, algunas veces, en llevar los conocimientos de la ciencia hacia sus orígenes, de modo que se convirtieran de nuevo en un conjunto excitante de ideas abiertas a la discusión; pero la enorme cantidad de información aparentemente inerte puede ocultar nuestros esfuerzos y hacer que los estudiantes obtengan un tipo de experiencia muy diferente. Algunas veces nos

Figura 6. Las dos concepciones del lenguaje que los estudiantes encuentran en la escuela

	LENGUAJE COMO SISTEMA DE ETIQUETAJE	LENGUAJE COMO SISTEMA INTERPRETATIVO para interpretar la experiencia
1. ¿Qué piensa el oyente o el lector que está haciendo?	Recibir, anotar, acumular	Comprender el significado atribuido por otra persona
2. ¿Qué parece estar haciendo el que habla o escribe?	Describir, contar, informar	Persuadir, sugerir, explorar, representar, enseñar
3. ¿Cómo se piensa utilizar el lenguaje en el aprendizaje?	Se necesita una transmisión clara desde el profesor al alumno; las frases del profesor son muy importantes.	El principal proceso es la interpretación activa y la re-expresión de las ideas por parte del que aprende; las frases del que aprende son muy importantes.
4. ¿Cómo se piensa trabajar la comunicación en general?	Como el código morse en un conductor o como paquetes postales en el correo.	Lo importante es cómo descodificar el código morse o desempacar el «paquete postal» y usar las pizetas que contiene. Lo que el oyente construye puede aproximarse a la intención del que habla, pero la comunicación siempre es parcial.
5. ¿Cómo se piensa que se produce el descubrimiento científico?	Se encuentra un hecho y, a continuación, las palabras que lo describen.	Escogemos las palabras, que influyen en el modo en que vemos el nuevo fenómeno y en el modo en que podemos entonces hablar sobre él.
6. ¿Qué lenguaje parece ser el adecuado para el mundo de la Naturaleza?	Las palabras corresponden de forma simple a las características del mundo externo y, generalmente, hay una palabra correcta para cada cosa.	Las palabras iluminan los aspectos a los que prestamos atención y, así, promueven el pensamiento y el diálogo. Llamar a un león, carnicero, cazador o simplemente un gran gato, requiere una decisión de quien habla sobre un contexto determinado.
7. Suposiciones sobre los significados de las palabras	Tienen un significado fijo, al menos para un contexto particular; una definición determinará el significado.	Los significados varían de una persona a otra así como de un contexto a otro. Los significados están en la mente más que en el papel e, incluso cuando las definiciones funcionan bien, siempre hay una cierta ambigüedad residual.
8. Suposiciones sobre afirmaciones más largas	Si están bien construidas son precisas y totalmente claras.	Los significados son siempre discutibles y requieren un esfuerzo interpretativo por parte del oyente o lector.
9. La esencia de la comunicación	TRANSMISIÓN	PERSUASION

oyen usar un lenguaje muy flexible, con un marcado tono interpretativo:

¿Qué sucede en esta charca cuando el insecto resbala suavemente sin hundirse ni mojarse? Es como si la superficie fuera una especie de piel estirada. Observa cuidadosamente y podrás ver una pequeña mella donde están las patas. ¿Ves lo que quiero decir?

Otras veces se encuentran con enunciados difícilmente «desempaquetables», que se presentan como simples verdades acerca del mundo antes que como productos de la imaginación y del pensamiento humano:

La aguja se sostiene por la tensión superficial del agua.

La presión del aire provoca que la lata se aplaste.

La luz siempre cambia de dirección cuando pasa de un medio a otro.

