



# *L*a enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela primaria *Lecturas*



PROGRAMA NACIONAL DE ACTUALIZACIÓN PERMANENTE





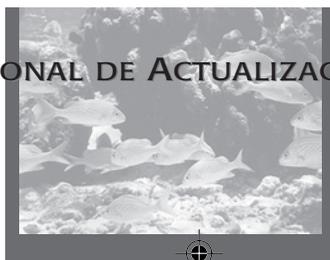


# La enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela primaria

*Lecturas*



PROGRAMA NACIONAL DE ACTUALIZACIÓN PERMANENTE



*La enseñanza de las Ciencias Naturales en la escuela primaria. Lecturas* fue elaborado en la Dirección General de Materiales y Métodos Educativos de la Subsecretaría de Educación Básica y Normal.

**Coordinación general**

Noemí García García  
María Teresa Guerra Ramos

**Compiladores**

Noemí García García  
María Teresa Guerra Ramos  
Julián Maldonado Luis  
Ana Lilia Romero Vázquez

**Supervisión general**

Elisa Bonilla Rius  
Armando Sánchez Martínez

**Colaboración**

Alicia Bello Quintos  
Socorro Oliva Alarcón Landa

**Coordinación editorial**

Elena Ortiz Hernán Pupareli

**Cuidado de la edición**

José Manuel Mateo Calderón  
Leopoldo Cervantes-Ortiz

**Supervisión técnica editorial**

Alejandro Portilla de Buen

**Diseño y formación**

Julián Romero Sánchez  
Jacqueline Velázquez

**Ilustraciones**

Manuel Soler

D.R. © Secretaría de Educación Pública, 2001  
Argentina 28, Centro,  
06020, México, D.F.

ISBN 970-18-6663-0 (Obra general)  
970-18-6664-9

Impreso en México  
DISTRIBUCIÓN GRATUITA-PROHIBIDA SU VENTA



# Presentación



La Secretaría de Educación Pública ha elaborado el presente material, que forma parte del paquete didáctico del curso nacional de actualización La Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Primaria destinado a los maestros frente a grupo, directivos y personal de apoyo técnico pedagógico de ese nivel educativo.

Los cursos nacionales forman parte del Programa Nacional para la Actualización Permanente de los Maestros de Educación Básica en Servicio, el cual desarrollan conjuntamente la SEP y las autoridades educativas de los estados; su propósito es apoyar al personal docente en la puesta al día de sus conocimientos y en el fortalecimiento de sus recursos didácticos, para que alcancen una mayor calidad en el desarrollo de su ejercicio profesional.

Los paquetes didácticos son el principal medio para que los maestros de los distintos niveles, grados y asignaturas de educación básica, realicen con éxito el estudio de cursos relacionados con la aplicación de los planes vigentes de educación básica.

Los maestros podrán utilizar estos materiales de diversas maneras, conforme a sus preferencias y al tiempo del que dispongan: podrán estudiar sistemáticamente de manera individual; organizar grupos autónomos con sus compañeros de trabajo; solicitar el servicio de asesoría en el Centro de Maestros más cercano; o bien, combinar todas o algunas de estas formas para obtener mayor provecho del curso.

Este volumen de lecturas complementa el trabajo con el curso y será útil para que el maestro profundice en el conocimiento de los temas y contenidos del mismo.

El curso La Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Primaria, al igual que los otros cursos nacionales, se acredita por medio de un examen elaborado bajo criterios objetivos, estandarizados y de validez nacional. Cada profesora o profesor podrá presentar, hasta en tres ocasiones, dicho examen, con el propósito de mejorar su aprendizaje y, en consecuencia, su desempeño docente. Los maestros que así lo deseen podrán solicitar que la constancia de acreditación les sea tomada en cuenta para la Carrera Magisterial.

La Secretaría de Educación Pública y las autoridades educativas confían en que este material corresponda a los intereses y las necesidades reales de los maestros en servicio y que sea de utilidad para elevar la calidad de la educación que reciben las niñas y los niños mexicanos.

Secretaría de Educación Pública





# Índice

.....

## Introducción

La mitología de la ciencia <i>Ruy Pérez Tamayo</i>	11	La necesidad de innovaciones en la evaluación <i>Daniel Gil y Miguel de Guzmán</i>	81
La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal. Argumentos a su favor <i>Laura Fumagalli</i>	21	Género y sexualidad <i>Anthony Giddens</i>	89
Valores, actitudes y habilidades necesarios en la enseñanza de las ciencias y su relación con el desarrollo cognitivo de los alumnos de educación básica <i>SEP</i>	33	Mas allá de la investigación del medio <i>Rafael Porlán Ariza y Pedro Cañal de León</i>	95
Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales <i>María Antonia Candela M.</i>	43	Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles <i>Carmen Gómez-Granell</i>	99
La interacción del profesorado y el alumnado <i>Carmen Fernández, Isabel Porta Manuela Rodríguez, Rosa María Tarín y Nuria Solsona</i>	47	Libros de texto y estilos de docencia <i>Julio César Gómez Torres</i>	115
Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias <i>Rosalind Driver, Edith Guesne y Andrée Tiberghien</i>	55	Observación y comunicación <i>Wynne Harlen</i>	117
El lenguaje en la clase de ciencias <i>Beverly Bell y Peter Freyberg</i>	63	De la lección escrita al salón de clase <i>María Antonia Candela M.</i>	123
La curiosidad <i>André Giordan y Gérard de Vecchi</i>	71	Las ideas previas, la experimentación y el material informativo <i>Graciela Caironi</i>	131
Comentarios de un maestro sobre una visita con sus alumnos al mercado <i>Javier Hernández</i>	79	¿Por qué investigar en el aula? <i>J. Eduardo García y Francisco F. García</i>	135
		La enseñanza por proyectos: ¿mito o reto? <i>Aurora LaCueva</i>	141





## Introducción



Este libro de lecturas forma parte del paquete didáctico del curso de actualización La Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Escuela Primaria, del Programa Nacional de Actualización de los Maestros de Educación Básica en Servicio (Pronap). Tiene la finalidad de proporcionar la información necesaria para el desarrollo de las actividades del curso y de favorecer una mejor comprensión del enfoque didáctico de los programas vigentes de Ciencias Naturales. Entre los textos incluidos pueden encontrarse capítulos de libros y artículos, tanto de autores nacionales como extranjeros.

El orden en que se presentan las lecturas corresponde al que siguen las actividades de la guía de estudios. Para lograr un mejor aprovechamiento de este libro de lecturas se recomienda:

- Realizar las actividades de reflexión y análisis propuestas en la guía de estudio.
- Identificar las ideas centrales de las lecturas y anotarlas.
- Elaborar un glosario con los términos desconocidos o relevantes.
- Comentar las lecturas con otros maestros y con el asesor del curso.

Esta selección representa un esfuerzo por proporcionar a los maestros de educación primaria textos actuales, accesibles y amenos relacionados con las ciencias naturales y su enseñanza que ayuden a propiciar la reflexión sobre la labor docente a la vez que afianzan la formación académica y pedagógica.





## La mitología de la ciencia



Ruy Pérez Tamayo



En las páginas siguientes me refiero a algunos de los muchos mitos que se han construido alrededor de la ciencia y de los científicos. En relación con la ciencia, no son nada más los ajenos a tal profesión los que han contribuido a envolverla en un apretado tejido de fantasías, pues también ciertos hombres de ciencia, no acostumbrados al pensamiento filosófico, han contribuido a través del tiempo a decorar de manera caprichosa el manto fantástico que esconde a su actividad cotidiana. Por otro lado, en flagrante contraste con el *Famoso traje nuevo del emperador*, la mitología mencionada envuelve, oculta y deforma tanto a los hombres como a las mujeres de ciencia; cuando logramos verlos, aunque sea por pocos momentos, están tan íntimamente compenetrados por tantas historias y leyendas que más bien parecen caricaturas o cuentos de niños. Naturalmente, algo similar sucede con la aviación y los pilotos, con la literatura y los poetas, o con la música y los músicos. Creo que una de las más benditas cualidades del *Homo sapiens* es su capacidad para la fantasía, que le permite sobrevivir llenando buena parte de su inmensa ignorancia con su imaginación. Lo que me anima es la convicción de que el hombre sólo alcanza la madurez responsable cuando aprende a distin-

guir entre la fantasía y la realidad (conste que no dije “a sustituir a la fantasía por la realidad”, porque no sólo sería trágico sino además, creo, imposible).

### El sabio distraído

Uno de los mitos más generalizados sobre los científicos es que se trata de sujetos de comportamiento excéntrico desconectado de la vida que les rodea y dirigido a alcanzar metas que los demás no ven, y cuando las ven les parecen superfluas o ridículas. Me refiero al *sabio distraído*. No puedo negar que tal personaje existe, pues en los cuarenta años que llevo de vivir en el mundo de la ciencia he tenido la fortuna de conocer a uno. Me refiero a Norbert Wiener, el genio matemático de nacionalidad estadounidense, que colaboró con el famoso fisiólogo mexicano Arturo Rosenblueth en varios trabajos clásicos de singular importancia, incluyendo la descripción de la cibernética. En la década de los cuarenta, Wiener vino varias veces a México a trabajar con Rosenblueth, en el Departamento de Fisiología del Instituto Nacional de Cardiología. Era un sujeto pequeñito en sentido vertical pero generoso en todas las direcciones, con bigote y corta barba blancos, grandes ojos azules, y



Tomado de *Cómo acercarse a la ciencia*, México, Conaculta-Limusa, 1996, pp. 123-147.





## La enseñanza de las ciencias naturales

gruesos y todavía más grandes anteojos, eternamente deslizándose por la pendiente de su exigua nariz. Caminaba contoneándose como pingüino por los pasillos del Instituto, rígido y erguido, con la cabeza echada hacia atrás como si tratara de compensar su visión miope a través de los cristales de sus anteojos, que se le escapaban hasta la punta de la nariz; hablaba un español inteligible pero entrecortado, y poseía el trato más suave, cortés y gentil que muchos de sus interlocutores ocasionales hubiéramos experimentado. Un mediodía me encontré de pronto con él, en un recoveco del Instituto; después de los saludos y los comentarios amables que siempre hacía, me sorprendió al preguntarme: “Ahora que nos encontramos, yo ¿iba o venía?”, y con su dedo índice señalaba en dirección al comedor de médicos del Instituto. “Doctor Wiener —le dije respetuosamente— usted venía...” “¡Ah! —exclamó con gran satisfacción—, entonces ya comí...”

Pero hasta donde yo recuerdo, el doctor Wiener ha sido el *único* hombre de ciencia, de *todos* los que he conocido en mi vida, a quien el título de sabio distraído no le hubiera quedado mal. Debo aclarar que gracias a los cuarenta años dedicados al cultivo del campo híbrido del conocimiento (la biomedicina), he tenido la oportunidad de entrar en contacto con un número respetable de científicos en varias partes del mundo occidental, y que además conozco personalmente a muchos miembros de nuestra pequeña comunidad científica mexicana y que entre todos ellos, los sabios distraídos brillan por su ausencia. He conocido todo tipo de científicos: aficionados al toreo, ajedrecistas (tanto excelsos como *maletas*), melómanos, don juanes, paranoicos, políticos, tenistas, poetas, pianistas, enólogos expertos, magos frustrados, coleccionistas de ranas, pintores, traductores de Nabokov, historiadores, ratones de biblioteca, farsantes, literatos, millonarios, egiptólogos, violinistas, charros, filósofos y todavía otras cosas más. Pero sólo he conocido a un sabio distraído: el doctor Wiener.

Lo anterior significa que los hombres de ciencia no son, por el simple hecho de serlo, distintos de los demás miembros de la especie *Homo sapiens*. Estoy absolutamente seguro de que también debe haber poetas, beisbolistas y burócratas distraídos, aunque no han trascendido como parte de sus correspondien-

tes estereotipos. ¿Por qué, entonces, se ha creado el mito del sabio distraído y no el del bombero o el del periodista distraídos? ¿Qué cosa tiene la ciencia que ha favorecido el surgimiento y la perpetuación de dicho personaje, a pesar de que no existe en mayor proporción entre sus practicantes que en el resto del género humano? Creo que la respuesta es bien sencilla: el trabajo científico exige un alto grado de concentración en lo que se está haciendo, demanda la utilización al máximo de todas las facultades intelectuales que posea el individuo durante todo el tiempo que invierta en él para hacerlo bien. En claro contraste con otras ocupaciones, la investigación científica requiere una educación especializada, que dura muchos años y que enseña a sustraerse de distracciones mientras se está haciendo ciencia. Por eso es que el investigador puede parecerle distraído al que lo observa mientras trabaja; la realidad es exactamente la opuesta, el hombre de ciencia está bien concentrado en su interés. Mi conclusión es que en lugar de haberse creado el mito del sabio distraído, debió crearse el del sabio atento, que reflejaría de manera mucho más cierta la realidad. Pero entonces ya no sería un mito.

## El mago maravilla

Con frecuencia se señala que la ciencia y la tecnología son la octava maravilla del mundo; naturalmente, no se afirma que en la actualidad hay otras siete maravillas todavía más maravillosas que la ciencia y la tecnología, sino de las famosas siete maravillas del mundo antiguo, que existieron (o no) en tiempos en que no había ciencia. Yo estoy convencido de que en nuestra era, la ciencia y la tecnología son la primerísima maravilla; de hecho, es gracias a ellas que existe lo que llamamos el mundo moderno y es por medio de ellas que se caracteriza. Recordemos que desde los inicios de la historia hasta el final del helenismo, lo que caracterizó al mundo occidental fue la filosofía, mientras que a partir del siglo II de nuestra era y hasta principios del siglo XVI, el espíritu que prevaleció fue el religioso. Con el renacimiento se inicia también la revolución científica, cuya poderosa influencia transformó a la Edad Media no sólo radicalmente sino a una velocidad cada vez más acelerada. Un campesino de Bohemia del siglo IX vivía en el mismo



## La mitología de la ciencia



Paul Dirac (1902-1984) y Werner Heisenberg (1901-1976), físicos inglés y alemán, respectivamente, que hicieron aportaciones fundamentales a la mecánica cuántica; Dirac ganó el premio Nobel en 1933 y Heisenberg en 1932.

sitio y hacía casi exactamente lo mismo todos los días del año que su tatarabuelo dos siglos antes y su tataranieta dos siglos después. En cambio, para los que nacieron con el siglo xx la vida se transformó de tal manera que al cumplir 50 años de edad hasta el tiempo y el espacio ya eran totalmente distintos. Por ejemplo, cuando nació mi madre (tiene 83 años de edad) no había radio ni mucho menos televisión, ni automóviles ni tranvías ni aviones; tampoco banquetas ni calles pavimentadas, ni semáforos ni policía de tránsito, no había armas automáticas ni metralletas ni misiles intercontinentales, no había motores de gasolina o diesel ni gasolineras ni contaminación; tampoco había Coca-Cola, tortilladoras mecánicas, chiles enlatados, penicilina, insulina, cortisona, vacuna triple, antidepresivos, espasmolíticos; y desde luego, no había sida. El mundo moderno es, pues, científico, y va a seguirlo siendo, cada vez más, por una larga temporada.

Algunas de las conquistas de la ciencia asombran, sobre todo cuando se tiene la preparación suficiente para entender cómo funcionan, en vista de que la rea-

lidad puede ser mucho más compleja que la fantasía. Un ejemplo son los rayos x, que de un fenómeno mal conocido a principios de siglo se ha transformado en uno de los instrumentos más poderosos para la exploración interna no instrumental de los pacientes, y que ahora con las técnicas de computación ha multiplicado cientos de veces su utilidad. Pero cuando se tiene la preparación suficiente, las maravillas científicas pueden cruzar el ámbito de la racionalidad y considerarse como mágicas; en este caso, por extensión los hombres de ciencia pueden llegar a verse como magos.

Esta manera de contemplar la ciencia no es nada nuevo. Se ha dicho reiteradamente que los magos medievales, los alquimistas y los astrólogos fueron los antecesores de los científicos modernos, y que sus cuevas y sótanos secretos, llenos de alambiques y retortas, de astrolabios y polvos misteriosos, los predecesores de los laboratorios de hoy. Desde luego, la imagen es atractiva y no totalmente errónea, aunque la relación entre los alquimistas y los científicos contemporáneos es más bien tenue y nada tiene que ver con sus actividades profesionales. Pero las diferencias son radicales y mantienen a los alquimistas tan lejos de los científicos como en nuestros tiempos se encuentra de ellos el propio mago maravilla.

La magia se distingue de la ciencia en que opera en el ámbito de la irracionalidad y de la causalidad; un hecho mágico es aquel que ocurre cuando se suspenden las leyes de la naturaleza. Sacar un conejo de un sombrero es un acto muy socorrido por los magos, pero no es mágico; es un simple truco de prestidigitación. Pero para los que no se dan cuenta del truco, el mago es capaz de violentar la realidad sacando un conejo de un sombrero que a ojos de todos estaba completamente vacío. En cambio, la ciencia funciona dentro de la racionalidad y de la causalidad, en un ámbito en el que por no haber excepciones a las leyes de la naturaleza, los hechos científicos las obedecen infaliblemente. Cada vez que viajo en avión, cuando el aparato despegue de la pista e inicia su vuelo, me maravillo ante este triunfo de la ciencia y de la tecnología, pero sé lo suficiente del fenómeno para no considerarlo mágico.

Sin embargo, ni la ciencia es magia ni los científicos somos magos. Lo que hacemos en nuestros



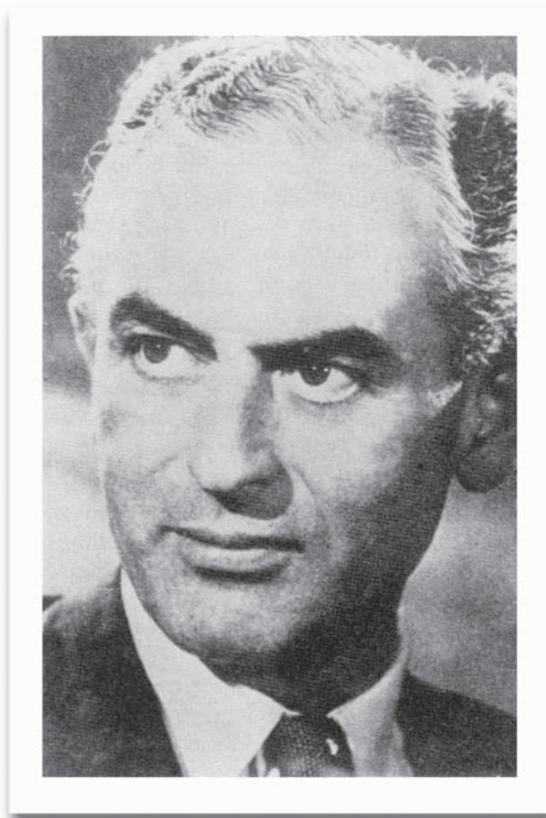
## La enseñanza de las ciencias naturales

cubículos y laboratorios, o en el campo de estudio, no es ni secreto ni misterioso, sino todo lo contrario. No se invocan poderes ocultos; se aplican los de la naturaleza y no se cuenta con la ayuda del “Maligno” sino con la crítica y el consejo de nuestros colegas; tampoco hay varita mágica ni polvos celestiales sino mucho trabajo y, a veces, algo de suerte. Pero además de éstas y otras muchas diferencias, los magos y los científicos tenemos una fundamental: el fin al que deseaban llegar los alquimistas era la transmutación de los metales, la conversión de metales baratos y abundantes en oro. Nunca lo lograron. En cambio, los científicos no sólo han logrado la transformación de un elemento en otro, sino que todos los días realizan una transmutación mucho más importante, que es convertir una pequeña parte de nuestra ignorancia en conocimiento. A primera vista, esta transmutación parece poca cosa, pero ha demostrado tener más fuerza que toda la magia de todos los magos del mundo.

### La ciencia es muy difícil

Éste es uno de los mitos más generalizados sobre la ciencia. Según él, la tarea del científico es ardua y compleja pues requiere muchos años de estudios profundos, de grandes conocimientos, de largas horas de trabajo ininterrumpido y, con frecuencia, de matemáticas de altos vuelos. Una forma frecuente de caricaturizar al hombre de ciencia es dibujando a un viejito perplejo frente a un pizarrón lleno con fórmulas matemáticas. El mito se extiende cuando considera al científico como un sujeto muy inteligente pero un tanto excéntrico, en vista de que hay otras muchas profesiones que no son tan difíciles ni exigen tanto trabajo y sacrificio. De hecho, no es raro que para subrayar la inteligencia de un sujeto dado alguien señale: “Hasta podía haber sido científico...” También se tiene la opinión generalizada que los hombres de ciencia trabajan mucho y muy duro, lo cual resulta en descuido frecuente de sus obligaciones familiares.

Como todos los mitos, el mencionado arriba tiene algo de verdad. “Cuando el río suena, agua lleva”, dice el refrán, y no hay duda de que dice bien. Pero también, como todos los mitos, la mayor parte está formada por exageraciones, fantasías y no pocas mentiras, con lo que habitualmente se llena el enorme



Peter Medawar (1915-1984), biólogo inglés, estableció la naturaleza inmune del rechazo de los trasplantes y produjo tolerancia inmunológica experimental por primera vez, lo que le valió el premio Nobel en 1961.

vacío de la ignorancia. En efecto, muy pocos científicos calificarían su ocupación como especialmente difícil o que exige demasiado trabajo; además, tampoco señalarían que para realizarla es indispensable una inteligencia elevada o excepcional, aunque seguramente estarían de acuerdo en que la debilidad mental congénita no ayuda. En lo que la inmensa mayoría de los investigadores estaría de acuerdo es en que su actividad profesional es interesante, atractiva, absorbente y hasta apasionante, y muy pocos (de hecho, yo no conozco a ninguno) dirían que su trabajo es aburrido y que hubieran preferido hacer otra cosa. Recuerdo haber tenido, hace muchos años, un buen amigo (un alto empleado en una agencia de publicidad y propaganda); como vivía en una casa cercana a la mía, adquirió la costumbre de visitarme en las noches, cuando después de cenar salía a pasear a su perro. Como casi siempre me encontraba trabajando, en más de una ocasión me comentó su extrañeza de que yo no hiciera lo que él hacía; al salir de su oficina



se olvidaba por completo de su trabajo hasta el día siguiente. “El trabajo es tan aburrido —me decía— que hasta tienen que pagarte para que lo hagas...” Para mi buen amigo el trabajo conservaba, remota pero visible, la mancha de la condena bíblica: *ganarás el pan con el sudor de tu frente*. Por la misma razón, no podía explicarse que a una persona normal le gustara su trabajo y disfrutara la actividad cuya única función era procurarle los recursos indispensables para poder hacer otras cosas; en otras palabras, que estuviera más interesada en el medio que en el fin. Todavía recuerdo su sorpresa cuando, invirtiendo su aseveración, le dije: “Mi trabajo no sólo es divertido sino que además me pagan por hacerlo”. Ésta es la diferencia más importante entre la ciencia como ocupación profesional, y muchas otras actividades laborales remuneradas, pues en la ciencia el trabajo no es una actividad desarrollada para obtener una recompensa, ni un medio para alcanzar un fin, sino un fin en sí mismo y la remuneración percibida por realizarla es una consecuencia natural y necesaria de ella, pero no su motivación principal o única.

Yo no creo que la labor científica sea una actividad humana especialmente difícil, pero sí que hay muchas otras infantilmente fáciles o hasta bobas, y que en comparación con ellas, la ciencia resulta complicada. Sin ánimo de ofender, considero que las ocupaciones de empleado bancario, diputado o sobrecargo de línea aérea, pueden ser desempeñadas sin el menor problema por individuos poseedores de la educación técnica necesaria, que no sólo es muy superficial sino también muy simple; de hecho, para dos de estos tres ejemplos ni siquiera es necesario saber leer y escribir, y para uno puede que hasta estorbe.