Mi opinión es que, cuando la proporción de estos últimos enunciados es demasiado alta, los estudiantes tienen la impresión de que el lenguaje es un sistema de etiquetaje y que la comunicación tiene más de transmisión que de compartición de interpretaciones. Ellos esperan un modo de transmisión del tipo descrito en la columna izquierda de la figura 6 y están mal preparados para usar su propio lenguaje de forma interpretativa, re-expresando en sus propias palabras lo que los científicos quieren decir. Con esta visión limitada de lo que es el lenguaje y la falta de experiencia en usarlo de forma activa, los estudiantes tienen una idea demasiado simple de la ciencia como un archivo de hechos y, del lenguaje, como un sistema de etiquetaje de hechos, lo que les sitúa en una situación desfavorable para aprender. Es, por tanto, muy importante que se desarrolle una política escolar sobre el lenguaje que prevenga que esto suceda. A través de esta política escolar sobre el lenguaje podemos dar una visión mejor de la naturaleza de la empresa científica y mejorar la capacidad de los estudiantes, de modo que sea más improbable que adopten el papel pasivo de meros receptores de información. La figura 6 muestra nuevos puntos de contraste entre la experiencia y el pensamiento. Se han desarrollado a partir de la distinción hecha por Douglas Barnes entre lenguaje para la transmisión y lenguaje para la interpretación (Barnes 1976). Esta vez el lenguaje como «etiquetaje» se encuentra a la izquierda, para reflejar la idea de que puede ser la primera y la más importante impresión que los estudiantes tengan en sus clases de ciencias.

Recuperar la voz interpretativa

Una política escolar sobre el lenguaje ha de establecer líneas de actuación sobre los tipos de lectura, de conversación, de escucha y de escritura que se les va a proponer a los estudiantes. Muchas características de esta política escolar –por ejemplo, escribir para otro público diferente del profesor co-

mo evaluador de conocimiento- fueron descritas hace más de una década por el movimiento del «lenguaje a través del currículum». En esa época este movimiento podía parecer producto únicamente del entusiasmo de los profesores de lengua, pero hoy podemos apreciar que también constituye un requisito para enseñar una ciencia correcta, y desde este punto de vista una política escolar sobre el lenguaje debe contemplar componentes sobre el lenguaje de los científicos, sobre el lenguaje de los profesores y sobre el lenguaje de los estudiantes:

- Los profesores deben presentar el lenguaje de los científicos como un producto humano de modo que, cuando los estudiantes escuchen o lean, sean conscientes de la existencia de un autor humano. Además de los libros de texto, deben usarse otras fuentes y se debe explorar el pensamiento que hay detrás de una determinada elección de palabras -el énfasis ha de estar siempre en lo que las personas piensan y en por qué lo piensan, y no únicamente en «lo que sabemos».
- Los profesores deben proponerse usar su propia voz interpretativa para reconstruir el lenguaje de los científicos, presentándolo deliberadamente en diferentes formas, y cuidando de que sus estudiantes también lo hagan. Deben mostrar que siempre hay caminos alternativos para expresar una idea y deben utilizar conjuntamente expresiones cotidianas y términos técnicos, para valorar hasta qué punto son apropiadas para captar una determinada idea.
- Deben prestar atención a la voz interpretativa de los estudiantes y animarles a utilizarla, y deben responder persona a persona, de modo que quede claro que el lenguaje es un medio de conversación sobre las ideas y no únicamente un medio de recibir «la verdad».