Otros tres ejemplos de ocupaciones profesionales serían: un extra de cine, un secretario de actividades sociales de algún sindicato o jugador profesional de fútbol. Para estos tres casos el analfabetismo no es obstáculo grave, aunque no cabe duda que los tres deben saber hacer algo bien, como seguir el guión de la película, alinearse con el secretario general o dar fuertes patadas a diestra y siniestra. En cambio, la labor científica es una actividad creativa que exige al individuo emplear al máximo todas sus facultades intelectuales durante todo el tiempo que esté ocupa-

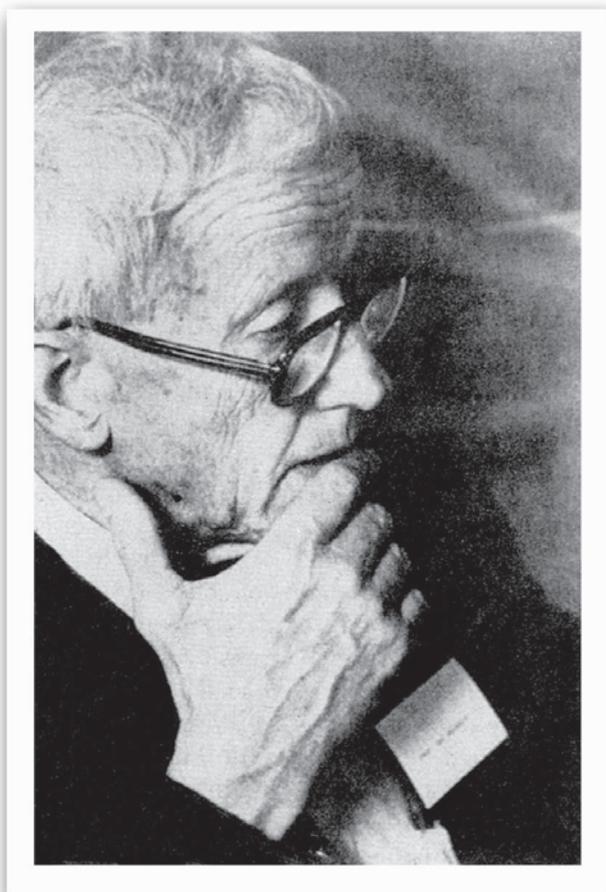
do en ella; además, para ser científico sí es indispensable saber leer y escribir.

Tampoco creo que la ciencia, como profesión, formalmente exija mayor número de horas diarias de trabajo que el periodismo, la venta de naranjas en el mercado de San Ángel o la dirección de una escuela secundaria. El trabajo científico está mucho más relacionado con la calidad que con la cantidad. Un admirable médico científico mexicano (maestro y amigo mío), el doctor Mario Salazar Mallén, una vez interrumpió, con suavidad, a un interlocutor que simultáneamente alababa la inteligencia y los arduos trabajos de cierto personaje, preguntando: “¿Si es cierto que el doctor x... era tan inteligente, por qué tenía que trabajar tanto?”. El mismo doctor Salazar Mallén decía que los buenos científicos se caracterizaban por su capacidad para hacer el trabajo de 12 meses en 10, y disfrutar de dos merecidos meses de vacaciones al año. Por otro lado, muchos de mis amigos científicos (y yo también) somos confesos y felices culpables de la acusación de invertir muchas más horas en nuestras actividades profesionales que los profesores de gimnasia, las operadoras de teléfonos y los lavadores de coches. Tal dedicación al trabajo no es ni esclavitud ni sacrificio; es la satisfacción más personal y más genuina que en nuestros días puede alcanzar el ser humano consciente de su papel en la sociedad y en la historia.

### La pobreza del científico

Es de la más elemental justicia iniciar estas líneas señalando que la pobreza económica de los hombres de ciencia no es un mito sino una dura y triste realidad. Lo que sí es un mito es el conjunto de *razones* que se han dado y se siguen dando para mantener a los científicos y a sus familiares en condiciones de gran debilidad económica. Tales *razones* no siempre son explícitas; más bien forman parte de antiguas tradiciones, más o menos ocultas en el folclor popular. Recuérdese aquel versito que dice:

Cuentan de un sabio que un día  
tan pobre y mísero estaba  
que sólo se alimentaba  
de los huesos que roía...



Max Delbrück (1906-1981), físico y biólogo alemán, uno de los padres de la biología molecular; introdujo el uso de los lagos (virus que infectan bacterias) para el estudio de los mecanismos moleculares de la reproducción; recibió el premio Nobel en 1968.

¿Por qué escogió el poeta al sabio como arquetipo de pobreza? ¿Por qué no al cartero, al músico o al jardinero? Seguramente no por razones de métrica, que tiene fácil arreglo, sino porque la igualdad *sabio = pobre* se acepta tradicionalmente. Pero además, yo he escuchado otras *razones* presentadas abiertamente para justificar las bajas remuneraciones concedidas a quienes nos dedicamos a la ciencia. A continuación voy a resumir tales mitos en tres apartados: 1) la ciencia como vocación, 2) la afluencia como distractor, y 3) la remuneración de lo importante.

#### La ciencia como vocación

Uno de los mitos más absurdos y perniciosos sobre la ciencia es que su desempeño requiere una vocación especial y una devoción comparable a la que poseen quienes deciden dedicarse a la vida religiosa; de he-

cho, no es raro que el paralelismo se use para describir el sesgo más sobresaliente del investigador científico. En algunos discursos (especialmente en los más cursis) dedicados a ensalzar a algún hombre de ciencia, frecuentemente hay frases como: "...su vocación lo llevó a renunciar a todo para entregarse a la ciencia...", o bien "... como para otros la religión, para él la ciencia fue su vida..." La verdad es que la ciencia, *qua* ciencia, no es algo que requiera o se beneficie con una devoción de tipo religioso. No hay ninguna razón por la que el científico deba estar imbuido del espíritu misionero para que su trabajo sea de excelencia; de hecho, una postura más realista y hasta un poco cínica es más recomendable, entre otras razones, por que le permite ser más crítico. La profesión de científico consiste en saber plantear y resolver problemas, es decir, en concentrarse en aquellas cuestiones de la naturaleza que estamos razonablemente seguros de poder entender, dados nuestros conocimientos actuales y nuestra imaginación. Y en nada de esto interviene el espíritu de misionero, que se siente impelido a actuar por un deber moral, aun en contra de sus muy personales intereses o gustos, generalmente considerados por él como malos o perversos. La investigación científica no necesita el sacrificio o la renuncia a una vida plena y llena de satisfacciones humanas, ni su importancia aumenta cuando la tradición y la ceguera obligan al hombre de ciencia a pagar ese precio por hacerla. Por el contrario, una vida sencilla pero libre de preocupaciones económicas podría permitir al investigador concentrar todas sus energías y su atención en los problemas que intenta definir y resolver, aumentando así sus probabilidades de éxito.

#### La afluencia como distractor

Otro de los mitos esgrimidos para justificar que la remuneración asignada a los investigadores científicos en nuestra sociedad debe ser tan pobre, se basa en suponer que de tener más recursos económicos podrían interesarse en actividades que los distraerían de su trabajo. Es mejor —según este mito— mantener a los hombres de ciencia en la penuria, pues de esta manera no podrán sucumbir a las tentaciones que los alejarían de sus laboratorios. Presentado de esta manera, el mito puede parecer grotesco, pero no por eso



es menos real; de hecho, se encuentra en el fondo de los nombramientos de tiempo *completo* o *exclusivo*, que a pesar de lo limitado de sus beneficios económicos, obligan al científico a no desarrollar alguna otra actividad remunerada, ni siquiera en su tiempo libre. Por fortuna, la anticonstitucionalidad de tal intromisión en los derechos ciudadanos ya es conocida por muchos investigadores que en lugar de someterse a la grave insuficiencia económica a la que los condenan los sueldos de tiempo *completo* y *exclusivo*, han decidido no aceptar tal destino para ellos y sus familias, y fuera de sus horarios han ido encontrando otras formas de completar sus presupuestos.

En los últimos cinco años el gobierno mexicano percibió la enorme injusticia cometida con la comunidad científica y aceptó algo que ya se había propuesto formalmente desde hacía 20 años: el Sistema Nacional de Investigadores. Desafortunadamente, en los cinco años transcurridos desde su iniciación, la crisis económica hizo que las becas concedidas a los investigadores, con base en su excelencia académica individual, pasaran rápidamente de estímulo económico a complemento salarial, y de ahí a compensación insuficiente. En otras palabras, ese monstruo bicéfalo llamado inflación-devaluación se comió la modesta ventaja que trajo el SNI, por lo que los investigadores hemos regresado a nuestra antigua y bien conocida penuria financiera; tal es el triunfo del mito sobre la razón.

#### La remuneración de lo importante

Este mito es el más socorrido para justificar la pobreza económica de los hombres de ciencia. La sociedad —dice el mito— remunera a sus miembros según la importancia práctica de sus contribuciones a ella. Por eso está bien que un director general de cualquier dependencia del gobierno o los gerentes de las sucursales de los bancos, o los jefes de las oficinas administrativas, y hasta los diputados, tengan un sueldo mucho mayor que los profesores e investigadores universitarios y de otras instituciones de educación superior. Este mito se basa en la hipótesis (aceptada como un hecho por sus beneficiarios) de que los funcionarios políticos y administrativos desempeñan trabajos mucho más importantes para la sociedad que los hombres de ciencia. Con todo respeto, me parece

que este mito revela una inmensa estupidez histórica y una perversa ignorancia de la realidad actual; por desgracia, también creo que este mito persiste gracias a la paciencia, el aguante, y la antigua y generalizada actitud pasiva de mis colegas científicos.

#### La mitología de la ciencia

En su reciente revisión de una biografía del famoso físico Isidor I. Rabi, el historiador estadounidense Allan A. Needell se refiere a:

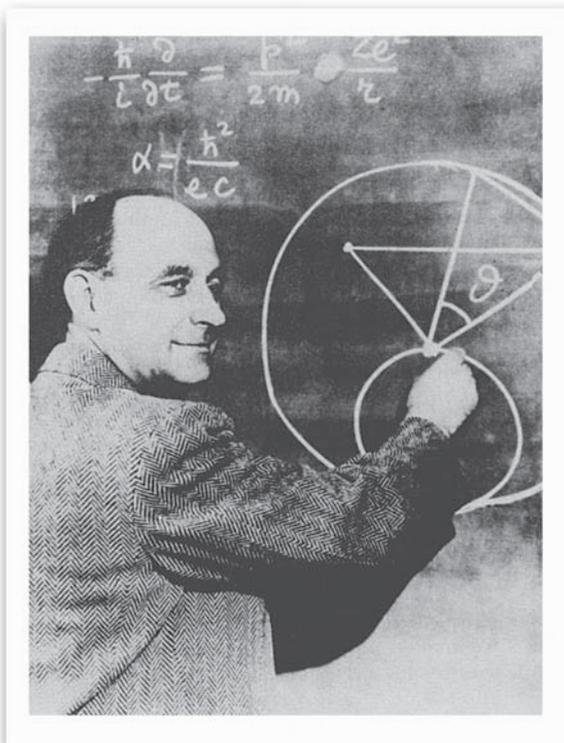
un muy poderoso mito moderno... que la ciencia se caracteriza esencialmente por sus métodos racionales y que el dominio de tales métodos confiere a quienes los practican una eficiencia especial en otras áreas del quehacer humano...

Needell agrega que establecer el contexto de la creación de tal mito, así como las funciones que desempeñó en ese entonces y desempeña actualmente, representa una tarea no sólo importante sino de gran interés. En estas líneas me propongo comentar tanto el concepto de la ciencia identificado como mitológico por Needell, como la postura filosófica que le permite hacer tal juicio y que, en mi humilde opinión, es el único y verdadero mito en todo este asunto.

El *mito de Needell* tiene dos componentes: 1) los métodos científicos son racionales, y 2) su práctica proporciona una posición ventajosa en campos distintos a la ciencia. Conviene examinar cada una de estas dos proposiciones por separado.

#### Los métodos científicos son racionales

Este concepto no es un mito sino una generalización que muy pocos investigadores activos estaríamos dispuestos a aceptar. Los hombres de ciencia tratamos de actuar racionalmente en todas nuestras actividades profesionales, pero tenemos conciencia de que para explorar y comprender la realidad, la razón es *necesaria* pero no *suficiente*. Las corazonadas, las ideas surgidas de repente, los accidentes felices en el laboratorio, las serendipias, las coincidencias inexplicables y otros tipos más de ocurrencias imprevistas, constituyen elementos de enorme importancia en la marcha cotidiana de la ciencia. Esto ha sido reco-



Enrico Fermi (1901-1954), físico italiano, precursor de muchos estudios fundamentales sobre la estructura del átomo, recibió el premio Nobel en 1938.

nocido por el filósofo Popper y sus seguidores como el componente principal en la elaboración de las hipótesis, y por el fisiólogo mexicano Rosenblueth como el aspecto *ilógico* de la ciencia. Debo señalar también la existencia de un grupo (no muy numeroso) de filósofos de la ciencia que se rehúsan a aceptar el elemento irracional en la investigación científica y que presentan argumentos muy persuasivos en su favor. Como quiera que sea, es falsa la aseveración de que la ciencia contemporánea postula que sus métodos son racionales; lo cierto hoy es que la gran mayoría de los verdaderos científicos activos deseamos ser lo más racionales posible, pero tenemos conciencia de que el mundo está hecho de otro modo y que una parte (variable según la ciencia de que se trate) de nuestras actividades todavía pertenece al rubro de lo *irracional*. Esta conclusión no me gusta, pues la siento contraria a mis ideas y a como quisiera que fueran las cosas, pero también me parece la más cercana a la realidad en que trabajo y vivo.

Lo anterior apoya que los científicos no pretendemos que la ciencia se caracterice por la racionalidad

de sus métodos. ¿De dónde sacó Needell esta idea? Según él, del libro que comenta, pero según yo, de su análisis de la situación contemporánea. Para Needell, el mundo se divide en dos clases: los que pretenden actuar en la realidad de acuerdo con sus luces y capacidades (los actores), y los que poseen la inclinación y los conocimientos para conocer y juzgar a los actores (los historiadores). Naturalmente, Needell no es un científico sino un historiador.

**La práctica de la ciencia confiere ventajas para actuar en otros campos de la actividad humana**

Ignoro de dónde haya conjurado Needell este fantasma; quizá de la famosa frase atribuida a Churchill, que los científicos deberían ser accesibles pero no deberían tener poder (*"scientists should be on tap but not on top"*) o quizá del celebrado juicio en que se le negó a Oppenheimer acceso a información clasificada sobre física atómica en los Estados Unidos. Como quiera que haya sido, el fantasma conjurado por Needell proclama que su eminencia científica lo capacita para emitir opiniones autorizadas y definitivas en muchos otros, o hasta en todos, los campos del saber, del actuar y del sentir humanos; en otras palabras, el mito que Needell identifica es el de que los científicos hemos propagado con éxito y hemos explotado la idea de que nuestra actividad profesional nos hace más perceptivos, más analíticos y más confiables en nuestros juicios y predicciones *extracientíficas* que el resto de la humanidad, incluyendo a los expertos en todos aquellos campos ajenos a la ciencia.

Aunque la corriente de pensamiento conocida como positivismo proclamó, a fines del siglo pasado y principios del nuestro, que la ciencia era la panacea universal, tal postura fue superada hace ya por lo menos una generación; por lo tanto, no creo que Needell (quien, repito, es un historiador) se refiera a ese episodio de la historia de la ciencia, que por otro lado es muy interesante. Más bien pienso que el comentario de Needell está dirigido a un fenómeno contemporáneo: la toma de conciencia por el público en general de la inmensa influencia que la ciencia y la tecnología tienen en casi todos los aspectos de la vida, lo que ha conferido a los responsables (científicos y tecnólogos) el papel en la sociedad que antes de la



..... **La mitología de la ciencia**

revolución científica desempeñaban los curas. Todos sabemos que, desde que existen, los religiosos *profesionales*, así como los sacerdotes de todas las religiones, han ejercido poderes no sólo sagrados sino también seculares; los ejemplos son muchísimos, pero basta mencionar a San Pedro, a cualquier papa medieval (digamos a León III), al Cardenal Richelieu, a Martín Lutero, al padre Escrivá de Balaguer, a Monseñor Rivera y Damas. En todos estos casos, y en muchísimos otros, que incluyen al cura más humilde del pueblito más remoto de nuestro país y de otros muchos países en el mundo occidental, se aceptaba y se sigue aceptando que la autoridad oficial religiosa irradiaba una sabiduría ilimitada (y por lo tanto, una autoridad absoluta) en todos los otros aspectos de la vida secular. La sustitución progresiva del fraile por el científico, que caracteriza al cambio del mundo medieval en moderno, ha ocurrido sin transformaciones demasiado agresivas en los elementos fundamentales: se conservan la vocación, el voto de pobreza, la

dedicación exclusiva, el contacto con un mundo secreto, la mística, un lenguaje esotérico e incomprensible para los no iniciados, y hasta un uniforme distintivo. Asimismo, se conserva la capacidad de opinar con autoridad en asuntos alejados o totalmente extraños a la ciencia.

¿Cuál es el mito y cuál es la realidad de la ciencia contemporánea? Desde luego, el concepto propuesto por Needell como mito es demasiado simplista, aunque no le falta razón. Ningún verdadero científico aceptaría que la ciencia es una actividad completamente racional, ni que su práctica lo convierte en un oráculo infalible. Pero creo que somos muchos los profesionales de la ciencia quienes creemos firmemente que nuestros trabajos aspiran a ser racionales; que estaríamos de acuerdo en que el ejercicio cotidiano de la racionalidad podría contribuir a inclinarnos con mayor simpatía a los aspectos de la vida extracientífica que nos parecen más racionales.







# La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal. Argumentos a su favor



Laura Fumagalli



## El porqué de esta postura

A pocos años del siglo XXI, parece al menos anacrónico argumentar a favor de la enseñanza de las ciencias naturales, en el nivel primario de la educación formal. Sobre todo si tenemos en cuenta que más de la mitad de los conocimientos que integran el *corpus* del saber científico actual se produjeron durante la segunda mitad del siglo XX, y que del total de científicos que en la historia del hombre se han dedicado a la investigación, 90% vive o vivió en igual periodo (Weissman, 1993). Sin embargo, existe una serie de razones que tornan actual esta argumentación y que justifican su tratamiento.

a) La vertiginosa producción de conocimientos científicos operada en la segunda mitad de este siglo coincidió temporalmente con el debate teórico en el área de la didáctica de las ciencias naturales, pues la enseñanza de dichas ciencias pasó a ser objeto de reflexión del campo teórico educativo de los países centrales sólo a partir de los años 50. Esto nos permite pensar que es un área teórica relativamente joven

y, que, en virtud de ello, presenta múltiples problemáticas que se hallan, aún hoy, en proceso de debate. Una de éstas es la referida a la enseñanza de las ciencias en el nivel primario de la educación, y el debate gira en torno de múltiples aspectos. Entre éstos, resulta central el relacionado con la posibilidad de enseñar ciencias en edades tempranas.

b) También en el citado periodo se produjeron teorías psicológicas que brindaron nuevos marcos explicativos del desarrollo cognitivo infantil y del proceso de aprendizaje. En particular resultan relevantes los aportes de las psicologías cognitiva y genética.<sup>1</sup>

Los pedagogos dedicados a la enseñanza de las ciencias tomaron los aportes provenientes de la psicología, aunque no siempre de modo feliz. En algunos casos, los conocimientos producidos desde la psicología fueron capitalizados para elaborar estrategias de enseñanza de las ciencias, acordes con el modo de entender la construcción del conocimiento por parte de los niños. Pero, en otros, actuaron como legitimadores de la imposibilidad de enseñar ciencias en edades tempranas. En este segundo caso, y según



Tomado de Hilda Weissman (comp.), *Didáctica de las ciencias naturales. Aportes y reflexiones*, Buenos Aires, Paidós, 1997, pp. 15-35 (Paidós Educador).

<sup>1</sup>Véanse Ausubel et al. (1978), Novack (1988), Inhelder (1975), Karmiloff Smith e Inhelder (1981), Piaget (1970 a y b, 1978, 1981).





## La enseñanza de las ciencias naturales

pienso, debido a interpretaciones erróneas de esas teorías psicológicas, adujeron que la complejidad del conocimiento científico estaba muy lejos de la capacidad de comprensión de los niños, y que por este motivo no sería posible el aprendizaje de las ciencias en edades tempranas.

c) El debate teórico y la implementación de numerosos proyectos de innovación de enseñanza de las ciencias,<sup>2</sup> que se produjeron en los países centrales en los últimos treinta años, se constituyeron en marcos de referencia desde los cuales repensar la problemática de la enseñanza de las ciencias en nuestro país. Sin embargo, su influencia en la práctica de la enseñanza ha sido escasa y ha quedado circunscrita a círculos restringidos de educadores preocupados por el tema. Particularmente en el caso de la educación primaria, son escasos los programas tendientes al mejoramiento de la enseñanza de las ciencias; los pocos que existen en la órbita oficial<sup>3</sup> constituyen experiencias recientes y relativamente aisladas en el panorama nacional. No contamos, por lo tanto, con un cuerpo de conocimientos que haya surgido como resultado de la implementación y evaluación de proyectos propios de renovación de enseñanza de las ciencias en el nivel primario de la educación. Nuestra tradición es hoy escasa y puntualmente referida a algunas experiencias surgidas más de la preocupación particular de algunos grupos de educadores que de políticas públicas de renovación de enseñanza de las ciencias.

d) Asistimos hoy, en nuestro país, a un hecho paradójico. Si bien en términos de discurso pedagógico prácticamente nadie niega la importancia social de acceder en el nivel básico de educación al conocimiento científico y tecnológico, en la práctica cotidiana de nuestras escuelas primarias éste aparece como el gran ausente, pues se sigue priorizando la enseñanza de las llamadas *materias instrumentales* (matemática y lengua). Por lo tanto, el conocimiento científico y tecnológico es minusvalorado de hecho en nues-

tra escuela primaria, y su enseñanza ocupa un lugar residual, sobre todo en el primero y el segundo ciclo, en los que llega a ser incidental. Si bien no he agotado las razones ni tratado profundamente cada una de las expuestas, considero que la enunciación realizada justifica que dedique algunas páginas a argumentar a favor de la enseñanza de las ciencias en el nivel primario de educación formal.

### ¿Por qué enseñar ciencias en la escuela primaria?

Habría diferentes líneas que permitirían responder a esta cuestión; no obstante, he elegido tres que considero centrales: a) el derecho de los niños a aprender ciencias; b) el deber social ineludible de la escuela primaria, en tanto sistema escolar, de distribuir conocimientos científicos en el conjunto de la población, y c) el valor social del conocimiento científico.

#### a) El derecho de los niños a aprender ciencias

Si algo debemos a la psicología cognitiva actual, y especialmente a la psicología genética, es que nos han aportado a los educadores información sobre el modo como los niños construyen conocimientos y significan el mundo. Gracias a esto, hoy sabemos que los niños no son adultos en miniatura sino sujetos que tienen un modo particular de significar el mundo que los rodea.

Cada vez que escucho que los niños pequeños no pueden aprender ciencias, entiendo que tal afirmación comporta no sólo la incomprensión de las características psicológicas del pensamiento infantil sino también la *desvalorización del niño como sujeto social*. En este sentido, parece olvidarse que los niños no son sólo "el futuro" sino que son "hoy" sujetos integrantes del cuerpo social y que, por lo tanto, tienen el mismo derecho que los adultos de apropiarse de la cultura elaborada por el conjunto de la sociedad para utilizarla en la explicación y la transformación del mundo que los rodea. Y apropiarse de la cultura elaborada es apropiarse

<sup>2</sup> Entre ellos cabe destacar los siguientes: Nuttfield y Science 5/13 del Reino Unido y PSCC, Chem Study, Project Physics, etcétera, en Estados Unidos.  
<sup>3</sup> Entre éstos se pueden citar el Proyecto de Mejoramiento de Enseñanza de las Ciencias en el Nivel Primario de Educación, Coordinación de Actividades Científicas, Sección de Cultura y Educación, Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires.



..... **La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal...**

también del conocimiento científico en tanto éste es parte constitutiva de dicha cultura.

No enseñar ciencias en edades tempranas invocando una supuesta incapacidad intelectual de los niños es una forma de discriminarlos como sujetos sociales. Y éste es un primer argumento para sostener el deber ineludible de la escuela primaria de transmitir conocimiento científico.

**b) La escuela primaria y la distribución social de conocimiento científico**

Este otro eje de argumentación reside en el papel social asignado a la escuela primaria en tanto sistema escolar de enseñanza. En el contexto actual, y debido al marcado carácter asistencial que asume nuestra educación primaria, hoy más que nunca es necesario hacer un replanteo crítico del papel social de la enseñanza escolar.

Respecto de esta temática, considero relevante el aporte efectuado al campo teórico educativo en la década del 80. En dicho periodo se formularon, tanto en los países centrales como en América Latina, nuevos modos de conceptualizar el papel social de la enseñanza escolar. Estos nuevos marcos teóricos,<sup>4</sup> en su conjunto, *revalorizaron el papel de la escuela en la distribución social de un corpus de contenidos culturales socialmente significativos*.

Luego de las críticas reproductivistas<sup>5</sup> efectuadas en la década del 70 al sistema escolar, las teorías de los años 80 significaron un movimiento de *retorno a la escuela*, pues sostuvieron que

la educación escolar tiene un papel insustituible en la provisión de conocimientos de base y habilidades cognitivas y operativas necesarias para la participación en la vida social, y en lo que significa el acceso a la cultura, al trabajo, al progreso y a la ciudadanía (Libaneo, 1984).

La escuela volvió a considerarse como la institución social encargada de distribuir en la población un *conjunto de contenidos culturales* que no son capaces de transmitir ni generar los grupos primarios,

tales como la familia, ni los medios de comunicación social ni el desarrollo espontáneo del niño en la vida colectiva (Pérez Gómez, 1992).

Ese conjunto de contenidos culturales que constituyen el *corpus* del conocimiento escolar es público,<sup>6</sup> en el sentido de que ha sido elaborado y sistematizado socialmente. Asignarle a la escuela el papel social de distribuir dichos contenidos supone reconocer que el lugar social de pertenencia, aunque fuente de producción cultural, no garantiza el acceso al conocimiento de la *cultura elaborada* por el cuerpo social. La escuela es por ahora el ámbito que podría posibilitar de manera adecuada este acceso.

El *corpus* de conocimientos de las ciencias naturales es parte constitutiva de la cultura elaborada; por lo tanto, es lícito considerarlo como contenido del conocimiento escolar.

Por otra parte, todos los sistemas escolares poseen niveles encargados de brindar educación básica. En nuestro país, es la escuela primaria (nivel primario de educación) la responsable de distribuir socialmente los contenidos de la cultura elaborada que formarán parte del capital cultural básico de la población. Como ya hemos dicho, la presencia de las ciencias naturales en este nivel de enseñanza es prácticamente inexistente.

¿Puede decirse que nuestro sistema escolar hace una distribución democrática de conocimientos cuando los niños que acceden a nuestras escuelas primarias tienen una escasa interacción con las ciencias? ¿Qué capital cultural básico estamos formando cuando en él es prácticamente nulo el lugar asignado al conocimiento de las ciencias naturales?

Si volvemos la mirada a nuestra escuela desde estos interrogantes, parece cada vez más legítima la preocupación que algunos educadores tenemos sobre la situación que hoy atraviesa la enseñanza de las ciencias en el nivel primario. Y, simultáneamente, se torna necesario apelar a una revalorización del papel social de la escuela primaria en el proceso de distribución de contenidos de la cultura elaborada, entre los cuales no pueden quedar excluidas las ciencias naturales.

.....

<sup>4</sup> Véanse Saviani (1981), Tedesco y otros (1983), Snyders (1978), Apple (1986), Braslavsky (1985), Libaneo (1984).

<sup>5</sup> Para ello véanse Baudelot y Establet (1975), Bordieu y Passeron (1977), Illich (1972), Althusser (1974).

<sup>6</sup> Véase Stenhouse (1985).

**c) El valor social del conocimiento científico**

Niños, jóvenes y adultos construimos en nuestra práctica social cotidiana un conocimiento del mundo que nos rodea. Este conocimiento cotidiano o del sentido común nos permite interactuar de un modo bastante eficiente con nuestra realidad natural y social.

Se podría argumentar que no es necesario acceder a un conocimiento científico de la realidad para interactuar con ella. Sin embargo, de lo que se trata es de la calidad de la interacción.

Parto de una valoración positiva del conocimiento científico, pues entiendo, como Fourez (1987), que dicho conocimiento puede posibilitar una participación activa y con sentido crítico en una sociedad como la actual, en la que el hecho científico está en la base de gran parte de las opciones personales que la práctica social reclama.

Si bien es poco probable que alguien niegue hoy el valor del conocimiento científico en la práctica social de los ciudadanos adultos, pienso que la controversia surge cuando se trata de conceptualizar dicho valor en relación con la práctica social de los niños. ¿Cabe definir entonces en qué sentido el conocimiento de las ciencias naturales es valioso desde el punto de vista social para un niño?

Al respecto dice Juan Manuel Gutiérrez Vázquez (1984):

Los niños demandan el conocimiento de las ciencias naturales porque viven en un mundo en el que ocurren una enorme cantidad de fenómenos naturales para los que el niño mismo está deseoso de encontrar una explicación, un medio en el que todos estamos rodeados de una infinidad de productos de la ciencia y de la tecnología que el niño mismo usa diariamente y sobre los cuales se pregunta un sinnúmero de cuestiones; un mundo en el que los medios de información social lo bombardean con noticias y conocimientos, algunos de los cuales son realmente científicos, siendo la mayoría supuestamente científicos pero en todo caso conteniendo datos y problemas que a menudo lo preocupan y angustian.

La decisión de responder a esta demanda supone valorizar la *práctica social presente* de los niños. Sos-

tengo que cuando enseñamos ciencias a niños en edades tempranas no estamos formando sólo “futuros ciudadanos” pues los niños, en tanto integrantes del cuerpo social actual, pueden ser *hoy* también responsables del cuidado del medio ambiente, pueden *hoy* actuar de modo consciente y solidario respecto de temáticas vinculadas al bienestar de la sociedad de la que forman parte.

Resalto el valor del conocimiento científico en la práctica social *presente* de los niños, porque considero que éste es un aspecto tristemente olvidado en el momento de justificar la enseñanza de las ciencias en edades tempranas. En general, se suele recurrir a argumentos paidocéntricos, de sesgo fuertemente individualista, por los que el niño queda reducido a un sujeto psicológico ahistórico y asocial. Cuando esto ocurre, se contribuye a la marginación de los niños en el entramado social.

Finalmente, esta valoración de los niños como sujetos sociales actuales no excluye el reconocimiento de que ellos serán los adultos de la sociedad futura. Por ello pienso que formando a los niños contribuimos también a la formación de futuros *ciudadanos adultos* responsables y críticos.

En este sentido, coincido con Hilda Weissmann (1993) cuando resalta que la formación científica de los chicos y jóvenes debe contribuir a la formación de futuros ciudadanos que sean responsables de sus actos, tanto individuales como colectivos, conscientes y conocedores de los riesgos, pero activos y solidarios para conquistar el bienestar de la sociedad, y críticos y exigentes frente a quienes toman las decisiones.

Derecho de los niños a aprender ciencias, deber social de la escuela primaria de transmitir las y valor social del conocimiento científico parecen ser razones que justifican la enseñanza de las ciencias naturales a niños en edades tempranas. Podría uno concluir entonces que es necesario enseñar ciencias naturales en dichas edades; sin embargo, ¿es posible que los niños las aprendan? Esta será la segunda cuestión a tratar.

**¿Pueden aprender ciencias naturales los niños que cursan la escuela primaria?**

Los niños ingresan en la escuela primaria alrededor de los 6 años y se espera que egresen aproximada-



..... **La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal...**

mente a los 12. Más de un enseñante de ciencias estaría tentado de afirmar que es muy poco probable que niños de esa edad puedan aprender conceptos científicos y, en el mejor de los casos, dejarían la enseñanza de dichos conceptos para los últimos grados de enseñanza primaria (niños de 11 y 12 años aproximadamente).

Evidentemente, la posibilidad de enseñar debe estar acompañada de la posibilidad de aprender; si esta última no existe, queda desvirtuada la enseñanza. En la introducción decíamos que algunos pedagogos sostienen la imposibilidad de enseñar ciencias a chicos en edades tempranas basándose en las características del desarrollo cognitivo infantil estudiadas y difundidas por la psicología genética. Ponen en duda que un niño que no ha construido aún una estructura formal de pensamiento pueda acceder a la comprensión de las teorías científicas.

Si bien este argumento parece consistente, considero que encubre dos cuestiones sobre las que basaré mi contraargumentación.

La primera de ellas se refiere a la caracterización del objeto de estudio, esto es, a la ciencia. Cuando se sostiene que los niños no pueden aprender ciencia se está identificando la *ciencia escolar* con la ciencia de los científicos.

Y la ciencia escolar no es la ciencia de los científicos, pues existe un proceso de transformación o *trasposición didáctica* del conocimiento científico al ser transmitido en el contexto escolar de enseñanza (Chevallard, 1985).

Al hablar de ciencia escolar intento discriminar un conocimiento escolar que, si bien toma como referencia el conocimiento científico, no se identifica sin más con él.

La segunda cuestión se refiere al lugar que se les asigna a las estructuras cognoscitivas en el proceso de aprendizaje escolar. Cuando los pedagogos señalan imposibilidades asociadas con la falta de pensamiento formal, suelen quedar atrapados en lo que Eleanor Duckworth (1978) formuló como un falso dilema, y que dio nombre al conocido artículo: "O se

lo enseñamos demasiado pronto y no pueden aprenderlo o demasiado tarde y ya lo conocen: el dilema de aplicar a Piaget", Considero que lo que aparece tergiversado aquí es el *contenido* del conocimiento escolar. La enseñanza escolar no debe estar dirigida a la construcción de estructuras cognoscitivas, pues, tal como lo ha mostrado la psicología genética, ellas se construyen espontáneamente en la interacción del sujeto con un medio social culturalmente organizado y sin que sea necesaria la intervención de la escuela. Estas estructuras marcan ciertas posibilidades de razonamiento y de aprendizaje; por lo tanto encuadran el trabajo escolar.

En el marco de sus estructuras de pensamiento, los chicos pueden adquirir saberes *amplios y profundos* sobre el mundo que los rodea. Se trata, pues, de lograr que construyan *esquemas de conocimiento*<sup>7</sup> que les permitan adquirir una visión del mundo que supere los límites de su saber cotidiano y los acerque al conocimiento elaborado en la comunidad científica.

En el nivel primario de educación, es posible ampliar y enriquecer o, en el mejor de los casos, relativizar las ideas espontáneas de los niños, de modo de lograr una aproximación a la ciencia escolar, todavía muy alejada de la ciencia de los científicos (Weissmann, 1993).

### **¿Qué pueden aprender los niños de la ciencia escolar?**

Esta pregunta nos remite a los *contenidos de enseñanza*. Cabe preguntarse entonces qué enseñamos al enseñar ciencia.

Este interrogante se responde, en parte, desde la concepción de ciencia que adoptemos. Cuando digo *ciencia* me refiero a tres de sus acepciones integradas y complementarias que son:

- a) Ciencia como *cuerpo conceptual de conocimientos*; como sistema conceptual organizado de modo lógico,

.....  
<sup>7</sup> Coll (1986) llama *esquema de conocimiento* a la representación que posee una persona en un momento dado de su historia sobre una parcela de la realidad. Esta representación puede ser más o menos rica en informaciones y detalles, poseer un grado de organización y coherencia interna variables y ser más o menos válida.



## La enseñanza de las ciencias naturales

b) ciencia como *modo de producción* de conocimientos, y

c) ciencia como *modalidad de vínculo* con el saber y su producción.

Las tres acepciones presentan a la ciencia como un cuerpo de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Este cuerpo de conocimientos actúa como referente en el momento de elaborar el *objeto a enseñar*, esto es, el momento de seleccionar los contenidos de la ciencia escolar.

La ciencia escolar, por lo tanto, está constituida por un cuerpo de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales<sup>8</sup> seleccionados a partir del cuerpo científico erudito. Tomamos como referente este conocimiento erudito y nos proponemos que los niños, a través de la enseñanza escolar, lleguen a obtener una visión conceptual, procedimental y actitudinal *coherente* con la científica.

La *categoría de contenidos conceptuales* engloba diferentes tipos: datos, hechos, conceptos y principios (Coll, 1987; Coll, Pozo y otros, 1992).

En la escuela primaria, a través de la enseñanza de estos contenidos, no esperamos ni nos proponemos lograr cambios conceptuales profundos, pero sí sabemos que es posible enriquecer los esquemas de conocimiento de nuestros alumnos en una dirección coherente con la científica.

La *categoría de contenidos procedimentales* engloba también diferentes tipos. Sin embargo, todos ellos constituyen cursos de acción ordenados y orientados a la consecución de metas (Coll, Pozo y otros, 1992). Estos cursos de acción no consisten sólo en acciones corporales efectivas sino también en acciones de naturaleza interna, esto es, acciones psicológicas.

La enseñanza de los contenidos procedimentales en el área de las ciencias naturales tiene una tradición que se remonta a la década del 60, periodo en el que surgen numerosos proyectos de innovación didáctica.

Estos proyectos, en su conjunto, proponían centrar la enseñanza en los procesos de investigación. El ob-

jetivo central era aprender a investigar, y se sostenía que la utilización de procedimientos de investigación era la vía adecuada para el *descubrimiento* de los contenidos conceptuales.

Son numerosas las críticas que se han efectuado a estos proyectos basados en el descubrimiento; sin embargo, hay una que resulta relevante tratar aquí: la que se refiere al tipo de contenidos procedimentales que dichos proyectos transmitían.

En la práctica de la enseñanza, la multiplicidad de procedimientos propios de las ciencias quedó reducida a la transmisión de un *único método científico* consistente en un conjunto de pasos<sup>9</sup> perfectamente definidos, y a aplicarlos de modo mecánico.

Cuando hablo de contenidos procedimentales no aludo a la enseñanza de un *único método científico* (por otra parte, inexistente en la práctica científica real) sino a la enseñanza de un conjunto de procedimientos que aproximen a los niños a formas de trabajar más rigurosas y creativas, más coherentes con el modo de producción del conocimiento científico.

La enseñanza de contenidos procedimentales debería conducir a la superación de lo que Gil Pérez (1986) ha dado en llamar *metodología de la superficialidad*. Los contenidos procedimentales, entonces, permitirían modificar la tendencia a generalizar acríticamente a partir de observaciones cualitativas, presente en esta metodología espontánea de los alumnos.

Finalmente, la *categoría de contenidos actitudinales* engloba un conjunto de normas y valores (Coll, 1987) a través de los cuales nos proponemos formar en los niños una actitud científica, esto es, una *modalidad de vínculo* con el saber y su producción. La curiosidad, la búsqueda constante, el deseo de conocer por el placer de conocer, la crítica libre en oposición al criterio de autoridad, la comunicación y la cooperación en la producción colectiva de conocimientos son algunos de los rasgos que caracterizan la actitud que nos proponemos formar (Fumagalli y Lacreu, 1992; Fumagalli, 1993).

La formación de una actitud científica (contenidos actitudinales) está estrechamente vinculada al modo como se construye el conocimiento (contenidos

<sup>8</sup> Esta categorización de contenidos se basa en la elaborada por César Coll (1987).

<sup>9</sup> Esos pasos (observación, planteo del problema, formulación de hipótesis, desarrollo de experimentos, análisis de datos, formulación de conclusiones) constituyen la *versión escolarizada* del método experimental de investigación.



..... **La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal...**

metodológicos), y este modo se gesta en la interacción con un particular objeto de conocimiento (contenido conceptual) (Fumagalli, 1993). Esta última afirmación nos ubica frente a una nueva cuestión, la estructuración de la estrategia de enseñanza, que trataré en el próximo punto.

**¿Cómo enseñar ciencias naturales a los niños?**

La cuestión central es encontrar un estilo de trabajo a través del cual los niños puedan apropiarse de contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales.

Si bien las estrategias de enseñanza son configuraciones complejas que resultan de la articulación de diferentes concepciones teóricas,<sup>10</sup> en la búsqueda de una respuesta a cómo enseñar tiene particular importancia la concepción de aprendizaje que se sostenga.

Si algo se puede decir respecto de esta concepción es que en la actualidad no existen teorías generales que den cuenta del proceso de aprendizaje escolar. En este sentido, dice Coll (1987):

En el momento actual, la psicología de la educación no dispone todavía de un marco teórico unificado y coherente que permita dar cuenta de los múltiples y complejos aspectos implicados en los procesos de crecimiento personal y de la influencia que sobre ellos ejercen las actividades educativas escolares. No disponemos aún de una teoría comprensiva de la instrucción con apoyatura empírica y teórica suficiente para utilizarla como fuente única de información. Tenemos, eso sí, múltiples datos y teorías que proporcionan informaciones parciales pertinentes.

Tal como expresa César Coll, contamos con información aportada por diferentes investigaciones realizadas desde otros tantos marcos teóricos.

Por otra parte, es el aprendizaje de contenidos conceptuales el campo más indagado en el conjun-

.....

to de investigaciones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales. Es poco aún lo investigado sobre el aprendizaje de contenidos procedimentales o actitudinales.

Frente a este panorama parece lícito integrar aportes de diferentes investigaciones, aquellos que puedan serlo sin caer en una postura ecléctica y, en este sentido, poco consistente desde el punto de vista teórico.

La propuesta de trabajo que sostengo se fundamenta en la tesis constructivista del aprendizaje. Numerosas investigaciones referidas al *aprendizaje de conceptos científicos* y hechas desde marcos constructivistas plantean puntos de contacto que resulta relevante tener en cuenta para la elaboración de una estrategia de enseñanza. Ellos son:

**a) Lugar asignado a los conocimientos previos del alumno en el proceso de aprendizaje escolar**

En los últimos veinte años, a través de la investigación se ha legitimado y probado que los alumnos no llegan en blanco a cada nueva situación de aprendizaje escolar, sino que portan esquemas de conocimientos previos. Estos esquemas constituyen representaciones de la realidad, y en ellos se articulan tanto conceptos construidos en el ámbito escolar como otros<sup>11</sup> construidos espontáneamente en la práctica extraescolar cotidiana.

Sabemos hoy que las concepciones espontáneas son persistentes y que no bastan algunas pocas actividades de aprendizaje para modificarlas.

Probablemente, esta persistencia se deba a que estas concepciones resultan coherentes para los sujetos que las sostienen, y constituyen instrumentos eficaces para la predicción y la explicación de los fenómenos cotidianos.

Sabemos también que las concepciones de los alumnos son de carácter implícito, que aparecen como *teorías en acción* (Karmiloff Smith e Inhelder, 1981) en el sentido de que no pueden ser verbalizadas por los mismos sujetos que las sostienen en acto.

<sup>10</sup> En las estrategias de enseñanza se articulan: a) una concepción sobre el objeto de conocimiento —fundamento científico y epistemológico; b) una concepción sobre el modo como el sujeto aprende ese objeto de conocimiento —fundamento psicológico—, y c) una concepción sobre la relevancia social de la transmisión y adquisición de ese objeto de conocimiento —fundamento sociológico—.

<sup>11</sup> Estos conceptos construidos espontáneamente han sido objeto de numerosas investigaciones y se los denomina de distinto modo: concepciones alternativas, ideas intuitivas, preconcepciones, teorías ingenuas, etcétera (Driver, 1989).



## La enseñanza de las ciencias naturales

Los estudios realizados han permitido, además, saber sobre el origen de las concepciones alternativas y, en virtud de ello, agruparlas en distintos tipos.<sup>12</sup>

Las investigaciones que han tomado como objeto de estudio los conocimientos previos de los niños han aportado información relevante para repensar el proceso de aprendizaje escolar.

Se sostiene que los conocimientos previos constituyen sistemas de interpretación y de lectura desde los cuales los niños otorgan significado a las situaciones de aprendizaje escolar (Coll, 1987; Driver *et al.*, 1989). Por lo tanto, estructurar la enseñanza a partir de dichos conocimientos es una condición necesaria para que los alumnos logren un aprendizaje significativo.

### b) Lugar asignado al conflicto en el cambio conceptual

La necesidad de partir de los conocimientos previos de los alumnos es sostenida desde diferentes posturas didácticas basadas en otras tantas teorías del aprendizaje.

Este consenso es aparente, y las diferencias se ponen de manifiesto cuando se analiza el tratamiento que los conocimientos previos tienen en el proceso de aprendizaje escolar.

En todos los casos se trata de modificar esos conocimientos previos para acercarlos a los conocimientos científicos que se pretende enseñar; sin embargo, existen diferentes estrategias didácticas para lograrlo. Estas estrategias didácticas tienen supuestos epistemológicos y psicológicos diferentes y, en virtud de ellos, es que se re trabajan los conocimientos previos.

Desde la postura constructivista e interaccionista del conocimiento, y en particular del aprendizaje sostenida por la psicología genética, para que los conocimientos previos se modifiquen es necesario ponerlos a prueba en diversas situaciones que los contradigan.

Al respecto Castorina y otros (1986) sostienen:

La fuente de los progresos en los conocimientos se halla en los desequilibrios que los sujetos sienten como conflictos e incluso como contradicciones. En su esfuerzo por resolverlos, se producen nuevas coordinaciones entre esquemas que les permiten superar las limitaciones de los conceptos anteriores.

Para que estos conflictos o contradicciones se produzcan es necesario que los niños tomen conciencia de las teorías que sostienen en acción, esto es, que las puedan hacer explícitas.

Por este motivo, existe entre diferentes autores consenso en afirmar que la exploración de ideas previas no sólo es útil para que el docente conozca cómo piensan sus alumnos sino que resulta una instancia desde la que éstos pueden comenzar a tomar conciencia de sus teorías implícitas mediante la reflexión sobre sus propias ideas.

Lo expresado hasta aquí supone que aprender conceptos científicos consiste en cambiar las teorías propias ya existentes por otras *mejores*,<sup>13</sup> más cercanas a las de los científicos.

Esta tesis, que se limita al campo de los contenidos conceptuales, resulta un modelo fértil para considerar la enseñanza de las ciencias en la universidad, e incluso con adolescentes; sin embargo, cabe replantearla para la enseñanza primaria.

Como he sostenido, en la escuela primaria se hace una aproximación a una ciencia escolar que todavía está lejos de la ciencia de los científicos. No esperamos cambios conceptuales profundos y no es frecuente poder suscitar conflictos cognoscitivos. Ello se debe, en gran medida, al hecho de que existen limitaciones a la toma de conciencia de las teorías implícitas por parte de los alumnos.

Por este motivo, coincido con Hilda Weissmann (1993) cuando sostiene que en edades tempranas no se dan cambios conceptuales (en el sentido en que se han descrito) sino que, en la mayoría de los casos, se amplían, enriquecen y, a lo sumo, relativizan las teorías espontáneas de los niños.