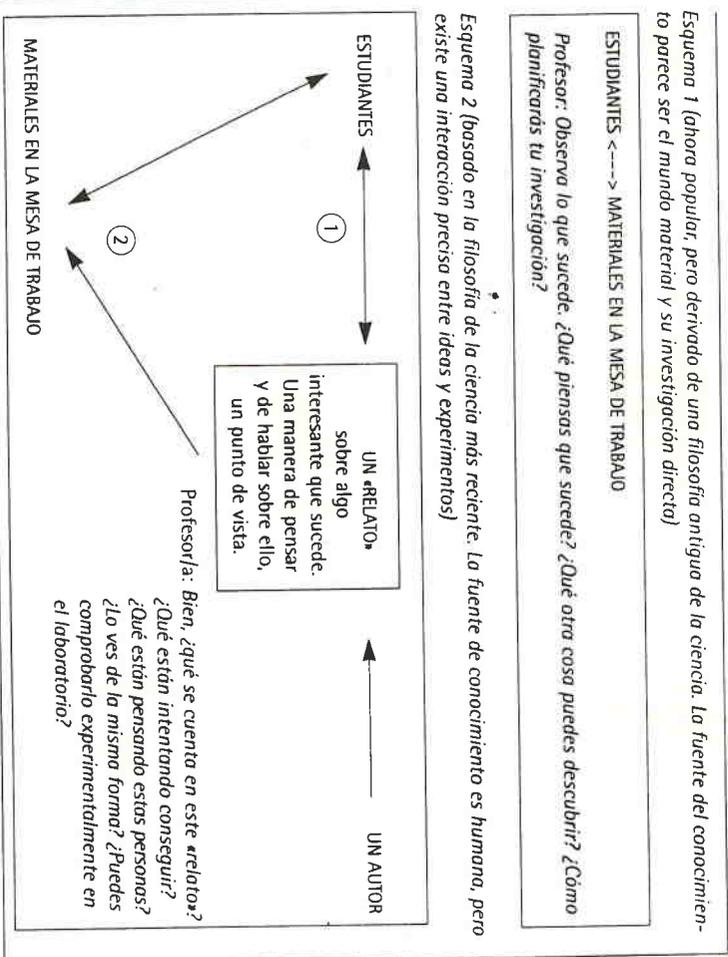
Una aproximación adecuada, que hace de los lenguajes del científico, del profesor y del estudiante una expresión personal del pensamiento, consiste en conducir la clase hacia una discusión crítica sobre un «relato histórico» de la ciencia. La atención de los estudiantes puede centrarse en un relato sobre el circuito eléctrico, la reacción química, la absorción de agua en las plantas, o cualquier otro tema. Se puede presentar el relato a través de un informe que se deja abierto a la discusión o a la comprobación experimental, y ofrecerlo como las ideas de determinados científicos (o de un científico, en particular) sobre el circuito eléctrico, la reacción química, la raíz de la planta, o cualquier otro tema.

En los últimos años la ciencia escolar ha sido enseñada a menudo como si fuera un estudio directo de la Naturaleza, en lugar de un estudio de lo que las personas han pensado y han dicho sobre la Naturaleza; en cambio, los científicos verdaderos siempre atienden a las ideas de otras personas antes de dirigirse a su laboratorio. Piensan y discuten, y proponen y argumentan. Cuando van al laboratorio, lo hacen con la finalidad de buscar limitaciones a

sus argumentos o razones para preferir un punto de vista sobre otro. No van pasivamente a recibir la verdad, a pesar de la fuerte convicción que algunas veces puedan tener de que están leyendo el libro de la Naturaleza». En algunos casos lleva décadas encontrar una manera satisfactoria de mirar y de hablar (en particular, éste fue el caso del circuito eléctrico y de las reacciones químicas), y este aspecto no es tenido en cuenta cuando se envía a los estudiantes al laboratorio para «describir lo que ven» o «decir lo que sucede». En lugar de dirigir a los estudiantes hacia el laboratorio (esquema 1 en la figura 7), deberíamos conseguir que pensarán más sobre las ideas y las sugerencias de algún autor conocido o desconocido (esquema 2).

Aunque el esquema 2 sitúa el trabajo en el laboratorio en una posición secundaria, no quiero decir con ello que las clases de ciencias no deban nunca empezar mediante la manipulación de materiales. A menudo, tácticamente, es mejor dejar que los estudiantes manipulen alguna cosa: a

Figura 7. Dos concepciones de una lección de ciencias



continuación, presentarles el relato y hacerles reflexionar sobre él y, finalmente, volver al laboratorio. Sin embargo, el relato y la conversación sobre él deben constituir el centro de la lección, mientras que el trabajo práctico sólo debe proporcionar la vivencia del fenómeno que se quiere interpretar.

¿Qué tipo de cosas pueden constituir un «relato»? No es preciso que tenga una forma narrativa. Incluso un extracto de un libro de texto puede dar una visión de alguna persona o personas que han propuesto una idea, siempre que podamos presentarlo con un sentido de autoría. Ocasionalmente, el relato puede estar expresado en las palabras originales de un científico, como en los ejemplos que se han dado anteriormente (el de Boyle sería demasiado difícil para muchos jóvenes, pero el de Harvey podría no serlo). Otras veces el relato podría ser una descripción de un estudiante - obtenida, por ejemplo, de una de las libretas de los alumnos del año anterior. Más frecuentemente, puede ofrecerse en forma oral, en lugar de escrita, y provenir directamente del profesor.