.....

<sup>12</sup> Coll, Pozo *et al.* (1992) delimitan tres tipos de concepciones según su origen: concepciones espontáneas, concepciones transmitidas socialmente y concepciones analógicas.

<sup>13</sup> En el sentido que Imre Lakatos da a la expresión. socialmente y concepciones analógicas.



### **c) Lugar asignado a la acción en el aprendizaje de las ciencias**

Ya desde el movimiento de la *escuela activa*, que se remonta a John Dewey, la actividad del alumno aparece como un rasgo relevante en toda propuesta de enseñanza que se pretenda innovadora.

Sin embargo, tras el supuesto acuerdo se encubren también diferentes concepciones de actividad que delimitan otras tantas estrategias de enseñanza y posibilidades de aprendizaje.

La propuesta de enseñanza de las ciencias por descubrimiento promovió la utilización de guías orientadoras de los trabajos prácticos a desarrollarse en el aula.

De este modo, en las clases de ciencias más actualizadas es frecuente ver a alumnos que manipulan materiales de laboratorio, que observan, mezclan, filtran, miden temperaturas, completan cuadros, sacan promedios. Sin embargo, podría uno preguntarse si son realmente alumnos activos desde el punto de vista cognoscitivo.

Cuando se habla de actividad cognoscitiva en la tradición de la psicología genética no se alude a una acción física efectiva sino a una acción de carácter psicológico tendiente a otorgar significados (Castorina *et al.*, 1988).

En este sentido, una propuesta de enseñanza es activa cuando favorece la construcción de nuevos significados en los alumnos. Si esto no ocurre, estaremos en presencia de acciones físicas, meros movimientos carentes de contenidos; a esto lo denominamos activismo.

La acción que aparece hoy jerarquizada desde diferentes investigaciones es, entonces, la acción cognoscitiva. Para promoverla, resulta imprescindible trabajar a partir de los conocimientos previos de los alumnos en tanto marcos interpretativos, desde los cuales se construyen los nuevos significados.

### **d) Lugar asignado a la información y sus implicaciones didácticas**

Finalmente, un rasgo que también aparece jerarquizado en estudios actuales es el lugar de la información en el aprendizaje de las ciencias.

Durante las décadas de los años 60 y 70, por influencia de propuestas de enseñanza de las ciencias

orientadas preponderantemente a la transmisión de contenidos procedimentales (enseñanza basada en procesos), los contenidos conceptuales cayeron en descrédito.

Sin embargo, la ilusión de la enseñanza basada en procesos se enfrentó, a partir de los 80, con dos situaciones críticas: no se aprendían los procedimientos tal como se esperaba y menos aún se accedía a los contenidos conceptuales.

En la actualidad contamos con investigaciones que han comenzado a demostrar que existe una estrecha relación entre el modo como se construye el conocimiento y el objeto de conocimiento que se construye.

Esto nos aporta nuevos elementos para sostener la tesis de que no es posible aprender contenidos procedimentales escindidos de los contenidos conceptuales.

Sin embargo, la revalorización de los contenidos conceptuales no proviene sólo del fracaso de la enseñanza basada en procesos. Esta revalorización se apoya también en una nueva conceptualización acerca del propósito de la enseñanza escolar, en virtud de la cual se resalta la intencionalidad de la escuela de promover en los alumnos la construcción de *esquemas de conocimiento*.

La transmisión de contenidos conceptuales desempeña un rol importante en dicho proceso de construcción. Y resalto la palabra "transmisión" porque considero que existe un cuerpo conceptual que el alumno no descubre ni construye espontáneamente.

Este cuerpo conceptual debe ser transmitido por la escuela, pero de un modo tal que garantice su apropiación activa (significativa) por parte de los alumnos.

### **¿Es posible enseñar ciencias en un contexto de crisis educativa?**

En la introducción hacía referencia al carácter asistencialista que asume nuestra escuela primaria en vastos sectores de la población. No se trata sólo de circuitos de calidad educativa diferenciada ni de la segmentación (Braslavsky, 1985) presente en nuestro sistema escolar. El problema se ha agudizado porque nuestra escuela primaria está dejando de enseñar para ocuparse de alimentar (comedores escolares) y promover salud; en definitiva, para ocuparse de asistencia social.

El desdibujamiento del papel social de la escuela primaria como distribuidora de conocimientos agudiza la marginación de los sectores populares respecto del acceso al conocimiento, pues la escuela pública es el único canal del que, por el momento, disponen para ello.

Algunos de los docentes que atienden a sectores populares denuncian esta situación, y muchos de ellos han comenzado a asumir las tareas asistenciales como propias de su rol.

Y en este contexto se restringe aún más el poco espacio que se le otorga a la enseñanza de las ciencias naturales.

A la falta de recursos didácticos y de equipamiento mínimo e indispensable se suma la escasa formación que los docentes tienen en el área.

Es muy difícil, en este sentido, cumplir con el deber social de enseñar ciencias naturales y, complementariamente, respetar el derecho de los niños a aprenderlas.

Reconocer esta realidad no significa que necesariamente se adhiera a una concepción reproductivista en la que la realidad de la enseñanza aparezca absolutamente determinada por el contexto político educativo. Sin embargo, la solución no debería estar orientada hacia esfuerzos individuales, ni basarse en el voluntarismo.

Los educadores, en tanto integrantes de la sociedad civil, tenemos la posibilidad de articular propuestas e implementarlas tanto en nuestras escuelas como a través de las asociaciones gremiales o profesionales, o generando espacios colectivos de producción de conocimientos pedagógicos.

¿Qué podemos hacer en nuestras escuelas? En principio, abrirlas a la comunidad y establecer vínculos de trabajo con otras instituciones tanto de la órbita del Estado (otras escuelas, salas de salud, hospitales, bibliotecas, museos, centros de investigación) como de la órbita de la sociedad civil (organizaciones no gubernamentales, clubes, fundaciones, etcétera).

Esta estrategia podría posibilitar un mayor aprovechamiento de los recursos de que disponemos, liberaría a la escuela de tareas que no le competen y, por sobre todo, permitiría reconstruir vínculos sociales solidarios.

El trabajo intra e interinstitucional es hoy una condición necesaria para que podamos articular nuestras demandas y propuestas alternativas; en definitiva, para que podamos instituir prácticas pedagógicas que, a pesar de todo, promuevan el aprendizaje de las ciencias naturales en el nivel primario.

## Bibliografía

- Apple, M., *Ideología y currículum*, Madrid, Akal, 1986.
- , *Educación y poder*, Barcelona, Paidós, 1986.
- , *Maestros y textos*, Barcelona, Paidós, 1989.
- Ausubel, D. P., *La educación y la estructura del conocimiento*, Buenos Aires, El Ateneo, 1973.
- Ausubel, D. P., et al., *Psicología educativa*, México, Trillas, 1978.
- Baudelot, G. y Establet, *La escuela capitalista*, México, Siglo XXI, 1975.
- Benlloch, M., *Por un aprendizaje constructivista de las ciencias*, Barcelona, Visor, 1984 (Aprendizaje).
- Bourdieu, P. y Passeron, *La reproducción. Elementos para una teoría del sistema de enseñanza*, Barcelona, Laia, 1977.
- Braslavsky, C., *La discriminación educativa en Argentina*, Buenos Aires, Flacso-Grupo Editor Latinoamericano, 1985.
- Brown, H., *La nueva filosofía de la ciencia*, Madrid, Tecnos, 1983.
- Carr, W. y S. T. Kemmis, *Teoría crítica de la enseñanza*, Barcelona, Martínez Roca, 1988.
- Castorina, J. A., et al., *Psicología genética*, Buenos Aires, Miño y Dávila, 1986.
- , *Temas de psicología y epistemología genética*, Buenos Aires, Tekné, 1988.
- Chalmers, A., *¿Qué es esa cosa llamada ciencia 2*, Madrid, Siglo XXI, 1984.
- Chevallard, Y., *La transposición didáctica: de las matemáticas eruditas a las matemáticas enseñadas*, mimeografiado, 1980.
- Coll, C., *Psicología genética y aprendizajes escolares*, México, Siglo XXI, 1986.
- , *Psicología y currículum*, Barcelona, Laia, 1987.
- , I. Pozo, et al., *Los contenidos en la reforma*, Madrid, Santillana, 1992.



..... **La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario de educación formal...**

- De Posada y Prieto, T., "Ideas y representaciones de los alumnos sobre la radiactividad", en *Revista de Educación*, núm. 289, Madrid, 1989.
- Driver, R., "Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias", en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 6 (2), Barcelona, 1988.
- y otros: *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid, Morata, 1989.
- Duckworth, E., *Cómo tener ideas maravillosas*, Madrid, Visor, 1988 (Aprendizaje).
- Fourez, G., "Enseignement de Sciences et société", en *Vallonte*, núm. 8, 1987 (mimeografiado).
- Fumagalli, L., *El desafío de enseñar ciencias naturales. Una propuesta didáctica para la escuela media*, Buenos Aires, Troquel, 1993.
- y L. Lacreu, *La enseñanza de las ciencias naturales en el nivel primario*, Buenos Aires, Flacso, 1992.
- García, R., "La epistemología genética y los problemas fundamentales en la teoría del conocimiento", en *Construcción y validación de las teorías científicas*, Buenos Aires, Paidós, 1988.
- Gil Pérez, D., "La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas", en *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), Barcelona, 1986.
- Gimeno Sacristán, J., *El currículum: una reflexión sobre la práctica*, Madrid, Morata, 1988.
- y A. Pérez Gómez, *Comprender y transformar la enseñanza*, Madrid, Morata, 1992.
- Giordan, A., *La enseñanza de las ciencias*, Madrid, Siglo XXI, 1982.
- , "Los conceptos de biología, adquiridos en el proceso de aprendizaje", en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 5 (2), Barcelona, 1987.
- Gutiérrez Vázquez, J. M., *Reflexión sobre la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria*, mimeografiado.
- Hacking, I., *Revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985.
- Iglesias, A., J. M. Oliva y L. Rosado, "Propuesta de un modelo constructivista para la enseñanza-aprendizaje de la física en educación secundaria", en *Revista de Educación*, núm. 289, Madrid, 1989.
- Illich, Iván, "El derrumbe de la escuela: ¿un problema o un sistema?", en *Ciencias de la Educación*, núm. 7, Buenos Aires, 1972.
- Inhelder, B., *Aprendizaje y estructuras de conocimiento*, Madrid, Morata, 1975.
- Karmiloff Smith, A. y B. Inhelder, "Si quieres avanzar hazte de una teoría", en *Infancia y Aprendizaje* 13, 1981, trad. J. I. Pozo.
- Kemmis, St., *El currículum: más allá de la teoría de la reproducción*, Madrid, Morata, 1988.
- Lakatos, I., *La metodología de los programas de investigación científica*, Madrid, Alianza, 1983.
- , "La historia de la ciencia", en Hacking, I., *Revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica, 1985.
- Libaneo, J. C., "Didáctica y práctica histórico-social", en *Ande*, año 4, No 8, 1984.
- Llorens Molina, J. A., "El proceso de cambio conceptual en la iniciación a la química. La introducción de los conceptos de sustancia pura y cambio químico", en *Revista de Educación*, núm. 289, Madrid, 1989.
- Lortie, D., *School teachers. A sociological study*, Chicago, University of Chicago Press, 1975.
- Moreira, M.A. y J. D. Novack, "Investigación en la enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: Esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordajes metodológicos", en *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (1), Barcelona, 1988.
- Novack, J. D., "Constructivismo humano: un consenso emergente", en *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), Barcelona, 1988.
- Piaget, J., et al., *Construcción y validación de las teorías científicas*, Buenos Aires, Paidós, 1986.
- , *La equilibración de las estructuras cognoscitivas*, Madrid, Siglo XXI, 1978.
- , *Naturaleza y métodos de la epistemología*, Buenos Aires, Proteo, 1970.
- , "Piaget's theory", en Mussen, P. (comp.), *Carmichael's Manual of Child Psychology*, Nueva York, John Wiley and Sons, 1970. [Trad. cast.: "La teoría de Piaget", en *Infancia y Aprendizaje*, Madrid, 1981.]
- Popkewitz, T., "Ideología y formación social en la formación del profesorado. Profesionalización e intereses sociales", en *Revista de Educación*, núm. 285, Madrid, 1988.
- Pozo, J. I., *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*, Madrid, Visor, 1987 (Aprendizaje).



### La enseñanza de las ciencias naturales

—, “...Y, sin embargo, se puede enseñar ciencia”, en *Infancia y Aprendizaje*, núm. 8, Madrid, 1987.

Saviani, D., “Scola e Democracia ou la Teoria de Curvatura da Vara” y “Scola e Democracia: para alem da Teoria de Curvatura da Vara”, en *Ande*, año 1, núm. 3, 1981.

Snyders, G., *Escuela, clases y lucha de clases*, Madrid, Alberto Corazón, 1978.

Stenhouse, W., *Investigación y desarrollo del currículo*, Madrid, Morata, 1985.

Tedesco, J. C., et al., *El proyecto educativo autoritario. Argentina 1976-1982*, Buenos Aires, Flacso-Grupo Editor Latinoamericano, 1983.

Varela Nieto, P., et al., “Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza/aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos”, en *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), Barcelona, 1988.

Weissmann, H., *Didácticas especiales*, Buenos Aires, Aique, 1993.



## Valores, actitudes y habilidades necesarios en la enseñanza de las ciencias y su relación con el desarrollo cognitivo de los alumnos de educación básica



La enseñanza de las ciencias y la adquisición de conocimiento científico por parte de los alumnos tiene valor por ese solo hecho: saber ciencia. Tener explicaciones verdaderas acerca de los fenómenos naturales y conocimientos acerca de los diversos seres que habitamos el planeta puede ser un objetivo válido de la educación básica; pero quizá más importante aún es que los alumnos resuelvan problemas con eficiencia, hecho que una buena enseñanza y aprendizaje de las ciencias debe lograr. Las ciencias, las matemáticas y la tecnología pueden contribuir de manera significativa a alcanzar ese objetivo, ya que en su quehacer está implícita la búsqueda de soluciones a los problemas que estudian. Estas soluciones van desde lo más teórico hasta lo puramente concreto.

La literatura sobre resolución de problemas ha crecido mucho en los últimos tiempos y en buena medida trata acerca de las habilidades que las personas requieren aprender o desarrollar para resolver problemas. Entre las más importantes se encuentran las siguientes:

- La habilidad e inclinación para resolver problemas depende de que las personas cuenten con

ciertos conocimientos, habilidades y actitudes, los cuales pueden adquirirse y desarrollarse.

- Las habilidades manipulativas, cuantitativas, comunicativas y críticas son indispensables para la resolución de problemas.
- La resolución de problemas debe aprenderse en una variedad de contextos y propiciar la reflexión como parte de cada situación por resolver, reflexión que dará lugar al desarrollo de una habilidad general para la resolución de problemas, la cual podrá ser aplicada a nuevos contextos. La variedad de experiencias de solución y la reflexión particular en cada situación son la clave para alcanzar la eficacia y la eficiencia en la resolución de problemas.
- En la resolución de problemas, la sola memorización (que puede aplicarse tanto a conocimientos como a habilidades) debe remontarse, si se quiere alcanzar la eficiencia y la eficacia.

En el capítulo 12 del libro *Ciencia para todos*, denominado "Hábitos de la mente", se describen los valores, actitudes y habilidades más relacionados con la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. Aquí,



Texto elaborado por la SEP. Las ideas expresadas aquí tienen fundamento en los conceptos desarrollados por el proyecto 2061 en el libro *Benchmarks for Science Literacy*, auspiciado por la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia (AAAS, por su nombre en inglés) y publicado en Nueva York, en 1993, por Oxford University Press.





## La enseñanza de las ciencias naturales

se describirá con más detalle el desarrollo esperado de tales valores, actitudes y habilidades, expresados como conductas verificables de los alumnos, por grupo de edad. No sin antes aclarar que:

- El desarrollo de dichos valores, actitudes y habilidades se da a lo largo del estudio de las ciencias naturales y no depende del aprendizaje de un contenido en particular.
- Desglosar estos valores, actitudes y habilidades en listados agrupados por edad tiene un propósito didáctico para los maestros, pero se debe ser cuidadoso en su interpretación a fin de no caer en una sobreesquemmatización y en la tentación de enseñarlos como si fueran contenidos temáticos. Su desarrollo por parte de los alumnos sólo se conseguirá si se ponen en práctica estrategias didácticas adecuadas.

### Valores y actitudes

*Honestidad.* La honestidad es uno de los valores más apreciados, especialmente por aquellos que se dedican a la ciencia. Su ejercicio es esencial como parte de la práctica científica. Imbuir este valor a los alumnos es una condición indispensable de la enseñanza de las ciencias. La escuela ofrece múltiples oportunidades para mostrar a los alumnos el significado de la honestidad, practicarla y valorarla. En ciencias debemos enseñar a los alumnos a reportar y registrar siempre los resultados obtenidos y no lo que hubieran querido obtener o lo que piensan que el maestro quiere que reporten.

*Curiosidad.* La curiosidad es natural en niños y niñas desde que nacen y en estricto sentido no requiere enseñarse. El problema es el contrario: ¿cómo podemos evitar que se evapore al tiempo que orientamos a los alumnos a que la desarrollen para hacerla productiva? Al fomentar la curiosidad de los alumnos acerca del mundo natural, los maestros lograrán que esa curiosidad se dirija a otros ámbitos. Con el tiempo los alumnos aprenderán que hay algunos medios más eficientes que otros de satisfacer la curiosidad, y que encontrar soluciones es tan divertido e interesante como plantearse nuevas preguntas.

*Escepticismo.* Balancear la receptividad de ideas nuevas con el escepticismo puede ser un ejercicio

difícil para los alumnos, porque cada una de estas virtudes “irá en dirección opuesta”. Incluso en ciencia hay dificultad para aceptar nuevas teorías al tiempo que se descartan otras vigentes. Sin embargo, ésta es una de las tareas fundamentales en la enseñanza de las ciencias: el maestro debe cuidar que, mientras un alumno explica las razones en las que se apoya su conjetura, los demás escuchen con atención. Si bien la conjetura puede parecer convincente, no podemos aceptar que lo sea mientras no contemos con la evidencia suficiente para fundamentarla.

### Preescolar a segundo grado

En este rango de edad es prioritario fomentar la curiosidad que de manera natural tienen los alumnos acerca del mundo que los rodea. Los fenómenos naturales capturan su atención fácilmente y a menudo hacen preguntas que no son fáciles de responder. Es tarea del maestro buscar respuesta a todas sus preguntas, aún si no es de forma inmediata. Reconocer que no se sabe todo y que con frecuencia es necesario investigar ayuda a establecer tanto la credibilidad del maestro como la importancia de la investigación en sí.

Al tiempo que los niños aprenden a leer y escribir, deben iniciar una colección de temas sobre los que a menudo piensen, conjeturen y busquen explicaciones, sin detenerse ante la dificultad que pueda implicar dar respuesta a las preguntas que se planteen. La tarea más importante del maestro en este terreno es ayudar a los niños a escoger aquellas preguntas que podrán resolver a través de ciertas actividades como son recolectar, clasificar, contar, dibujar, desarmar o construir. En este nivel, las preguntas que pueden responderse descriptivamente son preferibles sobre las que sólo tienen una respuesta abstracta. Los alumnos de esta edad tienen mayores posibilidades de responder al *cómo* y *qué* que al *por qué*.

De cualquier forma, no se debe confinar a los alumnos a la sola respuesta de preguntas empíricas. Algunas preguntas cuya respuesta requiere de una explicación pueden ser utilizadas para alentar el desarrollo de los hábitos del pensamiento científico. En ese sentido, los estudiantes deben aprender que a la pregunta de “¿por qué las plantas no crecen en la oscuridad?”, los científicos la responden con otras: “¿Será cierto que las plantas no crecen en la oscuri-



..... **Valores, actitudes y habilidades necesarios en la enseñanza de las ciencias...**

dad? ¿Cómo podemos averiguarlo?”. La idea es que aprendan que si los hechos son ciertos, entonces podemos buscar una explicación, pero que no debemos anticipar una explicación si no tenemos certeza de la veracidad de los hechos. Seguramente los niños, como los científicos, ofrecerán una variedad de explicaciones y algunos tendrán la necesidad de decidir cuál es la mejor explicación y por qué. Las comparaciones aparecerán a medida que sean capaces de establecer juicios. Las ideas expresadas por todos los niños deben ser valoradas y las diferencias de opinión consideradas para su análisis, sin dejar alguna de lado.

Hacia el final del segundo grado, los alumnos serán capaces de:

- Formular preguntas acerca del mundo que los rodea y estar dispuestos a buscar respuestas para la mayoría de ellas, a través de la observación, la manipulación y la experimentación simple.

**Tercero a quinto grados**

Mantener la curiosidad e irle dando cada vez más rigor continúa siendo prioritario en esta etapa. Los alumnos habrán de avanzar en su habilidad de formular preguntas acerca del mundo que les rodea y en las formas de encontrar respuestas, a través de pequeñas investigaciones, construyendo artefactos y probando su funcionamiento, así como consultando libros. Al hacerlo, ya sea que trabajen individualmente o en grupos, los alumnos requerirán llevar registro personal de su trabajo en libretas o cuadernos *ex profeso*, tanto de la información obtenida como de sus ideas al respecto. Se habrá de destacar la importancia de la honestidad en el proceso de registro más que arribar a conclusiones correctas. El juicio que los alumnos emitan sobre el trabajo y las conclusiones de un compañero, o bien de un equipo de trabajo, deberá corresponderse directamente con la evidencia presentada y no con la verdad expresada en un libro. En otras palabras, el trabajo fundamental por juzgar es la derivación de conclusiones adecuadas a partir de la información obtenida y no los meros conocimientos que pudieron haberse simplemente copiado de un texto. En este proceso de construcción de conclusiones, a partir de la información y los datos espe-

cíficamente recolectados es que se van moldeando las habilidades del pensamiento deseables para mantener viva y seguir motivando la curiosidad, elemento indispensable del quehacer científico.

El impulso de la experiencia científica consiste todavía, en esta etapa, en aprender a responder preguntas interesantes sobre el mundo que nos rodea de manera empírica. Los alumnos deben iniciar la formulación de explicaciones para los resultados de sus observaciones, experimentos e indagaciones. Se inicia la introducción al mundo de la teoría, enfatizando que para un grupo de datos es posible construir más de una explicación que dé cuenta de él, y que no siempre es posible o fácil discernir cuál es la mejor explicación. Por esta razón los científicos reparan en aquellas ideas de otros que difieren de las propias.

Hacia el fin del quinto grado los alumnos serán capaces de:

- Llevar un registro de sus observaciones e investigaciones y de no modificarlos faltando a la honestidad.
- Ofrecer razones que expliquen sus resultados y tomar en consideración las explicaciones y argumentos de otros.

**Sexto grado a octavo (segundo de secundaria)**

Las actitudes y los valores científicos por desarrollarse en esta etapa han sido introducidos en los grados anteriores. Ahora deben reforzarse y desarrollarse aún más. Se debe seguir teniendo cuidado que al desarrollar los contenidos correspondientes no se inhíba la curiosidad. Se requiere tiempo para que los estudiantes se interesen verdaderamente en la búsqueda de respuestas a preguntas científicas. Los proyectos de indagación, individual y de grupo, ofrecen la oportunidad de generar ese interés, si se conducen adecuadamente, ya que ofrecen contextos reales en los cuales destacar la necesidad de la honestidad en el ejercicio científico al describir procedimientos, registrar datos, obtener y reportar conclusiones. Tomar en cuenta la naturaleza y los usos de las conjeturas y las teorías científicas puede contribuir a hacer operativos hábitos científicos como la apertura a nuevas ideas y el escepticismo. Las conjeturas y las explicaciones sirven propósitos distintos, pero comparten el ser juz-



gadas a partir de cierta evidencia. Si no hay datos que las sustenten, no hay forma de establecer su veracidad. Los alumnos pueden aprender que una conjetura puede ser correcta —uno puede o no aceptarla— pero para que se le tome en serio, debe estar claro en qué evidencia se fundamenta para poder decidir si es cierta o no, incorporando así tanto la receptividad de ideas como el escepticismo.