¿Qué sucede en este circuito? Así es como me lo imagino. Escucha y piensa, después discute y prueba... y finalmente escribe si estás de acuerdo, si comprendes lo que quiero decir, y explica el porqué.

A veces puede utilizarse deliberadamente un relato más provocativo, por ejemplo, un recorte de periódico con un error científico escandaloso. Las características más importantes del relato han de ser:

- Debe ser adecuado para la discusión y la reflexión y no únicamente para la aceptación.
- Debe ser presentado como el resultado de una persona que los estudiantes puedan visualizar.
- Debe esperarse que los estudiantes lo comprendan y que respondan en la forma: «Pienso que lo que fulano de tal quiere decir es...».

Si estas características están presentes, los estudiantes tienen un incentivo para responder con sus propias formas de pensamiento y se puede conseguir un diálogo en el cual los informes de los científicos obtienen el estatus de «relato con éxito» o del «mejor relato disponible». De esta forma, se establece una base comunicativa en las clases. Desde luego, muchos profesores alcanzan un diálogo de este tipo en sus interacciones informales en el aula, a pesar del peso de los programas y de la tradición transmisiva. Los estudiantes saben a partir de su experiencia que la función del lenguaje es la persuasión y que aprenden mejor reexpresando las ideas en sus propias palabras e intentando dar sentido a lo que escriben, en lugar de hacerlo de un modo regurgitativo. En este punto es importante una estrategia de «calificación», porque la respuesta del profesor a sus explicaciones es crucial para el mantenimiento del esfuerzo comunicativo (Benton 1980). El profesor se convierte en un corresponsal en lugar de en un corrector. El esquema 2 de

la figura 7 es un intento de articular lo que algunos profesores ya están haciendo, pero que no está institucionalizado como parte de las expectativas que se tienen sobre una clase de ciencias. Formalmente, la ciencia escolar en la actualidad no es una discusión sobre ideas, sino que se dice que es: «hacer cosas», aprender de la experiencia práctica y descubrir por uno mismo. Por una variedad de razones los profesores aceptan esta doctrina, a pesar de que son conscientes de que algunos alumnos no obtienen las conclusiones que se espera de ellos de las experiencias que realizan. Al mismo tiempo que el currículum nacional (en el Reino Unido) amenaza con fosilizar la metodología de «aprender haciendo», al hacerla obligatoria, estudios sobre cómo trabajan en realidad los científicos están mostrando más claramente que nunca que los «experimentos» no constituyen su actividad inicial ni muchas veces son la actividad más importante. Los experimentos únicamente adquieren sentido en el contexto de una nueva forma de hablar, que guía el diseño del experimento y la manera de interpretarlo. De lo que se deduce que, si los estudiantes han de planificar un experimento o interpretarlo, deben «entender el relato» en el cual está inmerso.

Indicaciones para la investigación

Necesitamos saber más sobre cómo usan el lenguaje los estudiantes cuando intentan contarnos con sus propias palabras el relato de una investigación determinada. La labor de recortar debe invitarles a explorar los pensamientos de otra gente, a no considerar únicamente su punto de vista del fenómeno, y a tener en cuenta cómo creen que lo han visto otros. Se debe promover la búsqueda de la conexión entre la intención humana y la acción en la ciencia.

Debemos examinar la percepción que tienen los estudiantes de cómo usan ellos mismos el lenguaje en las clases de ciencias, de lo que piensan de cómo lo están usando sus profesores y, desde luego, de cómo imaginan que lo usan los científicos. ¿Tienen los estudiantes una idea del lenguaje como un instrumento de creatividad científica? ¿Tienen una visión de él como una herramienta de su propio aprendizaje? Podemos observar detenidamente cómo los profesores y los estudiantes hablan sobre el trabajo práctico (¿consideran que los hechos emergen directamente del experimento o de la observación?). Podemos explorar lo que los estudiantes interfieren del lenguaje de los libros de texto (¿una descripción no problemática de cómo son las cosas?). Podemos preguntarles sobre la autoría, tal como ellos la entienden, de las ideas teóricas más importantes, sobre los orígenes de la palabras nuevas, y sobre la relación de estas palabras con las «opiniones», la «teoría» y los «hechos». Podemos observar cuánto tiempo se dedica en las clases a la exploración de la ambigüedad o de las interpretaciones alternativas. Y más concretamente en el área de la naturaleza de la ciencia,

Notas

debemos explorar los variados, y no siempre examinados, significados de los términos «descubrimiento», «hecho» y «teoría», tres palabras que probablemente deberían ser usadas con mayor cautela.