En este mismo sentido se puede iniciar el proceso de legitimación de la multiplicidad de formas que a menudo existen para organizar cierta información. Se pueden organizar equipos para que construyan dos o más explicaciones para un conjunto de observaciones; o bien, que de manera independiente ofrezcan una explicación para esas observaciones. Un ejercicio como éste puede dar lugar a la discusión de la naturaleza de la explicación científica, con base en contextos reales, sin necesidad de teorizar en abstracto. Este tipo de experiencias desafortunadamente no abunda en las escuelas, donde en general se privilegia el conocimiento de una sola explicación, a menudo extraída de un texto como verdad absoluta.

Hacia el final del octavo grado los alumnos sabrán:

- Por qué es importante para la ciencia llevar registros honestos, claros y precisos.
- Que las conjeturas e hipótesis que dan lugar al desarrollo de indagaciones e investigaciones deben valorarse, aun si no resultan ciertas.
- Que a menudo existen explicaciones distintas para un mismo conjunto de evidencias y que no siempre es sencillo establecer cuál es la correcta.

### Cálculo y estimación

El pensamiento científico no es misterioso ni exclusivo. Las habilidades que lo caracterizan pueden ser desarrolladas por cualquier persona y una vez adquiridas sirven para toda la vida, con independencia de la actividad a que se dedique o de su situación personal. Esto es particularmente cierto para la habilidad de pensar en forma cuantitativa, ya que existen infinitud de aspectos de la vida diaria, de la ciencia y de otros campos que involucran cantidades y relaciones numéricas.

Un cálculo es el proceso para llegar a un resultado por medio de procedimientos matemáticos. Su valor social se aprecia al analizar el lugar que ocupa en los planes de estudio de las escuelas de todos los niveles. Desafortunadamente este reconocimiento no va aparejado con buenos resultados. Ser capaz de resolver una operación o contestar bien una pregunta de examen no garantiza que se tengan las habilidades necesarias para resolver problemas en situaciones reales. Lo cual no debe sorprendernos, ya que la enseñanza tradicional de las matemáticas: *a)* carece de la presentación de problemas en contextos reales; *b)* promueve la memorización de algoritmos a través de la mecanización de operaciones, la cual no se acompaña de un aprendizaje que indique sus usos; *c)* opera con números y magnitudes descontextualizadas, omitiendo referencias a unidades específicas o significados concretos, y *d)* no ofrece a los estudiantes procedimientos para juzgar la validez de sus respuestas.

En la vida real no es necesario que las personas realicen un cálculo si la respuesta a su pregunta es conocida y de fácil acceso. Lo que se requiere es saber dónde consultarla, que es algo que a menudo hacen científicos e ingenieros. En la mayoría de las situaciones las respuestas no son conocidas y por ende hacer consideraciones y observaciones acerca del resultado tiene tanto interés como el cálculo mismo. Por ello es igual importante tanto que se desarrollen como la estimación y el hábito de contrastar las respuestas con la realidad.

La habilidad de estimar puede desarrollarse, siempre y cuando los maestros se aseguren que los alumnos tengan muchas oportunidades para practicarla, como parte del proceso de resolución de problemas. Sin embargo, no existe un número fijo de pasos por memorizar. Si con frecuencia se pide a los alumnos que expliquen cómo pretenden realizar cierto cálculo y que aventuren una respuesta antes de llevarlo a cabo, se encontrará que la realización de estimaciones paso a paso no es difícil y contribuye a la comprensión de la estructura y los elementos del problema por resolver. Además, los alumnos van ganando confianza en su habilidad para aproximar la respuesta (menor que... mayor que...) antes de realizar el cálculo.

Una respuesta *correcta* no es siempre una respuesta sensata. Si un cálculo da como resultado que un



..... **Valores, actitudes y habilidades necesarios en la enseñanza de las ciencias...**

elefante pesa 1.5 kg, la mayoría de las personas sabrán que hay algo raro; aún si habían estimado que la respuesta estaría entre 1 y 10, porque los elefantes son animales enormes y en ninguna circunstancia pueden pesar tan poco. La realidad debe llevarlos a comprobar sus cálculos: ¿usaron los procedimientos matemáticos correctos? ¿Estaban bien los datos originales? ¿Se puso el punto decimal donde debía? ¿Se expresó el resultado en la unidad correcta?

Desarrollar buenas destrezas cuantitativas y conocer el mundo que nos rodea son dos procesos que van de la mano. No es suficiente que los alumnos sepan resolver operaciones matemáticas de forma abstracta si no son capaces de ser eficientes en la resolución de problemas y de expresar sus argumentos de forma cuantitativa cuando sea necesario. De ahí que, en todos los niveles, la enseñanza de las ciencias deba incluir la resolución de problemas, particularmente de aquellos que requieran que los estudiantes hagan cálculos y revisen sus respuestas contra sus estimaciones y conocimientos sobre la temática a que se refiera el problema. En la medida de lo posible, los problemas deben surgir de las actividades de los alumnos, de sus indagaciones, construcciones, experimentos, etcétera. Las habilidades computacionales de los alumnos pueden y deben desarrollarse fuera de los cursos de matemáticas.

¿Dónde aparecen las calculadoras y computadoras? La respuesta es prácticamente por todas partes: en las cajas registradoras de los comercios, en las bombas de las gasolineras, en las cajas bancarias automáticas... y realizan la mayor parte de la aritmética que tradicionalmente hacían antes los adultos con papel y lápiz. Las calculadoras de bolsillo, cada vez más asequibles, favorecen la rápida aplicación de los conocimientos matemáticos básicos a situaciones cotidianas, posibilitando una respuesta inmediata. A su vez, las computadoras, con sus hojas de cálculo tan fáciles de desplegar y su capacidad para graficar y manejar bases de datos, son herramientas que se pueden usar en el hogar y en el trabajo para realizar tareas cuantitativas más demandantes.

Sin duda las calculadoras y computadoras extienden las capacidades matemáticas de cualquier persona, ya que ofrecen una precisión y velocidad que poca gente podría igualar. Sin embargo, su poder puede

ser inútil o incluso contraproducente si no se usan adecuadamente, con conocimiento de los procedimientos que se efectúan. Estos instrumentos no compensan ni sustituyen la inteligencia humana, ni pueden subsanar el error humano o la falta de conocimientos matemáticos, en cuyo caso a menudo producen resultados erróneos.

La alfabetización científica incluye la capacidad de utilizar herramientas electrónicas eficiente y sensatamente. Requiere que los alumnos: *a)* sepan qué algoritmo aplicar a cada situación; *b)* realicen bien las operaciones básicas con papel y lápiz; *c)* juzguen la viabilidad del resultado, y *d)* redondeen las cifras insignificantes. Los alumnos deben iniciarse en el uso de estas herramientas tan pronto sea factible y en tantos contextos como sea posible. Esto incrementará las posibilidades de que lleguen a utilizarlas eficientemente. Esta eficiencia implica saber discernir cuándo es suficiente con realizar una estimación mental, cuándo usar lápiz y papel y cuándo se requiere emplear una computadora. La experiencia temprana, continua y amplia tiene, además, la ventaja de que usadas las calculadoras y computadoras adecuadamente ayudan a los alumnos a aprender matemáticas y a desarrollar las habilidades cuantitativas del pensamiento.

### **Preescolar a segundo grado**

Hacia el final del segundo grado, los alumnos serán capaces de:

- Usar números enteros y fracciones simples para ordenar, contar, identificar, medir y describir objetos y experiencias.
- Operar mentalmente sumas y restas de un dígito asociadas a contextos familiares, donde la operación tenga sentido y puedan juzgar la factibilidad de la respuesta.
- Estimar los resultados numéricos de un problema antes de resolverlo formalmente.
- Explicar a sus compañeros cómo resolvieron un problema.
- Hacer estimaciones cuantitativas de longitudes, pesos e intervalos de tiempo que les son familiares y su medición, como medio de comprobación.



## La enseñanza de las ciencias naturales

### Tercero a quinto grados

Hacia el final del quinto grado, los alumnos serán capaces de:

- Sumar, restar, multiplicar y dividir mentalmente, en papel y con calculadora, números enteros.
- Usar fracciones simples (medios, tercios, cuartos, quintos, décimos y centésimos, pero no sextos, séptimos, etcétera) y decimales, convirtiéndolos cuando sea necesario.
- Juzgar si las operaciones y mediciones de longitudes, áreas, volúmenes, pesos e intervalos de tiempo en contextos que les son familiares son factibles y compararlas con valores estándares.
- Establecer el propósito de cada paso en un cálculo.
- Leer y seguir instrucciones de un manual de calculadora o computadora.

### Sexto grado a octavo (segundo de secundaria)

Hacia el final del octavo grado, los alumnos serán capaces de:

- Obtener porcentajes para cualquier número y establecer qué porcentaje representa un número dado de otro.
- Usar, interpretar y comparar números en diversas formas equivalentes tales como enteros, fracciones, decimales y porcentajes.
- Calcular el perímetro y el área de rectángulos, triángulos y círculos, así como el volumen de sólidos rectangulares.
- Encontrar la media y la mediana de un conjunto de datos.
- Estimar distancias y tiempos de viaje a partir de mapas, y el tamaño real de objetos dibujados a escala.
- Insertar instrucciones en una hoja de cálculo de una computadora para programar cálculos aritméticos.
- Determinar en qué unidad (como segundos, centímetros cuadrados o pesos por tanque de gasolina) debe expresarse el resultado de un problema, a partir de las unidades en que originalmente estaban expresados los datos de dicho problema. Convertir unidades compuestas (como pe-

sos por dólar en dólares por peso, o kilómetros por hora en metros por segundo).

- Decidir el grado de precisión que se requiere y redondear los resultados de una operación con calculadora para expresarla en el número de cifras que refleje el orden de magnitud de las cantidades tecleadas originalmente.
- Expresar números como 100, 1 000 y 1 000 000 como potencias de 10.
- Estimar las probabilidades de un resultado en contextos familiares, basado en el número de soluciones posibles para un evento dado.

### Manipulación y observación

Aunque resulte paradójico, la manipulación y la observación forman parte de las habilidades del pensamiento científico. Los científicos saben que para encontrar respuesta a sus preguntas acerca de la naturaleza es necesario usar tanto sus manos y sus sentidos como su cabeza. Lo mismo ocurre en medicina, ingeniería y en otros campos de la actividad humana, incluyendo múltiples situaciones de la vida diaria.

Las herramientas y los artefactos como martillos, pizarrones, cámaras fotográficas o computadoras amplían las capacidades del ser humano. Hacen posible que las personas muevan objetos más allá de su fuerza personal, se desplacen más lejos y más rápido de lo que sus piernas puedan llevarlas, detecten sonidos tan tenues que no los registra su oído, vean objetos tan lejanos o pequeños que no puedan verse a simple vista, proyecten su voz alrededor del mundo o la graben, analicen más datos que los que su cerebro puede almacenar, etcétera. En la vida diaria, las personas tienen poca necesidad y oportunidad de utilizar microscopios, telescopios u otros instrumentos complicados que usan los científicos o los ingenieros en su trabajo cotidiano. Aunque no por ello dejan de contar con un gran número de aparatos mecánicos, eléctricos, electrónicos y ópticos que utilizan en una gran diversidad de tareas.

Otro asunto lo constituyen los usos que las personas le dan a estos artefactos y la eficiencia y la sensatez en su empleo. Las herramientas pueden tener un uso banal, noble o innoble, y las personas pueden tener en cuenta o no las consecuencias de su uso. La educación que dé lugar a una alfabetización científ-



..... **Valores, actitudes y habilidades necesarios en la enseñanza de las ciencias...**

ca debe ayudar a los alumnos a desarrollar hábitos para el uso de herramientas, al tiempo que desarrollan sus conceptos matemáticos, sus habilidades de cálculo, su capacidad de resolver problemas e incrementan su comprensión sobre el funcionamiento del mundo, comprensión que habrá de seguirse desarrollando durante toda la vida. Un problema común al que se enfrentan las personas es que los artefactos no siempre funcionan bien. A menudo el problema puede diagnosticarse y corregirse la falla, utilizando técnicas y herramientas simples.

#### **Preescolar a segundo grado**

Hacia el final del segundo grado, los alumnos serán capaces de:

- Usar martillos, desarmadores, tenazas, reglas, tijeras y lupas, así como operar equipo sencillo de audio: radio y reproductora de audiocintas.
- Armar, desarmar, rearmar y describir artefactos construidos con bloques machihembrados, *legos* y otros juguetes constructivos semejantes.
- Construir objetos que sirvan a un propósito o puedan realizar una tarea, a partir de papel, cartón, madera, plástico, metal u otros objetos.
- Determinar en unidades enteras las dimensiones lineales de objetos con lados rectos.

#### **Tercero a quinto grados**

Hacia el final del quinto grado, los alumnos serán capaces de:

- Escoger materiales comunes apropiados para la realización de construcciones mecánicas simples y para la reparación de objetos.
- Medir y mezclar (en la cocina, el garaje o el laboratorio) materiales líquidos y secos según las cantidades prescritas, sin correr riesgos.
- Llevar un cuaderno con la descripción de observaciones, distinguiendo cuidadosamente observaciones de comentarios, especulaciones o ideas personales acerca del suceso observado, el cual debe ser legible y comprensible bastante tiempo después de realizados la observación y el registro.
- Usar calculadoras para determinar el área y el volumen de objetos, a partir de dimensiones li-

neales. Sumar áreas, volúmenes, pesos, intervalos de tiempo y costos. Encontrar la diferencia entre dos cantidades de una misma clase.

- Realizar conexiones eléctricas simples siguiendo las normas de seguridad y utilizando diversos tipos de contactos, clavijas y enchufes.

#### **Sexto a octavo grados**

Hacia el final del octavo grado (segundo de secundaria), los alumnos serán capaces de:

- Usar calculadoras para comparar cantidades proporcionales.
- Usar computadoras para almacenar y recuperar información clasificada por orden alfabético, orden numérico, tema o palabra clave. Crear archivos simples para sus propios propósitos.
- Leer medidores digitales y analógicos de instrumentos usados para realizar mediciones directas de longitud, volumen, peso, tiempo transcurrido, tarifas y temperatura. Escoger las unidades apropiadas para reportar magnitudes diversas en dichas mediciones.
- Usar cámaras fotográficas y grabadoras de audio para el registro de información.
- Inspeccionar, desarmar y rearmar artefactos mecánicos simples y describir la función de las partes que conforman cada artefacto. Estimar el efecto total en el sistema si se modifica una de sus partes.

#### **Habilidades comunicativas**

La buena comunicación debe darse en ambos sentidos. Es tan importante recibir información como transmitirla, tanto para lograr comprender a los otros como para aclarar las ideas propias. Tradicionalmente, en las profesiones científicas se da mucha importancia a lograr una comunicación rigurosa, que exprese con exactitud los resultados de las investigaciones y las propuestas teóricas de cada científico. Para ello se cuenta con mecanismos como las revistas y los congresos científicos, los cuales facilitan a los miembros de una disciplina compartir los nuevos desarrollos e ideas. Los científicos comparten el respeto por una comunicación clara y rigurosa, pero sobre todo cuen-



## La enseñanza de las ciencias naturales

tan con las destrezas necesarias para establecer dicha comunicación.

La comunicación rigurosa dentro de una disciplina científica es, en parte, resultado del uso de un lenguaje táctico. Un efecto no intencionado de ello es que si bien el uso de términos especializados ayuda a los científicos a comunicarse, también es cierto que inhibe la comunicación entre los especialistas y el gran público no especializado. Por ello los divulgadores de la ciencia contribuyen de manera muy importante a que el gran público no especializado adquiera conocimientos científicos, ya que su tarea principal es traducir, en libros, revistas, periódicos, programas de radio y televisión, las ideas y los términos altamente especializados a un lenguaje asequible al adulto educado, pero no necesariamente especializado. En su quehacer, los divulgadores asumen que sus lectores tienen una educación científica básica y la capacidad de comprender textos estructurados lógicamente, en los que se infieren conclusiones a partir de premisas. Todo egresado de la educación básica debería tener esa capacidad. Las habilidades comunicativas que se refieren a continuación tienen ese propósito.

Hay un aspecto del pensamiento cuantitativo que puede ser tanto resultado de contar con esa inclinación, o bien por haber sido desarrollado. Nos referimos al hábito de construir argumentos en términos cuantitativos, siempre que la situación se preste a ello. En lugar de referirnos a algo como *grande*, *rápido* o *que ocurre con frecuencia*, es mejor expresarlo en términos numéricos, empleando unidades que establezcan con mayor precisión qué tan grande, rápido o frecuente es aquello a lo que nos referimos. Incluso cuando comparamos dos cosas y decimos que una es más grande o más fría que otra es preferible usar términos absolutos o relativos para expresar la comparación. La comunicación mejora notablemente cuando *grande* se torna *3 metros* o *250 kilos* (hay nociones muy diversas sobre la grandeza) y *ocurre con frecuencia* se sustituye por “sucedió 17 veces este año, comparado con años anteriores cuando sólo ocurrió 2 o 3 veces”. Así como es deseable que los alumnos desarrollen esta lógica de pensamiento, deben aprender también a exigirla a los demás y a no quedarse satisfechos con afirmaciones vagas, cuando es posible y relevante expresar dichas afirmaciones cuantitativamente.

40

### Preescolar a segundo grado

Hacia el final del segundo grado, los alumnos serán capaces de:

- Describir y comparar objetos según su número, forma, textura, tamaño, peso, color y movimiento.
- Hacer dibujos que reflejen correctamente algunas de las características descritas.

### Tercero a quinto grados

Hacia el final del quinto grado, los alumnos serán capaces de:

- Escribir instrucciones para que otros las sigan y lleven a cabo un procedimiento.
- Hacer esquemas y bocetos que ayuden a explicar ideas o procedimientos.
- Usar datos numéricos en la descripción y comparación de objetos y sucesos.

### Sexto a octavo grados

Hacia el final del octavo grado (segundo de secundaria), los alumnos serán capaces de:

- Organizar información en tablas y gráficas simples e identificar las relaciones que expresa cada una.
- Leer tablas y gráficas simples producidas por otros y explicar verbalmente su contenido.
- Localizar información en materiales de referencia, periódicos, revistas, discos compactos y bases de datos electrónicas.
- Comprender textos que incluyan información cuantitativa expresada en símbolos; gráficas lineales, de barras y circulares; tablas de doble entrada y diagramas.
- Encontrar y describir ubicaciones en mapas con coordenadas rectangulares y polares.

### Habilidades del pensamiento crítico

En la vida diaria, las personas son bombardeadas continuamente con información acerca de productos, del funcionamiento de sistemas naturales y sociales, de su salud y bienestar, de lo que ocurrió en el pasado y de lo que ocurrirá en el futuro, etcétera. Dicha infor-



..... **Valores, actitudes y habilidades necesarios en la enseñanza de las ciencias...**

mación puede provenir de expertos (incluyendo científicos), de neófitos (incluyendo científicos), de personas honestas o de charlatanes. Para hacer frente a una avalancha de información como ésta, es decir, saber cómo separar lo que tiene sentido de lo que no lo tiene, el conocimiento es indispensable.

Además de lo que un individuo sepa acerca de cierta afirmación, si es versado en los métodos de la ciencia, será capaz de hacer juicios sobre el carácter y la naturaleza de la afirmación. La presentación o carencia de evidencia al presentar la afirmación, el lenguaje usado y la lógica de los argumentos empleados son consideraciones importantes para reconocer la seriedad de una afirmación o de una propuesta. Estas habilidades para pensar críticamente pueden aprenderse y con la práctica llegar a constituir hábitos mentales que duren toda la vida.

#### **Preescolar a segundo grado**

Hacia el final del segundo grado, los alumnos serán capaces de:

- Preguntar en situaciones apropiadas: ¿cómo lo sabes? Y responder cuando otros le hagan la misma pregunta.

#### **Tercero a quinto grados**

Hacia el final del quinto grado, los alumnos serán capaces de:

- Reforzar sus afirmaciones con hechos encontrados en libros, artículos, bases de datos, identificando las fuentes utilizadas, y exigir de otros la misma conducta.
- Reconocer cuándo una comparación puede no ser válida, por falta de condiciones constantes al realizarla.

- Buscar razones mejores para creer algo que, “todo el mundo piensa que...” o “yo sé que...” y no aceptar de otros estos argumentos, si no se fundamentan.

#### **Sexto a octavo grados**

Hacia el final del octavo grado (segundo de secundaria), los alumnos serán capaces de:

- Cuestionar afirmaciones basadas en argumentos endebles como “los especialistas afirman...” o declaraciones hechas por celebridades u otros que no tienen autoridad para hablar de un cierto tema.
- Comparar productos de consumo y considerar beneficios y desventajas entre ellos, tomando en cuenta sus características, desempeño, durabilidad y costo.
- Ser escépticos ante argumentos fundamentados en un conjunto limitado de datos, en una muestra sesgada o en una que no tuvo otra muestra de control.
- Saber que puede haber más de una forma válida para interpretar un conjunto de datos.
- Tomar nota y criticar las formas de razonamiento de aquellos argumentos en los cuales: Hechos y opiniones se mezclan, o bien la conclusión no se desprende lógicamente de la evidencia mostrada. La analogía que se ofrece no es adecuada. No se hace mención del parecido de los grupos control con los experimentales. Se afirma que todos los miembros de un grupo (como pueden ser los adolescentes o los farmacéuticos) comparten características idénticas y que éstas difieren de las de otros grupos.





# Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales



María Antonia Candela M.



## Introducción

La enseñanza de las ciencias naturales debe trascender la simple descripción de fenómenos y experimentos, que provocan que los alumnos vean a las ciencias como materias difíciles en cuyo estudio tienen que memorizar una gran cantidad de nombres y fórmulas. Es necesario promover en los alumnos el interés científico y esto sólo se puede lograr acercando la ciencia a sus propios intereses, haciendo que ellos participen en la construcción de su propio conocimiento. En este artículo encontramos algunas sugerencias que pueden ayudar al maestro en esta tarea.

La actividad de los hombres para sobrevivir depende de las condiciones del ambiente natural y, a la vez, como parte del ambiente, los hombres influyen en él con su actividad.

El propósito de la enseñanza de las ciencias naturales es desarrollar la capacidad del niño para entender el medio natural en que vive. Al razonar sobre los fenómenos naturales que lo rodean y tratar de explicarse las causas que los provocan, se pretende que

evolucionen las concepciones del niño sobre el medio, pero sobre todo que se desarrolle su actitud científica<sup>1</sup> y su pensamiento lógico.

Con la enseñanza de las ciencias se intenta también que los alumnos ubiquen la situación del medio ambiente en que viven dentro del contexto económico y político nacional. Al relacionar sus prácticas cotidianas y sus problemas con la situación nacional, pueden entender mejor cómo actuar en su propio medio para conservar los recursos y optimizar su uso en beneficio colectivo y a largo plazo. Estudiando los problemas de su medio local, relacionados con la ciencia y la tecnología como parte de la cultura de nuestro país y la aplicación de la ciencia y la tecnología en la producción, los niños pueden entender mejor su situación y las posibilidades de su aprovechamiento o la necesidad de su modificación. La formación que los alumnos reciben pretende contribuir a mejorar sus condiciones de vida, a prepararlos para entender la causa de algunos de los problemas de su medio natural y social y así poder contribuir a su superación.