Sea con el objetivo de investigar o en el contexto de la reforma del currículum, es importante reevaluar la noción tradicional del lenguaje «científico» como un lenguaje diferente al de otras áreas de la vida. Esta concepción tradicional ha separado el «conocimiento científico» de la «gente». Su predicamento es una consecuencia del éxito de la comunidad científica en tomar lo que de hecho son expresiones humanas y convertir algunas de ellas en «conocimiento público» consensuado. Los estilos del artículo de revista y del libro de texto fueron y son importantes en este proceso de conversión, pero no son ni apropiados ni necesarios como medio fundamental de comunicación en la escuela. Un uso más frecuente del lenguaje humano ordinario, incluyendo relatos o narraciones, permitiría, a un mayor número de estudiantes, el acceso a la ciencia y a un conocimiento más exacto de cómo trabajan los científicos.

1. El uso de la imagen de los fuelles de agua con sus válvulas (de piel) proviene de las notas de una lección que Harvey escribió en 1616 y que son citadas por Eric Neale (1975) en *William Harvey and the Circulation of the Blood* (London, Priority). La mayoría de las frases citadas son del capítulo 8 de Harvey 1628 - traducción inglesa de R. Willis (1847; repr. 1965 por Johnson Reprint Corp.). *The Works of William Harvey*.

Referencias bibliográficas

- AIKENHEAD, G.S.; RYAN, A.G. (1992): «The development of a new instrument: Views on Science Technology and Society (VOSTS)» en *Science Education*, vol. 76, n. 5, pp. 477-491.
- BARNES, D. (1976): *From Communication to Curriculum*. Harmondsworth. Penguin.
- BAZERMAN, C. (1988): *Shaping Written Knowledge - the Genre and Activity of the Experimental Article in Science*. Universidad de Wisconsin Press.
- BENTON, P. (1980): «Writing how it is received» en C.R. Sutton (ed.), *Communicating in the Classroom*. Londres. Hodder and Stoughton.
- DEAR, P. (ed) (1991): *The Literary Structure of Scientific Argument*. Filadelfia. Universidad de Pensilvania.
- DRIVER, R.; LEACH, J.; SCOTT, P.; MILLAR, R. (1993): «The fact-finder frictions» en *Times Educational Supplement* 31 diciembre 1993 (reedición 28 enero 1994).
- DRIVER, R.; LEACH, J.; SCOTT, P.; MILLAR, R. (1994): *Students' Understanding of the Nature of Science*, Working Papers 1 to 11. Leeds. Centre for Science and Mathematics Education. Universidad de Leeds.
- DUSCHL, R.A. (1988): «Abandoning the scientific legacy of science education» en *Science Education*, vol. 72, n. 1, pp. 51-62.
- DUVEEN, J.; SCOTT, L.; SOLOMON, J. (1993): «Pupils' understanding of science: description of experience or a passion to explain?» en *School Science Review*, vol. 75, n. 271, pp. 19-27.
- FARADAY, M. (1845): «In a letter to C.F. Schoenbein of Basle in Switzerland» [citado en L.P. Williams *Michael Faraday. A Biography* (1965) Nueva York. Basic Books, 443].
- FLECK, L. (1935/1978): *Genesis and Development of a Scientific Fact*. Escrito por Fleck en 1935. La traducción al inglés por Thaddeus Tren fue publicada en 1978 por la Universidad de Chicago Press, con un prefacio de E.S. Kuhn.
- HALL, M.B. (1965): *Robert Boyle on Natural Philosophy: an Essay with Selections from his Writings*. Indiana University Press, 381.
- HARVEY, W. (1628): *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus*.
- HODDSON, D. (1988): «Toward a philosophically more valid science curriculum» en *Science Education*, vol. 71, n. 1, pp. 19-40.
- KELLY, G.J.; CARLSEN, W.S.; CUNNINGHAM, C. M. (1993): «Science education in sociocultural context: perspectives from the sociology of science» en *Science Education*, vol. 77, n. 2, pp. 207-220.
- KOULAIDIS, V.; OGBORN, J. (1989): «Philosophy of science: an empirical study of teachers' views» en *International Journal of Science Education*, vol. 11, n. 2, pp. 173-184.
- LAKIN, S.; WELLINGTON, J. (1991): «Teaching the Nature of Science: a Study of Teachers' Views of Science and their Implications» en *Science Education*. Sheffield. Division of Education, Universidad de Sheffield.
- LAKIN, S.; WELLINGTON, J. (1994): «Who will teach the «nature of science»? teachers' views on science and their implications for science education» en *International Journal of Science Education*, vol. 19, n. 2, pp. 175-190.
- LEMKER, J. L. (1990): *Talking Science: Language, Learning and Values*. Norwood. N.J. Ablex, pp. 133-134.
- MILLAR, R. (1989): *Doing Science: Images of Science in Science Education*. Lewes. Falmer Press.
- MYERS, G. (1992): «Textbooks and the sociology of scientific knowledge» en *English for Specific Purposes*, vol. 11, n. 3, pp. 3-17.
- NADEAU, R.; DESAUTEIS, J. (1984): *Epistemology and the Teaching of Science*. Ottawa. Concilio de Ciencia de Canada.
- NOTT, M.; WELLINGTON, J. (1993): «Your nature of science profile: an activity for science teachers» en *School Science Review*, vol. 75, n. 270, pp. 109-112.
- POMEROY, D. (1993): «Implications of teachers' beliefs about the nature of science» en *Science Education*, vol. 77, n. 3, pp. 261-278.
- RYAN, A.G.; AIKENHEAD, G.S. (1992): «Students' preconceptions about the epistemology of science» en *Science Education*, vol. 76, n. 6, pp. 559-580.
- SELELY, N. (1989): «Philosophies of science and their relationship to scientific process and the science curriculum» en J. Wellington, *Skills and Processes in Science Education*. Londres. Routledge.
- SHAPIN, S.; SCHAFFER, S. (1985): *Leviathan and the Air Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*. Princeton. Princeton University Press.

Aldo Borsese
Universidad di Genova. Centro
interdepartimentale per la
Ricerca Didattica

El objetivo de esta contribución es subrayar la importancia del elemento lingüístico en el aprendizaje y la conveniencia de que este elemento no venga impuesto supra-estructuralmente, sino que se desarrolle y se defina paralelamente con los conocimientos a los que da acceso.

Para ello, primero hay que precisar cuáles son las condiciones que debe satisfacer un lenguaje para resultar adecuado a las exigencias del sector disciplinario que se intenta transferir y establecer sobre qué principios generales es necesario fundamentar el lenguaje utilizado. Si se trata, por ejemplo, de la enseñanza de una disciplina científica habrá que particularizar el ángulo específico con que dicha ciencia ve la realidad.

Voy a referirme, en particular, a la química y utilizaré ejemplos químicos y el lenguaje químico para intentar dar alguna indicación metodológica útil para reducir el riesgo de discontinuidad en la comunicación en la escuela. Tal riesgo está siempre presente en cualquier proceso de enseñanza-aprendizaje. Un objetivo fundamental a conseguir en la escuela debería ser proporcionar una comunicación que sepa adaptar el lenguaje a la copacidad efectiva de recepción, es decir, de comprensión de los alumnos y alumnas.

El lenguaje de la química

La química estudia la estructura y las propiedades de la materia y las relaciones entre estructura y propiedades. Su finalidad es la de estudiar, planificar, controlar el curso de los fenómenos que involucran la materia. El lenguaje químico deberá, por ello, poseer un carácter fundamentalmente desingnativo.

Para separar la materia, de modo que se pueda distinguir, la química efectúa un análisis de tipo microscópico que llega hasta el nivel atómico. Por tanto, en química, los «objetos» son distintos según la naturaleza de los átomos que los constituyen.