Ese conocimiento no empieza en la escuela, ya que desde pequeños tienen relación con la naturaleza. La



Tomado de *Cero en Conducta*, año 5, núm. 20, pp. 13-17.

<sup>1</sup> Por actitud científica se entiende la formulación de hipótesis y su verificación posterior a través de las experiencias adecuadas, apoyándose y desarrollando la actividad espontánea de investigación de los niños (Coll, 1978).



familia y el medio cultural en el que viven proporcionan a los niños ideas de lo que ocurre a su alrededor.<sup>2</sup> En relación con el entorno natural van formando su propia representación del mundo físico y elaborando hipótesis y teorías sobre los fenómenos que observan. En estas representaciones o concepciones estructuran de manera especial lo que ellos pueden percibir con lo que se les dice. Estas ideas y explicaciones generalmente son distintas a las de los adultos y a las de la ciencia, pero tienen una lógica que tiene relación con las experiencias y el desarrollo intelectual del niño.

Las ideas de los niños se modifican al confrontarlas con nuevas experiencias, y al razonar sobre las opiniones que les dan otras personas.<sup>3</sup> El niño aprende cuando modifica sus ideas y añade a ellas nuevos elementos para explicarse mejor lo que ocurre a su alrededor.

Los cambios que tienen estas ideas siguen un proceso que no puede dar brincos muy grandes. Para que un niño comprenda un nuevo concepto lo tiene que relacionar con algunas de sus experiencias o con las ideas que él ya ha construido. Los alumnos no pueden entender algunas de las explicaciones que dan las ciencias, por mucho que se las presenten con actividades y de manera interesante, porque son muy distintas de lo que ellos piensan. Por la misma razón, los niños se entienden mejor y aceptan más fácilmente las nuevas explicaciones que da otro niño o una gente que piensa de manera parecida a ellos.

Para que las ideas de los niños se vayan acercando a las de la ciencia, es necesario seguir un proceso en el que las concepciones de los niños pueden parecer errores pero que en realidad son pasos indispensables en el camino que los acerca a las concepciones científicas. Muchos de estos aparentes errores en las

ideas de los niños también han sido concepciones que en otros tiempos ha mantenido la ciencia. La ciencia también sigue un proceso en su construcción y lo que hoy parece correcto mañana se encuentra que es insuficiente o parcial y debe ser cambiado por una explicación mejor para algún fenómeno natural.

En ese proceso es necesario que los niños se den cuenta de cuáles son sus ideas y las comenten con otras personas. Por eso la enseñanza de las ciencias pretende que los alumnos piensen sobre lo que saben acerca de su realidad, que lo sepan exponer y que confronten sus explicaciones con las de sus compañeros, con la información que les da el maestro u otros adultos y con lo que leen en los libros o reciben a través de otros medios de comunicación como la televisión. De esta manera los niños pueden modificar las ideas que les resulten inadecuadas.<sup>4</sup>

En esta interacción con el medio social y natural se va desarrollando el hábito de reflexionar sobre la realidad y con ello los alumnos construyen poco a poco su conocimiento sobre ella.

Con actividades sobre temas científicos y tecnológicos los alumnos elaboran nuevos conocimientos sobre su medio natural, pero sobre todo pueden desarrollar las actitudes de:

- Expresar sus ideas para que otros las entiendan.
- Predecir lo que puede ocurrir en ciertas situaciones.
- Aprender a comprobar sus ideas.
- Argumentar lo que piensan para tratar de convencer a los demás.
- Buscar explicaciones a nuevos problemas para tratar de entender por qué ocurren.

<sup>2</sup> El trabajo de Piaget explica los mecanismos mediante los cuales los niños desarrollan sus estructuras cognitivas y sus concepciones sobre un fenómeno a partir de su relación con el medio natural. Para Piaget la interacción social sólo juega un papel en el aprendizaje cuando ya existen las estructuras intelectuales formadas en la interacción con el mundo físico. Mientras que para Vygotsky (1984) la interacción social es la que permite desarrollar las estructuras cognitivas que después permiten al niño actuar sobre e interpretar individualmente los fenómenos naturales. Por eso para Vygotsky la comprensión del mundo físico está fuertemente influida por categorías sociales que se interiorizan de un cierto contexto social y cultural. Para él como para Bruner (1984) el conocimiento y el pensamiento humano son básicamente culturales y así la mayor parte del aprendizaje es una actividad comunitaria, en compartir la cultura.

<sup>3</sup> Se ha encontrado que estas ideas, en algunas ocasiones, son muy difíciles de modificar; por eso uno de los temas de investigación en enseñanza de la ciencia más importantes en la actualidad es el que trata de responder a la pregunta: ¿en qué condiciones se cambia una concepción o un conjunto de concepciones por otras? (Posner *et al.*, 1982).

<sup>4</sup> Dentro de las concepciones vygotskianas (Bruner, 1984) el lenguaje constituye un medio fundamental para desarrollar el razonamiento del niño. El aprendizaje consiste en la interiorización de procesos que ocurren en la interacción entre las personas. Por eso las tareas de cooperación y ayuda de los adultos hacia los niños son importantes. Los niños aprenden en la expresión de sus ideas, en la discusión y confrontación de sus opiniones, pero también, la imitación de un adulto; la guía y la demostración permiten estimular los procesos internos de desarrollo para que después el niño pueda realizar las tareas individualmente.



..... **Cómo se aprende y se puede enseñar ciencias naturales**

- Comparar situaciones para encontrar diferencias y semejanzas.
- Escuchar y analizar opiniones distintas a las suyas.
- Buscar coherencia entre lo que piensan y lo que hacen, entre lo que aprenden en la escuela y fuera de ella.
- Poner en duda la información que reciben si no la entienden.
- Colaborar con sus compañeros para resolver juntos los problemas planteados.
- Interesarse por entender por qué ocurren las cosas de una cierta manera y analizar si no pueden ocurrir de otra.<sup>5</sup>

El desarrollo de estas actitudes es un aprendizaje más importante para acercarse al conocimiento científico y al de la vida diaria, que el memorizar cierta información que la ciencia y la tecnología han elaborado.

Para desarrollar estas capacidades es necesario que el maestro propicie los comentarios entre los propios niños, que dé tiempo para que ellos discutan sus diferencias y que compartan sus conocimientos y sus ideas sobre los fenómenos naturales.<sup>6</sup> Los niños aprenden mucho de lo que otros niños saben y de lo que no saben, de sus argumentos y de sus *errores*, porque las ideas de otro niño están cerca de lo que ellos mismos pueden razonar y comprender.

La experimentación<sup>7</sup> sobre los fenómenos naturales que llamen su atención y despierten su curiosidad, permite que los niños comparen lo que se imaginan que va a ocurrir en una situación con lo que ellos pueden percibir y que confronten sus explicaciones con las explicaciones de otros alumnos. No se pretende que en todos los casos lleguen a los conceptos como los entiende la ciencia, sino simplemente que evolucione su forma de ver las cosas y de explicarse por qué ocurren. Este proceso es el aprendizaje.

En algunas actividades pueden surgir muchas explicaciones diferentes dependiendo de lo que piensa, lo que le interesa y lo que puede interpretar cada niño. La respuesta a un problema no es única. Los niños pueden discutir la diferencia entre sus respuestas para enriquecer las conclusiones de cada uno y para darse cuenta en qué están de acuerdo y en qué piensan distinto. Con esta discusión también aprenden a argumentar, a darle coherencia lógica y a ampliar sus ideas.

El maestro puede ayudar, por medio de preguntas y de actividades, a que todos los niños expresen sus ideas y comenten sobre lo que piensan ellos y sus compañeros. El docente puede propiciar la confrontación de puntos de vista distintos entre los niños y tratar de que lleguen a sus propias conclusiones, así como que analicen y expliquen aquellos sucesos y fenómenos que llaman su atención. Es importante incorporar a la dinámica de la clase, todo lo que los niños saben, ya sea que lo hayan aprendido en la escuela o fuera de ella. Sus dudas y sus intereses también forman parte de la clase, así como el proceso que siguen para construir nuevas explicaciones.

Lo que un alumno es capaz de aprender, en un momento dado, depende de características individuales (como su nivel de desarrollo, sus conocimientos previos, sus aptitudes intelectuales, su interés), pero también del contexto de las relaciones que se establecen en esa situación<sup>8</sup> en torno al conocimiento, y sobre todo, del tipo de ayuda que se le proporcione.

Al seguir el proceso de reflexión de los niños en su aprendizaje, el maestro puede darse cuenta de cuándo es necesario hacer una pregunta, introducir una duda, confrontar dos explicaciones distintas de los niños sobre un mismo problema, hacer un comentario o dar una información para que los niños avancen en sus explicaciones y reflexionen sobre lo que piensan. En esas situaciones puede aportar la

.....

<sup>5</sup> Estas actitudes se encontraron en un trabajo de investigación etnográfica en la escuela primaria oficial al indagar cuáles son las características de las situaciones de aula que, en condiciones habituales de trabajo de los maestros, más propician la participación de los alumnos, desde sus propias concepciones, en la elaboración del conocimiento científico en el salón de clases (Candela, 1989).

<sup>6</sup> En la actualidad se ha encontrado que el razonamiento del niño se desarrolla en la cooperación, discusión y confrontación de ideas entre iguales (Perret-Clermont, 1981; Coll, 1984).

<sup>7</sup> Las actividades experimentales son una de las formas más eficaces para estimular el interés de los niños y la construcción de explicaciones a los fenómenos naturales que asimismo, propician la expresión de opiniones propias de y argumentación sobre sus ideas. En el aula las actividades experimentales permiten que los niños tengan un referente alternativo a las opiniones del maestro (Candela, 1989).

<sup>8</sup> El conocimiento tanto en la ciencia como en el aula se construye en las relaciones sociales que participan en el proceso. En el proceso de elaboración del conocimiento juega un papel importante el lenguaje y comprensiones comunes (Edwards y Mercer; 1988).

información que se requiera o ayudar a que los niños la busquen.

Es conveniente que el maestro se prepare buscando los lugares donde se puede obtener información sobre los temas que a los niños les interesa investigar, para poder guiar y apoyar su propio proceso, así como para transmitirles aquella información cuya necesidad haya surgido previamente en sus alumnos.

El maestro no necesita conocer la respuesta a todas las preguntas de los niños. Su papel consiste principalmente en hacerlos reflexionar y enseñarlos a buscar información cuando la necesiten. Por eso a veces puede devolver la pregunta de un niño al grupo para que entre todos encuentren sus propias respuestas. También puede investigar en los libros junto con los niños o consultar a otras personas para resolver sus inquietudes.

Para que esto ocurra es importante que el maestro trate de entender el razonamiento que siguen los niños, que retome las preguntas que se hacen y las respuestas que dan, y que apoye las discusiones entre ellos para que lleguen a sus propias conclusiones. Los alumnos aprenden cuando siguen su razonamiento, porque sólo pueden incorporar la información que está dentro de su lógica.

No se debe olvidar que no todos los niños son iguales y que cada uno expresa lo que sabe y lo que le preocupa de diferente manera. Unos tienen más facilidad para dar sus opiniones o para argumentar lo que creen, otros tienden a hacer las cosas más que a explicarlas con palabras y a desarrollar una habilidad práctica que es importante. Otros más pueden expresarse mejor por escrito o con dibujos. Tomar en cuenta estas diferencias es importante para valorar el trabajo de los niños de acuerdo a sus aptitudes naturales y a las dificultades que pueden tener para ciertas formas de manifestación.

Los temas de ciencia y tecnología que se traten dependen de los intereses de los niños, de las sugerencias de libros y programas y de los propios intereses y conocimientos del maestro, siempre que estos se abor-

den al nivel de elaboración y de interés que los alumnos pueden tener.

El maestro no debe olvidar que él es el único que conoce a su grupo, que él es el que sabe interpretar los intereses y las inquietudes de sus niños y que en sus manos está tomar las decisiones que considere convenientes para meterse con sus niños en la aventura del conocimiento y para enseñarlos a disfrutar el placer de conocer nueva información y de entender lo que antes resultaba inexplicable.

### Bibliografía

- Bruner, J., *Acción, pensamiento y lenguaje*, Madrid, Alianza-Psicología, 1984.
- Candela, María A., *La necesidad de entender, explicar y argumentar: Los alumnos de primaria y la actividad experimental*, Tesis de maestría en Ciencias de la Educación, México, Departamento de Investigaciones Educativas, Cinvestav-IPN, 1989.
- Coll, C., *La conducta experimental en el niño*, CEAC, Barcelona, 1978.
- , "Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar", en *Infancia y Aprendizaje*, núms. 27-28, 1984, pp. 119-138.
- Edwards, D. y N. Mercer, *El conocimiento compartido. El desarrollo de la comprensión en el aula*, Madrid, Paidós-MEC, 1988.
- Ortega, R., "El grupo aula como un sistema de relaciones socioafectivas", en *Investigación en la escuela*, núm. 10, 1990, pp. 51-59.
- Perret-Clermont, A.N., "Perspectivas psicossociológicas del aprendizaje en situación colectiva", en *Infancia y aprendizaje*, núm. 16, 1981, pp. 29-41.
- Posner, G.J., K.A. Strike, P.W. Hewson y W.A. Gertzog, "Accommodation of scientific conception: towards a theory of conceptual change", en *Science Education*, 66 (2), 1982, pp. 211-227.
- Vygotsky, L.S., "Aprendizaje y desarrollo intelectual en edad escolar", en *Infancia y Aprendizaje*, núms. 27-28, 1984, pp. 105-116.



# La interacción del profesorado y el alumnado



Carmen Fernández, Isabel Porta,  
Manuela Rodríguez, Rosa María Tarín y Nuria Solsona



Cuando pensamos en el trato que establecemos cotidianamente con nuestro alumnado nos parece que no hacemos ningún tipo de diferencia entre alumnos y alumnas. Pero una observación más detallada en clase nos aportaría, quizá, datos que no esperábamos. Por ejemplo, ¿hemos pensado alguna vez si preguntamos el mismo número de veces a las mujeres que a los hombres?, ¿nos hemos fijado en si responden por igual a las preguntas que formulamos al conjunto de la clase?

Si pensamos en nuestra propia experiencia docente, por ejemplo la clase de hoy mismo o la de ayer, ¿establecimos el mismo número de interacciones con los niños que con las niñas? La cantidad de tiempo dedicada en estas interacciones ¿es la misma?

Si pensamos en la calidad de estas relaciones, es decir en su contenido, ¿ha sido igual según se trate de niñas o de niños?

Los trabajos de investigación que se han hecho sobre estos aspectos nos permiten hacer una descripción de la situación y analizar sus causas.

## Las interacciones en el aula

### Observación de la situación

Los niños, generalmente, reclaman más nuestra atención que las niñas en cuestiones disciplinarias. Por



Tomado de *Cuadernos para la Coeducación*, núm. 8, *Una mirada no sexista a las clases de Ciencias Experimentales*, Barcelona, Institut de Ciències de l'Educació, Universitat Autònoma de Barcelona, 1995, pp. 61-72.

ello, muchas veces utilizamos las preguntas para mantener la atención y el interés, y de esta manera intentar mejorar el comportamiento de nuestros alumnos. Pero los niños también reclaman más nuestra atención desde un punto de vista intelectual. Contestan más veces y más rápidamente que las niñas a preguntas formuladas a toda la clase, e incluso se pueden saltar el turno y contestar, aunque no les toque, si las preguntas son dirigidas.

Las niñas cuando hablan suelen hacerlo de una manera más cuidada y precisa y con más relación a la pregunta formulada. Toman la iniciativa menos veces pero sus intervenciones están más estructuradas y pensadas.

Nuestra experiencia también nos confirma que el comportamiento más rápido por parte de los niños no implica que sus respuestas sean siempre las más adecuadas.

Si trabajamos en una escuela de primaria podremos comprobar que, en caso de retraso escolar, el número de niñas que reciben ayuda individualizada en aulas de educación especial o de refuerzo es menor que el de niños.

### Análisis de las causas

Las recientes investigaciones psicológicas confirman que la mayor o menor rapidez o protagonismo no es-



tán asignadas de una manera innata a ningún sexo, sino que se van consolidando y formando, al igual que el género, a lo largo de la socialización. Este factor, junto a la imagen de ciencia que ofrecemos en nuestras clases, ayuda a consolidar la inseguridad y desconfianza de las mujeres en sus capacidades científicas y su papel de observadoras pasivas. Simultáneamente, se potencia el papel dominante y activo de los niños y la seguridad en sus capacidades científicas.

Tanto la cualidad como la cantidad de estas interacciones están relacionadas con el campo afectivo. Como dicen D. Morissette y M. Gingras (1991), las estructuras afectivas e intelectuales de nuestro alumnado se adquieren o se modifican según las experiencias vividas y las interacciones establecidas en un ambiente favorable o desfavorable, acompañadas de los estímulos correspondientes.

Por eso deberíamos ser conscientes de que hay que contar con todas las potencialidades de nuestro alumnado, tanto en las dimensiones afectivas como en las cognitivas o motrices. Si no promovemos la adecuada relación interactiva con nuestro alumnado en el dominio afectivo, perderemos la ocasión de mejorar también el dominio cognitivo y motriz.

Así, pues, las diferentes interacciones vividas por los alumnos y por las alumnas en las clases de ciencias pueden servir de estímulo y refuerzo continuo en el caso de los alumnos y de distanciamiento en el caso de las alumnas.

**Pautas de actuación**

Sería interesante que observásemos en nuestras propias clases algunos de los aspectos descritos. Proponemos utilizar pautas de observación como las que figuran en las páginas siguientes. La mejor forma de utilizarlas es con la ayuda de otra persona. En su defecto, con la utilización de aparatos audiovisuales.

En las pautas de observación distinguimos entre las interacciones que se hacen por iniciativa del profesorado y las que son por iniciativa del alumnado. También diferenciamos, en cada caso, algunos tipos de interacción que suelen darse en una clase.

Por ejemplo, en las interacciones por iniciativa del profesorado podemos distinguir entre las preguntas que formulamos y las respuestas que obtenemos. Estas preguntas pueden ser abiertas al conjunto de la clase o individualizadas. Las respuestas del alumnado pueden ser lentas, rápidas, adecuadas, no adecuadas.

**Hoja de registro: las interacciones en la clase de ciencias  
Interacción por iniciativa del profesorado**

Centro:  
Observación realizada por:  
Curso:

Fecha:  
Número de alumnas:  
Número de alumnos:

Nombre									
Orden de intervención									
Preguntas	Abiertas								
	Individualizadas								
Número de intervenciones									
Tiempo de interacción									
Respuestas	Lentas								
	Rápidas								
	Adecuadas								
	No adecuadas								
Ayuda/refuerzo									
Relacionadas con la disciplina									



..... **La interacción del profesorado y el alumnado**

**Hoja de registro: las interacciones en la clase de ciencias**  
**Interacción por iniciativa del profesorado**

Centro:

Fecha:

Observación realizada por:

Número de alumnas:

Curso:

Número de alumnos:

Nombre								
Número de veces que pregunta								
Ayuda/refuerzo								
Relacionadas con la disciplina								
Número de interacciones								
Tiempo de interacción								
Número total de interacciones								
Tiempo total de interacciones								

También por iniciativa tanto del profesorado como del alumnado, se establecen interacciones del tipo ayuda/refuerzo o relacionadas con la disciplina.

En una primera observación se puede contar el número de veces que se produce cada tipo de interacción y en una observación más precisa, el tiempo que dura cada una.

Es importante la toma de conciencia por parte del profesorado sobre esta situación, y también que el conjunto de la clase reflexione sobre ello.

Otras pautas de actuación pueden ser:

- Controlar el tiempo de intervención por parte del alumnado y el de dedicación por parte del profesorado.
- Intentar no hacer preguntas dirigidas a toda la clase.
- Buscar mecanismos que aseguren la intervención y participación igualitaria (por orden de lista, por lugar de colocación en el aula...).
- Fomentar el trabajo en grupos reducidos, pues favorece más la participación de niñas y niños.
- Elogiar las respuestas o parte de respuestas correctas de las niñas.
- Promover las reflexiones con toda la clase para llegar a acuerdos compartidos siempre que sea posible.

Se trata, por tanto, de potenciar todas aquellas medidas que puedan aumentar la confianza de las niñas en sus capacidades científicas y aumentar en los niños la capacidad de reflexión previa a la acción. Pensamos que todas estas actuaciones tendrán sus dificultades cuando queramos introducirlas en nuestras clases; serán las mismas niñas quienes más resistencia ofrecerán, pues aceptarlas significa, de alguna manera, reconocer una cierta situación de inferioridad, que puede costar asumir.

Será necesario, pues, introducir todas las modificaciones planteándolas como carencias en diferentes aspectos o dominios tanto de las niñas como de los niños, y no como problemas sólo de las niñas en ciencias.

**Los papeles en los trabajos prácticos**

Como hemos visto en el apartado anterior, hay interacciones diferidas entre el profesorado y el alumnado, según se trate de hombres o de mujeres. Si esto ocurre en nuestras clases, ¿qué debe ocurrir en nuestros laboratorios?

Los resultados obtenidos en las investigaciones realizadas en el proyecto GIST (1983) y en el proyecto IDEA (1991), junto a nuestra práctica diaria, nos dan pautas para contestar a la pregunta anterior.



## La enseñanza de las ciencias naturales

### Observación de la situación

A menudo pensamos que el hecho de que tanto alumnas como alumnos limpien el material que utilizan presupone un papel igualitario en los trabajos prácticos.

En nuestra práctica observamos, en cambio, que los niños tienen una cierta tendencia a acaparar el material o aparatos comunes de toda la clase; tienen

una actitud más activa en la realización de experiencias y presentan más interés, de entrada, en aparatos y máquinas. Se diría que están más predispuestos a hacer cosas, a manipular, aunque a veces de una manera un tanto irreflexiva.

Las niñas se muestran a menudo menos activas, poco arriesgadas en aparatos potencialmente peligrosos, e incluso menos interesadas. También tie-

### Hoja de observación: los papeles en los trabajos prácticos

Centro:

Observación realizada por:

Curso:

Fecha:

Número de alumnas:

Número de alumnos:

Número alumnado componentes grupos									
Orden empezar manipular (en el grupo)									
Orden utilización material común (en el grupo)									
Número de veces que pide ayuda									
Número de veces que recibe ayuda									
Funciones dentro del grupo (grados A, B, C)	Grado de manipulación de aparatos								
	Grado dedicado anotación datos								
	Grado dedicado redacción informes								
	Grado dedicado limpieza								
Actuación del profesorado (grados A, B, C)	Grado ayuda verbal								
	Grado ayuda manipulación								
	Grado refuerzo positivo								
	Grado refuerzo negativo								



## La interacción del profesorado y el alumnado

nen una actitud más reflexiva, menos movida y con más cuidado del material. Ponen más interés en la lectura de las instrucciones y en la confección de los informes.

Por lo que respecta al profesorado, hay que decir que con las mujeres frecuentemente adoptamos en el laboratorio una actitud más paternalista, ayudándolas a acabar las prácticas o a hacer los montajes, mientras que animamos a los niños a superar solos los retos.

### Análisis de las causas

El comportamiento observado en los niños puede ser debido no sólo a una actitud precipitada o reflexiva, sino también al hecho evidente que ellos llegan con un proceso de socialización diferente, están más acostumbrados que ellas a hacer tareas de manipulación parecidas a las que proponemos en el laboratorio, y ya conocen algunos aparatos.

Las niñas tienen experiencia previa en estas tareas de manipulación y precientíficas a causa del tipo de juegos y juguetes que han tenido en la infancia y adolescencia. Tienen más experiencia previa en actividades ligadas a la vida doméstica y no siempre la pueden utilizar en el tipo de prácticas que proponemos.