Desde este punto de vista, los objetos pueden estar constituidos por átomos todos iguales o por átomos distintos y, en caso de estar constituidos por átomos distintos, éstos pueden dar lugar a nuevas entidades dotadas de vida autónoma, o bien estar simplemente mezclados, sin interactuar apreciablemente entre ellos.

La operación de designación lingüística tiene lugar a distintos niveles: del designante de un grupo muy amplio al designante de grupos más circunscritos hasta los designantes que individualizan a cada uno de los objetos. Por otra parte, esta actividad de dar un nombre a las cosas y, por tanto, individualizarlas con el objetivo de analizar la realidad, de registrarla, codificarla y convertirla en un elemento de pensamiento y comunicación es una operación fundamental para una formulación correcta de la investigación científica.

Nota de la editorial

SUTTON, C.R. (1992): *Words, Science and Learning*. Buckingham. Open University Press.

SUTTON, C.R. (1993): «Figuring out a scientific understanding» en *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 30, n. 10, pp. 1215-1227.

SUTTON, C.R. (1994): «Nullius in verba and nihil in verbis: public understanding of the role of language in science» en *British Journal for the History of Science*, vol. 25, pp. 55-64.

TYNDALL, J. (1863): *Heat Considered as a Made of Motion*. Londres. Longman, Green, Longman, Roberts and Green, 63.

VICKERS, B. (1987): *English Science, Bacon to Newton*. Cambridge. Cambridge University Press.

WATTS, M.; BENTLEY, D. (1994): «Humanising and feminising school science: re-viving anthropomorphic and animistic thinking in constructivist science education» en *International Journal of Science Education*, vol. 16, pp. 83-97.

(*) Artículo traducido con la autorización expresa del editor de la siguiente fuente: «Beliefs about science and beliefs about language» en *International Journal of Science Education*, 1996, vol. 18, n. 1, pp. 1-18
Traducción: Aureli Caamaño

Normas para la publicación de artículos en ALAMBIQUE

Los trabajos pueden hacer referencia a cualquier tema de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias experimentales y a cualquier nivel de educación (desde infantil hasta enseñanza universitaria).

Los artículos han de ser inéditos. Se admiten dos tipos de artículos: trabajos de hasta 7 folios de extensión (de 30 líneas x 70 caracteres cada uno), y notas o flashes de uno o dos folios que hagan referencia bien a una experiencia puntual, a una forma original de abordar un trabajo, a una actividad particular. En ambos casos es esencial que se especifiquen las condiciones concretas en las que se ha realizado el trabajo: nivel, centro, duración y, en general, todo lo que favorezca su contextualización. Se entregarán en papel y se añadirá una copia en disquet (muy importante: únicamente pueden presentarse en los programas Wordperfect y Wordstar para PC o Word y Macwrite para Macintosh). Se pueden adjuntar fotografías, esquemas, trabajos de alumnos... que ilustren o hagan más comprensible el contenido del texto. También deberán incluir un resumen, en 7 o 8 líneas, del contenido del artículo.

Si se adjuntan notas o citas bibliográficas han de ser las estrictamente necesarias y se han de referenciar al final del artículo. La bibliografía debe ser de utilidad pedagógica y hay que citarla de la siguiente manera:

APELLIDOS. Nombre (año de edición). Título del libro subrayado. Ciudad de edición. Editorial. (Colección, si tiene).

Los artículos hay que referenciarlos de la siguiente manera:

APELLIDOS. Nombre (año). «Título del artículo» entre comillas, en Revista en la que se ha publicado, subrayada, número de la revista, páginas que ocupa el artículo.

El autor/a debe dar los datos personales siguientes: referencia profesional, dirección y teléfono personal y del trabajo. En el caso de trabajos colectivos, se referenciarán los datos de todos los autores/as.

La redacción de la revista determinará, en un plazo de tres meses aproximadamente, la conveniencia o no de su publicación. En este momento se informará al autor o autora sobre la aceptación del original o sobre la posible fecha de publicación o se sugerirán posibles cambios o ampliaciones para que el artículo se adecue a la orientación de la revista. Cuando un artículo está aceptado por la redacción, los autores o autoras deben retirar lo de las otras publicaciones a las que lo hayan enviado.