Otra posible causa de esta actuación diferente puede ser el modelo de inseguridad manipulativa que ofrecemos a veces las profesoras respecto de los profesores. Nuestra propia socialización diferenciada puede explicar esta imagen.

Debemos partir de la idea de que en las actividades de enseñanza/aprendizaje, los campos cognitivo y afectivo son indisociables del campo motriz. En el laboratorio tenemos la oportunidad de trabajar más específicamente en el campo de la manipulación. Por lo tanto, pensemos que trabajar la problemática de las alumnas en el laboratorio tiene importancia no sólo en sí mismo sino por las repercusiones que cualquier carencia en este terreno puede tener en su desarrollo cognitivo y afectivo.

### Pautas de actuación

Mediante pautas de observación como la que proponemos más adelante podremos detectar estas y otras cuestiones que pueden darse en nuestros laboratorios. La pauta propuesta contempla:

En la primera columna se pondrá el nombre y apellido de cada miembro de un mismo grupo de trabajo. Deberá señalarse, por ejemplo, mediante una línea de trazo más grueso, la divisoria entre uno y otro grupo.

Lo más frecuente es que el material que se vaya a utilizar sea común para todo el grupo. En este caso, en la segunda columna se anotará el orden en que cada miembro del grupo empieza a utilizar algún material de uso común. Se trata, pues, del orden dentro del grupo (por ejemplo: 1-2-3-4).

En otras ocasiones, además, hay que utilizar un tipo de material que es para toda clase. Si el profesor o la profesora no determina ningún orden de utilización por parte de los grupos, será interesante, en este caso, llenar la tercera columna para ver cuál es el grupo que primero lo utiliza. Se anotará por tanto, 1° o 2°..., a todos los miembros del grupo, o bien 1°, 1°, o 1° 2°..., si se puede distinguir dentro del primer grupo que haya tomado el material quiénes lo utilizan primero.

Cuando el orden de utilización venga predeterminado por el profesor o profesora, puede anotarse el orden en que lo utiliza cada persona dentro del grupo. Si no hay material común, la tercera columna quedará en blanco.

La cuarta y la quinta columnas (número de veces que solicita y recibe ayuda) hacen referencia a una valoración semicuantitativa de diferentes actitudes de cada niña y cada niño. La persona que realice la observación determinará si los códigos A, B, C, los asigna de una manera ascendente o descendente. Una posibilidad es A = grado elevado, B = grado medio, y C = grado bajo.

Las cuatro últimas columnas se refieren a la actuación del profesorado, valorado semicuantitativamente mediante los códigos A, B y C. Estas columnas matizarán el tipo de ayuda que se había contabilizado en la quinta columna (número de veces que recibe ayuda).

Para conseguir anotar toda la información de esta pauta es necesaria la presencia de una persona observadora externa que se dedique exclusivamente a ello durante toda la hora. Es imposible que lo haga el mismo profesor o profesora, o que se haga mediante una grabación en video.

Al igual que en el caso de las interacciones, el conocimiento por parte del profesorado de esta realidad y las reflexiones con la clase son primordiales.



## La enseñanza de las ciencias naturales

Otras ideas que nos pueden ser útiles son:

1. Por lo que respecta a la organización de los grupos de prácticas:

- Pactar el intercambio rotativo de las diversas funciones dentro del grupo de prácticas.
- Ofrecer diferentes posibilidades de agrupación del alumnado (a veces grupos de niños o niñas, sin mezclar, y otras veces grupos mixtos).

2. Por lo que respecta al contenido de las prácticas:

- Programar actividades de investigación en que se implique a toda la clase en el diseño y en la experimentación. Por ejemplo, creación de un observatorio meteorológico para familiarizar a las alumnas con este tipo de investigación. Mantenimiento de terrarios y acuarios en los que todos y todas hagan turnos para limpiar y cuidar de plantas y animales.
- Incorporar la vida cotidiana y doméstica al tipo de prácticas que propongamos a nuestro alumnado.
- Aportar la experiencia de personas ligadas a actividades domésticas relacionadas con las ciencias: alimentos, salud, higiene, plantas, animales...
- Crear talleres de autonomía personal en los que se trabajen los temas básicos: cocinar, lavar, planchar, reparaciones domésticas, cuidar de personas, uso de aparatos técnicos y utensilios sencillos...
- Incorporar temas de prácticas que impliquen la resolución de problemas concretos en el contexto de las necesidades humanas, y no solamente en la simple aplicación de conocimientos teóricos.

3. Por lo que respecta a las niñas:

- Organizar grupos sólo de niñas hasta conseguir una autonomía y seguridad personal mayores en algunos temas o actividades, por ejemplo en tecnología, informática...
- Animar a las niñas a la manipulación de todo tipo de material y en especial de herramientas, aparatos y máquinas.
- Combatir el miedo a cometer errores por parte de las niñas, que les impide, a veces, llevar a cabo una práctica.

4. Por lo que respecta a los niños:

- Animarlos en la elaboración cuidadosa de los informes escritos y en la limpieza del lugar de trabajo y del material utilizado.
- Combatir la precipitación irreflexiva por parte de los niños en la manipulación del material.

5. Por lo que respecta al grupo-clase:

- Hacer una crítica con toda la clase siempre que utilicemos una práctica que responda a criterios sexistas.
- Evitar por medio de las prácticas la competitividad en los grupos de trabajo.
- Favorecer la solidaridad y cooperación entre los miembros del mismo grupo y entre los diferentes grupos.
- Reflexionar conjuntamente con el alumnado sobre la no-neutralidad de los criterios implícitos en el método científico.
- Aprovechar todas las ocasiones posibles para valorar la participación de las científicas en el perfeccionamiento de aparatos y utensilios de trabajo experimental, además de su participación a lo largo de la historia en la construcción del pensamiento científico.
- Potenciar todas las actividades prácticas que fomenten la autoestima en las mujeres, valorando a un mismo nivel todas las capacidades de nuestro alumnado (comunicativas, afectivas, manipulativas, cognitivas...).

En este terreno nos encontraremos con diversas dificultades en el momento de llevar a la práctica las acciones: por parte de las niñas, su poca confianza en tener éxito en el trabajo manipulativo y la posible lucha contra el prejuicio de los mismos compañeros o, incluso, del profesorado, que las consideran menos capacitadas para el trabajo práctico; por parte de los niños, la predisposición al dominio del espacio y del material de laboratorio, ya que se consideran más hábiles que sus compañeras.

### Las expectativas del profesorado y del alumnado

Hemos visto en los apartados anteriores que existe una interacción diferente del profesorado con el



## La interacción del profesorado y el alumnado

alumnado, según sean niños o niñas, tanto en clase como el laboratorio.

Una de las posibles causas de esta diferente interacción es que tanto el profesorado como el alumnado tienen distintas expectativas de las capacidades científicas y perspectivas profesionales de los niños y de las niñas.

Los datos recogidos en diversos estudios nos informan que ellas obtienen calificaciones iguales o superiores a las de sus compañeros en asignaturas de ciencias, pero llegado el momento de escoger, eligen más opciones de letras. ¿Por qué motivos se produce esta libre elección tan diferente en nuestros institutos? ¿Será que el alumnado lleva ya integrado un modelo estereotipado de lo que quiere decir ser niño o niña, y por lo tanto escoge la carrera que le parece más adecuada para su sexo? Y no sólo las carreras profesionales concretas, sino en general el mundo de las ciencias y de las letras.

Este modelo estereotipado está en nuestra sociedad. Pero, ¿hasta qué punto el profesorado lo transmite al alumnado mediante las múltiples interacciones que cotidianamente establece en el aula?

Se han hecho trabajos de investigación fuera de nuestro país (Margaret Spear, 1987) para responder alguna de estas preguntas.

### Observación de la situación

Parece claro que si tenemos esta diferente expectativa respecto de niños y niñas, será en un estadio totalmente inconsciente. Hace tiempo nos planteamos cómo detectar las diferentes expectativas que el profesorado podríamos tener en lo que respecta a *currículum oculto*. Seguimos un proceso parecido al de un trabajo realizado por M. G. Spear en Inglaterra, con una muestra de 300 profesores y profesoras.

Nosotras trabajábamos con una muestra de 23 profesores y profesoras de física y química de diferentes institutos de los alrededores de Barcelona. Tomamos tres exámenes reales de física de segundo de BUP correspondientes a tres niveles diferentes, y una redacción sobre "La ciencia y los científicos". Alumnos y alumnas pusieron su nombre real y en una copia pusieron otro nombre, éste del sexo contrario. Se trataba de que los diferentes profesores y profesoras los corrigiesen, evaluaran algunas capacidades científicas y

recomendasen las carreras científicas que a su juicio debían seguir. Los resultados fueron los siguientes:

- Por lo que respecta a las puntuaciones de capacidades científicas atribuidas al alumnado que había hecho exámenes de nivel alto y bajo, no hubo diferencias entre los mismos exámenes firmados con nombre de niño o de niña. Pero en el examen de nivel medio, en nueve de 10 *items* la puntuación concedida al mismo examen firmado con nombre de niño era superior a la concedida al mismo examen firmado con nombre de niña. El hecho que la mayoría del alumnado se halle en el nivel medio es el que otorga significación a los resultados del estudio.
- Respecto a las recomendaciones de carreras científicas los resultados fueron totalmente coherentes en los tres niveles de exámenes y siempre de un mismo signo: las carreras de ciencias recomendadas a los niños eran física, ingeniería, arquitectura, exactas y carreras técnicas en general. Las recomendadas a mujeres fueron: biológicas, medicina, veterinaria, ciencias de la salud. Sólo química fue recomendada por igual a niños y niñas.

En otros trabajos realizados por la misma M. G. Spear se detectan otros aspectos de esta expectativa diferenciada: el profesorado cree que los hombres están más bien dotados para disciplinas científicas, matemáticas y técnicas, mientras que las mujeres están más interesadas por las asignaturas consideradas *artísticas, intuitivas...*

Queríamos insistir en el carácter inconsciente que tienen todas estas *creencias*, pues esta característica hace que sean difíciles de detectar y muy resistentes al cambio.

### Análisis de las causas

El hecho que, el profesorado, mantengamos estas expectativas diferenciadas para hombres y mujeres impregna nuestro trato cotidiano. La percepción que ellas y ellos tienen jugará un papel primordial en la elección del propio futuro profesional. Tal como dice Spear: "las expectativas del profesorado suelen ser profecías que influyen en el resultado previsto".

En la creación de la expectativa de futuro de cada chica y cada chico, la expectativa del profesorado refuerza la dada por el proceso de socialización diferenciado, y la segmentación del mercado laboral acaba de condicionar estas opciones de futuro. Así, en un trabajo que se realizó con alumnado del Baix Llobregat (Josefina Mirandes y Rosa Tarín, 1992) se observó que, al imaginarse su futuro profesional, los niños y las niñas escogían básicamente carreras sexualmente estereotipadas. Habrá que considerar estas expectativas diferenciadas como un factor más a tener en cuenta en el tratamiento de la diversidad en nuestras aulas.

#### Pautas de actuación

El primer paso será hacer un trabajo de concienciación progresiva, cuestionándonos la neutralidad de nuestras actuaciones y de nuestras clases.

Otros pasos que podemos dar son:

- Detectar en nuestras propias clases la existencia de estas expectativas no conscientes (encuestas, debates, entrevistas...).

- Animar a las alumnas a hacer carreras tecnológicas y científicas, ofreciendo modelos de imitación e identificación, a través de las mujeres que han trabajado en materias científicas, tanto a lo largo de la historia como actualmente. Es muy interesante hacer estas discusiones de manera colectiva.
- Hacer que el alumnado conozca mujeres científicas en cargos de responsabilidad, llevándolas a clase o visitándolas en sus lugares de trabajo.
- Desde las tutorías, vigilar que el currículum de nuestro alumnado sea equilibrado (asignaturas optativas de la Reforma).
- Tener en cuenta, en la orientación profesional, no transmitir expectativas de futuro sexualmente estereotipadas.

Pensamos que es importante la contribución que desde las aulas podemos hacer a este tema. Habrá que detectar, primero, y elaborar, después, las expectativas para poder modificar nuestras actitudes.

# Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias

Rosalind Driver, Edith Guesne y Andrée Tiberghien



## Características generales de las concepciones de los niños

### Pensamiento dirigido por la percepción

Un tema que aparece reiteradas veces en diversos ensayos consiste en la tendencia de los alumnos a basar inicialmente su razonamiento en las características observables de una situación problemática. Por ejemplo, sólo consideran que existe luz cuando es lo suficientemente intensa como para producir efectos perceptibles, como una zona iluminada en una superficie, en vez de pensar en una entidad que atraviesa el espacio. Del mismo modo, el azúcar *desaparece* cuando se disuelve, en vez de permanecer aunque en forma de partículas excesivamente pequeñas como para poder ser vistas; y la Tierra es un plano sobre el que está el cielo.

Al enseñar ciencias, conducimos a nuestros alumnos a *ver* los fenómenos y las situaciones experimentales de una forma especial, a ponerse las *gafas conceptuales* del científico.<sup>1</sup> Esto implica que los alumnos construyan modelos mentales para las entidades que no son directamente percibidas, como la luz, la co-

rriente eléctrica o las partículas de la materia. El proceso de modelado que aquí se requiere es complejo: exige que los alumnos construyan y utilicen determinadas *entidades*, que pueden ser conjuntos de objetos o sistemas, que las describan de manera exacta utilizando determinados *parámetros* (por ejemplo masa, volumen, temperatura, carga) y que tengan en cuenta los procesos de *interacción* entre los parámetros, describiendo las relaciones que haya entre ellos (empleando conceptos como fuerzas, calor, corriente eléctrica). La construcción de estos modelos complejos exige considerable esfuerzo por parte del aprendiz y es probable que pase algún tiempo antes de que estas formas de ver el mundo se conviertan en parte estable y útil del *armazón* conceptual del niño.

### Enfoque limitado

Hemos visto que, en muchos casos, los niños toman en consideración únicamente aspectos limitados de situaciones físicas particulares, centrando la atención sobre los elementos sobresalientes de determinadas características especiales. Por ejemplo, la cuestión

Tomado de *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, Madrid, Morata, 1989.

<sup>1</sup> Los modernos filósofos de la ciencia han señalado que las observaciones están sesgadas por la teoría. Karl Popper, en *Conjectures and refutations* (p. 47) afirma que "las proposiciones procedentes de la observación y las derivadas de los resultados experimentales son siempre *interpretaciones* de los hechos observados... son interpretaciones hechas a la luz de teorías".



## La enseñanza de las ciencias naturales

relativa a la combustión de un cerillo en un recipiente cerrado dirigió la atención de los alumnos hacia determinadas características que cambiaban durante la combustión: la combustión misma del cerillo, el *humo* que salía, el *humo* que se disolvía. Al predecir la masa del sistema, los alumnos tendían a centrarse en una de estas características manifiestamente cambiantes, en vez de considerar la interacción entre los contenidos del recipiente como sistema cerrado.

La propensión de los niños a interpretar los fenómenos en relación con sus propiedades o cualidades absolutas adscritas a los objetos, en vez de hacerlo con respecto a la interacción de los elementos de un sistema, aparece asociada a esta tendencia a centrarse en aspectos limitados de una situación dada. Por ejemplo, algunos niños eligen un recipiente de hierro para conservar frío el hielo durante el mayor tiempo posible a causa de las propiedades específicas del hierro (por ejemplo es un sólido, o es frío por naturaleza): no se mostraban proclives a pensar en el problema en términos de interacciones entre el hielo, el recipiente y el aire ambiental. De igual modo, al explicar la acción de un popote o de una jeringuilla, pudimos ver cómo muchos alumnos consideraban únicamente lo que ocurría en el interior, atribuyendo el movimiento del líquido a la fuerza de *succión*, en vez de tener en cuenta que el flujo de líquido era una consecuencia de las diferencias de presión entre el interior y el exterior del popote o de la jeringuilla. Desde una perspectiva científica, el proceso de combustión implica la interacción de la sustancia combustible y del oxígeno; sin embargo, los niños tienden a considerar que la posibilidad de que una sustancia arda constituye exclusivamente una propiedad de la misma.

### **Enfoque centrado en el cambio, en vez de en los estados constantes**

Esta tendencia de los niños, caracterizada por situar el centro de atención en el cambio, en vez de hacerlo en los estados constantes, puede considerarse como un tipo de enfoque limitado. No obstante, creemos que constituye una característica tan importante del pensamiento infantil que la comentaremos por separado.

En varios ensayos hemos visto ejemplos de la tendencia de los niños a centrarse en las secuencias de hechos o en las modificaciones que ocurren en las situaciones con el transcurso del tiempo. Esto indica que tienden a centrarse en los estados de transición de un sistema más que en los de equilibrio. Por ejemplo, al razonar sobre el comportamiento de los fluidos, los niños tienden a considerar que la presión actúa únicamente en las situaciones de desequilibrio, dejando de lado las presiones presentes durante las situaciones de equilibrio. Se da una situación parecida en el dominio de la mecánica, cuando los niños reconocen la acción de una fuerza si perciben algún movimiento; les cuesta más reconocerla cuando los sistemas en cuestión están en equilibrio estático. Sospechamos que en los circuitos eléctricos sencillos aparece un problema conceptual debido a la confusión sufrida por los niños en relación con los estados de equilibrio y con los de transición (por ejemplo, cuando un interruptor está cerrado o abierto en un circuito). Aunque el tratamiento analítico de la corriente requiere el empleo de unas matemáticas notablemente complejas, pensamos que el planteamiento descriptivo de la distinción entre los estados de transición y los de equilibrio en la enseñanza puede ser útil para el aprendizaje de los alumnos.

Quizá podamos comprender mejor esta tendencia a tener en cuenta los cambios en vez de los estados de equilibrio con respecto a lo que los niños creen necesario explicar, lo que pone de manifiesto un aspecto importante del razonamiento causal infantil: el cambio exige una explicación, lo cual requiere la postulación de un mecanismo sencillo que relacione los diferentes estados que presenta un sistema en el curso del tiempo; las situaciones de equilibrio, por otra parte, dado que no presentan modificaciones en el transcurso del tiempo, no requieren explicación, puesto que “las cosas son así”.

### **Razonamiento causal lineal**

Cuando los niños explican los cambios, su razonamiento tiende a seguir una secuencia causal lineal. Postulan una *causa* que produce una cadena de *efectos*, como si se tratase, de una secuencia dependiente del tiempo. Esta tendencia a pensar explicaciones en



## Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias

relación con las direcciones preferidas de las cadenas de hechos indica que los alumnos pueden encontrar problemas a la hora de tener en cuenta la simetría de las interacciones entre sistemas. Por ejemplo, al considerar un recipiente que se calienta, creen que el proceso se desarrolla en una dirección, partiendo de una fuente suministradora de calor hasta un receptor; sin embargo, desde un punto de vista científico, la situación es simétrica, con dos sistemas en interacción, uno de los cuales gana energía mientras el otro la pierde. Como hemos visto, en mecánica los alumnos tienden a pensar que una fuerza, o acción, produce un efecto, como es un movimiento; no les resulta fácil apreciar la naturaleza recíproca de las fuerzas que actúan (por ejemplo, la tercera ley de Newton) desde esta perspectiva, dado que exige que los alumnos abandonen el modo de pensamiento secuencial con su dirección *preferida*.

Otra consecuencia de la tendencia apuntada de pensamiento secuencial y de adopción de una dirección preferente consiste en que el proceso, considerado reversible por el científico, no es estimado necesariamente así por los alumnos. Hemos visto, por ejemplo, que éstos se dan cuenta del efecto del incremento de la presión en una masa de gas encerrada, pero les resulta difícil anticipar el efecto de la reducción de la presión. De igual modo, los alumnos pueden entender que la aportación de energía puede transformar en líquido un sólido; sin embargo, les cuesta más comprender lo que sucede cuando un líquido se transforma en sólido.

### Conceptos indiferenciados

Algunas de las ideas de los niños tienen una amplitud de connotación distinta y considerablemente mayor que las de los científicos. Por ejemplo, con el fin de describir o interpretar un circuito eléctrico sencillo, los niños emplean una noción (que pueden denominar electricidad, corriente, fuerza), que reúne propiedades de distintos conceptos científicos, como corriente, carga y diferencia de potencial. De igual modo, las nociones de peso utilizadas por los niños a menudo incluyen connotaciones de volumen, presión y densidad. El *aire* suele presentar significados notablemente más amplios para los niños que para los cien-

tíficos, incluyendo la noción de mediador general en las situaciones que conllevan la acción a distancia, como las fuerzas debidas a los campos gravitatorios o magnéticos, o como medio necesario para la transmisión del *calor*.

Ya que las nociones sostenidas por los niños suelen incluir mayor cantidad de aspectos y ser más globales que las de los científicos, aquéllos tienden a pasar, en ciertas circunstancias, de un significado a otro de forma no necesariamente consciente. Por ejemplo, las palabras conductor o aislante pueden ser empleadas tanto en el sentido de “calentarse más o menos rápidamente” como en el de “mantener el calor o el frío”. Se trata de nociones claramente diferenciadas desde el punto de vista científico, no obstante, los alumnos no ven la necesidad de efectuar tales distinciones cuando interpretan los hechos.

### Dependencia del contexto

En la sección anterior hemos mostrado cómo distintos conceptos científicos pueden resultar indiferenciados en el pensamiento de los niños. Por el contrario, a menudo éstos emplean ideas distintas para interpretar situaciones que el científico explicaría del mismo modo. Así, en un estudio dedicado al calor, un niño escogía un recipiente de aluminio para conservar caliente la sopa porque “las cafeteras conservan bien el calor, y el aluminio conserva bien el calor”; sin embargo, cuando se le pidió que escogiese un recipiente en el que el agua se mantuviese caliente durante un corto periodo, escogió uno de metal porque “es un conductor... el calor del agua se irá hacia las paredes... y desde allí se irá hacia afuera”. De la misma forma, vimos que los niños de trece a catorce años solían hacer manifestaciones de sentido opuesto sobre la reflexión de la luz, dependiendo de si pudiera verse o no una zona iluminada en la superficie.

Como demuestran estos ejemplos, distintas ideas concurrentes pueden aportarse a la explicación de situaciones que difieren en algunos aspectos perceptivos. En efecto, uno de los problemas que surgen al investigar las ideas de los niños consiste en descubrir modos de comprobar el pensamiento que nos permitan separar la categoría de las respuestas que nos dan, para distinguir entre las ideas que desempe-



## La enseñanza de las ciencias naturales

ñan un papel destacado en el pensamiento de un sujeto o de un grupo y las que se generan como respuestas *ad hoc* en relación con la presión social sufrida en una situación de entrevista o de prueba.

### Algunas concepciones predominantes

Hemos señalado hasta aquí un cierto número de rasgos generales que caracterizan el pensamiento infantil acerca de determinados fenómenos físicos. Aunque estos aspectos generales son útiles y deben ser tenidos en cuenta por los profesores y los técnicos de planificación del currículum, cuando se trata de planear y enseñar temas concretos es importante disponer de información específica acerca del pensamiento infantil respecto a determinados tipos de fenómenos.

El lector se habrá dado cuenta de que ciertas concepciones alternativas aparecen una y otra vez en los estudios referidos a diversas áreas temáticas; aparentemente hay determinadas ideas que prevalecen e influyen en el pensamiento de los niños en relación con situaciones diversas. Una de estas nociones predominantes es la asociación que hacen entre la acción de una fuerza y el movimiento resultante. Esta idea no sólo aparece en las interpretaciones que los niños hacen del movimiento de los objetos que aprecian en el mundo cotidiano, sino que influyen evidentemente también sobre su pensamiento acerca de otras áreas. En el caso de los fluidos, por ejemplo, hemos visto cómo los niños tienden a considerar la presión que se ejerce solamente en un sentido: aquél en la que aparece alguna *acción*. Los problemas que presentan los alumnos a la hora de apreciar el movimiento intrínseco de las partículas pueden partir también de la creencia de que, para que algo se mantenga en movimiento, hace falta la aplicación continuada de una fuerza. Otras ideas que aparecen reiteradamente incluyen la noción de la *succión* provocada por el vacío. Esta idea basada en la percepción se invoca no sólo para describir el movimiento de los líquidos, sino incluso para proporcionar la fuerza motriz de las partículas de los gases. La idea de la ligereza del aire influye sobre la comprensión de los niños acerca del comportamiento del aire atmosférico, así como sus interpretaciones de los fenómenos asociados con la combustión.

Estas ideas, una y otra vez reiteradas, que impregnan la comprensión de los niños en relación con un amplio marco de fenómenos naturales, reflejan muchas de las características generales que hemos descrito; suelen derivarse de las percepciones y ponen de manifiesto el razonamiento causal lineal que considera que una acción produce un efecto. Aunque puede que tales ideas no constituyan modelos coherentes y bien articulados para cada sujeto individual, hemos de reconocer que prevalecen en el conjunto de la población. Asimismo, es evidente que están profundamente arraigadas y reaparecen a pesar de la enseñanza. Por tanto, puede ser necesario dedicarles especial atención en la planificación a largo plazo de la educación durante los años de la escuela secundaria.

### El desarrollo de las concepciones

#### Las ideas de los niños y la historia de las ciencias

En ciertas áreas es tentador trazar paralelismos entre las ideas de los niños y el progreso de éstas en el seno de las ciencias mismas. Efectivamente, en varios estudios se pone de manifiesto la notable semejanza entre algunas ideas sostenidas por los niños y ciertas teorías científicas vigentes en el pasado. Hemos tenido oportunidad de ver la descripción del calor como una sustancia, a semejanza de la teoría del calórico. Hemos podido observar las descripciones que los niños hacen de la visión como fenómeno que procede desde los ojos a los objetos, recordando el *fuego visual* de la escuela pitagórica. Hemos visto la explicación del movimiento como una fuerza inherente al objeto, como en la teoría del ímpetu, que afirmaba que el movimiento implica una causa, y que ésta puede localizarse en el mismo cuerpo en movimiento.

No sería conveniente, sin embargo, llevar demasiado lejos el paralelismo entre la historia de la ciencia y las ideas de los niños. En primer lugar, a menudo sólo aparecen algunas características comunes entre la idea empleada por los alumnos y su contrapartida histórica. Cuando los niños describen la visión como un movimiento que arranca de los ojos, no tiene las connotaciones sustantivas del *fuego visual* de las antiguas teorías. En segundo lugar, cuando las ideas en cuestión fueron manejadas por los cientí-



ficos del pasado, formaban parte de sistemas conceptuales coherentes, mientras que las ideas utilizadas por los niños suelen serlo mucho menos. Las nociones que poseen sobre la fuerza y el movimiento, por ejemplo, carecen de la amplitud y coherencia interna de la teoría pregalileana de los ímpetus (la cual, a diferencia del pensamiento de la mayoría de los niños, comprendía de manera patente ideas relativistas).<sup>2</sup>

### El cambio conceptual como proceso a largo plazo

Los cambios conceptuales constituyen un proceso lento y a largo plazo. Como todos los seres humanos, los niños tienden a interpretar las nuevas situaciones en relación con lo que ya conocen, reforzando, por tanto, sus concepciones precedentes. La excepción se produce cuando el aprendiz es incapaz de interpretar una situación de forma coherente. Éste puede hacer interpretaciones alternativas, posiblemente conflictivas, o bien, la situación puede ser tal, que le impida la construcción de cualquier interpretación adecuada. Cuando se producen estas situaciones, en las que el aprendiz ve la necesidad de encontrar un sentido coherente, pueden darse las condiciones necesarias para el aprendizaje conceptual.

En algunos casos, el resultado de la enseñanza parece ser la incorporación del vocabulario científico a las concepciones antecedentes de los alumnos. En un estudio dedicado al estado gaseoso, por ejemplo, contemplamos cómo los chicos utilizaban la palabra *presión*, transmitida mediante la enseñanza, pero implicando la noción de *succión*. De igual manera, los alumnos añadían a su vocabulario las palabras *conductor* y *aislante* sin modificar sustancialmente sus ideas relativas a la transferencia de calor.

Hemos observado, asimismo, casos en los que las nuevas ideas eran modificadas por los alumnos para adaptarlas a sus formas de pensar. En una investigación relacionada con el concepto de la Tierra se da-

ban casos en los que reconocían inicialmente que es redonda, sin embargo, al comprobar las ideas auténticas que sostenían, sus concepciones al respecto eran adaptaciones del modelo de Tierra plana. Al estudiar el papel del oxígeno en la combustión, los alumnos aceptaban rápidamente que el oxígeno era necesario para que ésta se produjese pero, en vez de desarrollar las ideas referidas a la combinación química, tendían a considerar que el oxígeno se consumía.

En otros casos, los niños comienzan a utilizar un determinado concepto en un número limitado de situaciones. Sin embargo, la integración y el uso coherente de los nuevos conceptos constituye un proceso a plazo mucho más largo. Cuando las nuevas ideas entran en conflicto con los puntos de vista de los niños, pueden ser un obstáculo para el aprendizaje. Para integrar estos conceptos nuevos, los chicos quizá tengan que modificar la organización de sus ideas de modo radical, lo que supone una auténtica *revolución* de su pensamiento.<sup>3</sup> Incluso cuando esto ocurre, las ideas nuevas y las antiguas pueden coexistir. Este tipo de aprendizaje, que no se produce frecuentemente, requiere que los niños acumulen nueva información sobre la base de la reorganización de sus concepciones.

Con frecuencia es difícil evaluar la eficacia de la enseñanza en relación con la promoción del cambio conceptual a corto plazo. Efectivamente, es posible que necesitemos reconsiderar nuestros puntos de vista sobre la enseñanza, con el fin de prepararnos a adoptar objetivos a largo plazo en relación con el aprendizaje conceptual de nuestros alumnos. Los niños no adoptan ideas nuevas o modifican las que tenían de manera radical durante el periodo de tiempo dedicado normalmente a una clase ni, incluso, a un conjunto de clases. No obstante, se les puede estimular a que empleen ideas de tipo científico en un marco progresivamente más amplio de situaciones durante un extenso periodo de tiempo.

<sup>2</sup> E. Saltiel y L.Viennot (1985). "What do we learn from similarities between historical ideas and the spontaneous reasoning of students", en *The many facets of teaching and learning mechanics*, P.L. Linjse, WCC-Utrecht, pp. 199-214.

<sup>3</sup> G.J. Posner, K.A. Strike, P.W. Hewson y W.A. Gertzog, "Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change", en *Science Education*, 66 (2), 211-227.

## Algunas cuestiones relativas a la planificación del currículum

### Tener en cuenta los conocimientos antecedentes del alumno

Convencionalmente, la planificación del currículum de ciencias arranca del análisis conceptual de los temas implicados. Las posibles secuencias de enseñanza se preparan mediante el análisis de las ideas más básicas, desde un punto de vista científico, y construyendo el currículum desde ese lugar de partida. Hemos de reconocer que las pruebas aportadas en este libro indican que nuestros esquemas de ciencias pueden dar por supuesto que los alumnos han elaborado ya determinadas ideas básicas, y quizá no sea así. Ideas como las siguientes: la luz viaja a través del espacio, la materia se conserva, y la Tierra es una esfera ubicada en el espacio, se dan por supuestas con frecuencia en nuestros esquemas de enseñanza, aunque es difícil que hayan sido elaboradas de manera adecuada por los alumnos que asisten a las clases de ciencias.

Todo esto indica que, en la planificación del currículum, no sólo es preciso considerar la estructura del tema, sino también tener en cuenta las ideas de los alumnos, lo que puede obligar a revisar los pretendidos puntos de partida de nuestra enseñanza: las ideas que podemos suponer traen los alumnos.

El conocimiento de éstas es también muy importante para programar las tareas específicas de la enseñanza. Cuando sabemos los tipos que prevalecen, podemos proponer actividades que contradigan o amplíen el marco de aplicación de las mismas. Subrayamos aquí algunas estrategias utilizadas por determinados estudios de investigación que pueden ser interesantes para promover el aprendizaje conceptual.

- *Dar a los alumnos ocasiones para que pongan de manifiesto sus propias ideas.* Las ocasiones pueden darse en situaciones de pequeños grupos, en las conversaciones de clase o pidiendo a los niños que hagan una representación de lo que piensan acerca de una situación determinada, por escrito, dibujando o a través de cualquier otro medio.

- *Introducir hechos discrepantes.* La observación de un hecho inesperado puede estimular a que los alumnos piensen sobre esa situación. El conflicto conceptual así provocado puede llevar a que el alumno se encuentre insatisfecho con sus ideas y sienta la necesidad de modificarlas. No obstante, los hechos discrepantes tienen por sí solos un efecto limitado. Como señala Nussbaum, a menos que los alumnos sean ya conscientes de los elementos de sus concepciones preexistentes, de las que se derivan sus expectativas acerca de las situaciones concretas, pueden incluso considerar el hecho como no discrepante. Asimismo, aunque en un niño se desarrolle un conflicto conceptual, esto no significa que construya un esquema de conceptos alternativo.
- *Planteamiento socrático de preguntas.* Cuando las ideas de los alumnos son incoherentes y sin relación unas con otras, el planteamiento socrático de preguntas puede ayudarles a descubrir la posible falta de coherencia de su propio pensamiento, y a reconstruir sus ideas de forma más adecuada. Las discusiones con los compañeros en pequeños grupos pueden proporcionar ocasiones para explorar las propias ideas, contribuyendo al mismo propósito expuesto.
- *Estimular la formulación de un conjunto de esquemas conceptuales.* Si los alumnos han de dar sentido a las cosas por sí mismos, deben estar activamente implicados en la reflexión sobre su propio pensamiento. Uno de los factores que socava este proceso es el síndrome de la *respuesta correcta*.
- A menudo y en muchas clases, alumnos y profesores conspiran juntos, de manera inconsciente, para destruir la comprensión científica de los primeros; ambas partes adoptan la perspectiva de que se intenta lograr la *respuesta correcta*, y los alumnos utilizarán diversas claves irrelevantes de las preguntas rutinarias del profesor, del vocabulario de las hojas de trabajo y de las preguntas de los libros de texto para obtener ese objetivo. Invitamos, por tanto, a estimular a los alumnos a que tengan en cuenta el conjunto de posibles interpretaciones de los hechos y traten de evaluarlas por sí mismos.



## Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias

- La creación de esquemas conceptuales alternativos puede ser promovida en las clases por los mismos alumnos, a través de su análisis en pequeño grupo, el *aluvión* de ideas en clase y la introducción de conceptos nuevos por parte del profesor, o mediante los materiales educativos. Independientemente de la forma en la que se introduzcan las nuevas ideas, los alumnos aún han de darles sentido para ellos mismos: el hecho de que se diga algo a alguien no significa que lo entienda en el sentido que se pretende.
- *Practicar el empleo de la ideas en un conjunto de situaciones.* El problema de la generalización es importante, y hace falta proporcionar oportunidades para estimular su empleo. En especial, es preciso considerar cuidadosamente el papel desempeñado por el experimento en la enseñanza de las ciencias. Para un científico, los resultados de un experimento proporcionan información general sobre una clase de fenómenos; los objetos concretos y los aparatos utilizados se consideran *representativos* de un conjunto de situaciones. Los niños, por otra parte, pueden no tomar en cuenta las características

especiales de un montaje experimental dado en términos tan generales y, por consiguiente, lo que aprendan de un experimento puede restringirse al contexto concreto en el que se ha desarrollado. Así pues, es importante también proporcionar oportunidades a los alumnos para que comprueben el ámbito y los límites de aplicación de los resultados experimentales. De este modo, acrecentarán su confianza en las ideas nuevas, considerándolas útiles.

Las sugerencias ofrecidas para promover el cambio conceptual en las clases son únicamente provisionales en el estado actual de nuestros conocimientos, pues están basadas en una pequeña cantidad de estudios exploratorios.<sup>4</sup> Esperamos que en los próximos años se desarrolle el trabajo cooperativo entre profesores e investigadores que nos permita poner en práctica lo que ya conocemos acerca de las ideas de los niños, con el fin de encontrar formas adecuadas para que las clases se conviertan en lugares en los que el aprendizaje de las ciencias adquiera mayor significado y sea más interesante, y en donde los conceptos de los alumnos sean valorados y se estimule su desarrollo.

<sup>4</sup> Los lectores interesados en información más amplia sobre el cambio conceptual en las clases pueden encontrar útiles las siguientes referencias: B. Bell, D.M. Watts y K. Ellington (Eds.) (1985). *Learning, doing and understanding in science*. Londres, SSCR; R. Driver (1985). "Changing perspectives on science lessons", en *Recent advances in classroom research*. N. Bennett y C. Desforges (eds.), *British Journal of Psychology Monograph*; R. Driver y G. Erickson (1983). "Theories-in-action, some theoretical and empirical issues in the study of student's conceptual frameworks in science", en *Studies in Science Education*, 10, 37-60; J.K. Gilbert y D.M. Watts (1983). "Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education", en *Studies in Science Education*, 10, 61-98; R.J. Osborne y P. Freyberg (Eds.) (1985). *Learning in science: the implications of children's science*, Heinemann Educational Books; R.J. Osborne y M.C. Whittrock (1983). "Learning Science: A Generative Process", en *Science Education* 67 (4), 489-508; *Research on physics education: proceedings of the first international workshop* (1984). París, La Londe les Maures, Editions du CNRS; L.H.T. West y A.L. Pines (1985). *Cognitive Structure and Conceptual Change*, New York Academic Press.





## El lenguaje en la clase de ciencias



Beverly Bell  
Peter Freyberg



Profesor: ¿Una persona es un animal?

Clase: ¡¡Nooo!! (A coro).

Jane: ¡Sí lo es!

Clase: ¡Nooo!

Profesor: ¿Por qué lo dices, Jane?

Jane: Bueno, todos nosotros somos kiwis, ¿o no?\*

(De un aula en Nueva Zelanda con alumnos de ocho años)

El profesor de esta clase estaba discutiendo si las personas eran o no animales, porque ya le habían alertado del hecho de que muchos niños no consideraban que las personas sean animales tal como pueda verlos un especialista en biología. Ahora bien, tanto Jane como él aceptan el criterio del biólogo en el sentido de que toda persona es un animal. Aun cuando los dos están conformes en que “una persona es un animal”, no tienen necesariamente concepciones idénticas ni siquiera similares en su afirmación. Este es el problema sobre el que nos vamos a centrar en el presente capítulo.

### Cuáles son los significados de *animal* y *ser vivo* para los niños

El término *animal* se usa mucho en los libros y clases de ciencias. Ahora bien, si los alumnos están pensando



Tomado de Roger Osborne y Peter Freyberg, *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*, Madrid, Narcea, 1991, pp. 56-73.

\*El nombre del célebre pájaro neozelandés que no vuela, es el apodo por el que se conoce, en el mundo anglosajón, a los habitantes de Nueva Zelanda. (N. del T.)

do en categorías de seres vivos distintas de las que piensa el profesor, entonces puede haber una amplia gama de conceptos, tal como hemos descubierto.

Sirviéndonos también aquí del enfoque *entrevista-sobre-ejemplos* del que ya hablamos anteriormente, hemos emprendido diversas investigaciones sobre los significados que tiene para el alumno el término *animal* (por ejemplo en Bell, 1981b; Bell y Barker, 1982). Los ejemplares y no ejemplares dibujados en tarjetas que se mostraron a los alumnos fueron, por orden: gaviota, vaca, araña, gusano, hierba, gato, hongo, bacalao negro, chico, rana, caracol, elefante, serpiente, fuego, león, ballena, auto, árbol y mariposa. Hay algunos ejemplos de esos grabados en la figura 1.

Para un biólogo, la hierba, el hongo, el fuego, el auto y el árbol, no son animales; sin embargo, únicamente 4 de los 39 alumnos de rendimiento medio, variando en edad de los 9 a los 15 años, situaron los ejemplos categorizándolos de esa manera. Muchos de ellos sólo consideraban animales a los grandes terrestres, tales como los que puede haber en una granja, en un zoo, en casa. Las razones para ser un animal iban desde el número de patas (se espera que los animales sean cuadrúpedos), el tamaño (los animales tienen que ser más grandes que los insectos), su hábitat





### La enseñanza de las ciencias naturales

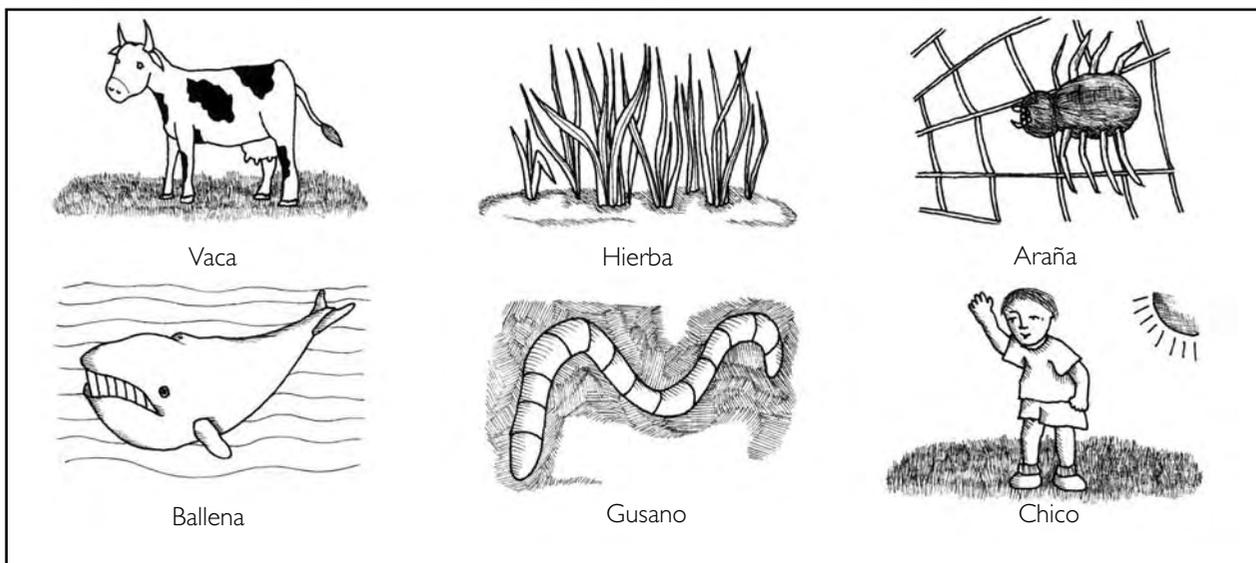


Figura 1

(los animales viven en zona terrestre), el pelaje o la piel externa (los animales tienen pieles curtibles, etcétera) y la emisión de ruidos (los animales emiten alguno).

Se hicieron encuestas para determinar el predominio de estas opiniones en muestras más representativas. La tabla 1 indica las proporciones de las muestras de los profesores en prácticas, profesores con experiencia y estudiantes de biología de primer año de universidad, que consideraron que una vaca, un chico, un gusano, una araña y la hierba, eran animales. Todos ellos fueron entrevistados cuando estaban recibiendo un curso de biología o de prácticas de ciencias. En la figura 2 aparece la proporción de respues-

tas para las muestras representativas de alumnos entre 5 y 15 años, así como de estudiantes de biología con 16 y 17 años de edad. Las curvas en forma de "U" para la ballena, el gusano y la araña, se han hallado con otras muestras, y vale la pena hablar de ellas aquí.

Las entrevistas que hemos hecho a niños de 5 años indican que los pequeños tienen un sistema de clasificación relativamente sencillo. Los de edad más avanzada, sin embargo, ya aprenden que hay insectos, mamíferos que viven en el mar, arácnidos, etcétera. Algunos de estos alumnos tienen un concepto de animal restringido a los mamíferos terrestres. Uno de los niños con quien hablamos, respondió así:

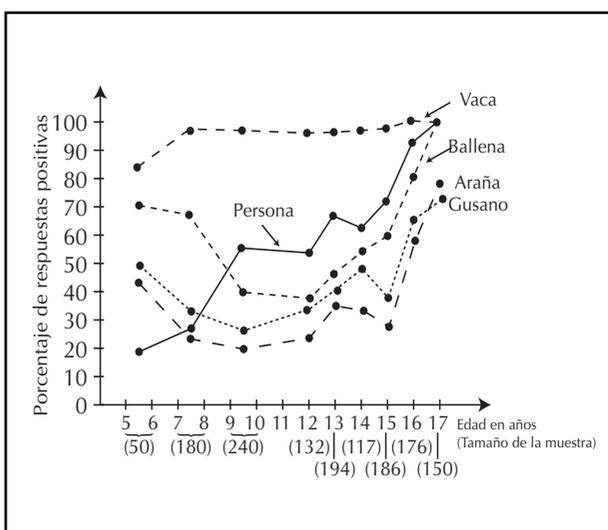


Figura 2

Antes de que empezáramos con lo de ciencias, cuando estábamos aún en una escuela de pequeños, al nombrar a los animales es como si pensáramos en todos ellos. No clasificábamos a los insectos como insectos. Todo era simplemente un animal. Lo que no era humano, claro. Pero ahora... han cambiado las cosas, Ese grupo es de insectos, o de mamíferos, o lo que sea... Cuando uno se hace mayor le dicen que hay insectos y mamíferos, y en esta edad le explican que todo es un animal o una planta... y andan perdiendo el tiempo cuando dicen que lo dividen y clasifican todo. Y luego empiezan a reunirlo todo, al final, otra vez...

(Alumno de 13 años)





Respuestas en porcentajes de varias muestras a la pregunta “¿Es un animal?”

	Once años (N=49)	Profesores de primaria en prácticas (N=34)	Profesores de primaria con experiencia (N=53)	Estudiantes universitarios de biología (N=67)
Vaca	98%	100%	100%	100%
Chico	57%	94%	96%	100%
Gusano	37%	77%	86%	99%
Araña	22%	65%	86%	97%
Hierba	0%	0%	0%	0%

Tabla 1

Da la impresión de que este alumno, como tantos otros, no hubiera comprendido que los insectos y los mamíferos pueden ser considerados como unos subgrupos, o subconjuntos, del grupo de los animales y no como algo paralelo.

Además, lo que se suele utilizar en el lenguaje de cada día es el significado más estrecho del vocablo *animal*, y ello incluso sucede entre los científicos; por ejemplo, cuando leemos el aviso, en tiendas, etcétera, de que “No se admiten animales”, lo interpretamos en el sentido de que no se permite el acceso a los animales domésticos. Aunque los científicos estimen que las personas son animales, no lo son en el sentido vulgar del término, de tal manera que nosotros sí podemos entrar y comprar. De modo similar, los animales van al veterinario y las personas, al médico...

En otro estudio (Stead, 1980) se investigaron los significados para los alumnos de la palabra *vivo*, volviéndose a servir al efecto del enfoque a base de entrevistas-sobre-ejemplos. Un sorprendente número de alumnos consideraba que el fuego, las nubes y el sol estaban vivos; además, algunos de los alumnos mayores podían justificar su clasificación de acuerdo con las características de las cosas vivientes: por ejemplo, el fuego consume la madera, se mueve (vacila y se agita), requiere aire, se reproduce (las chispas originan otros fuegos) y produce desechos (el humo). El predominio de esas ideas se indica en la figura 3, que muestra los resultados de una sencilla encuesta donde a los interrogados se les preguntó si (sí o no) un incendio, un coche en movimiento y una persona estaban vivos. Es el sentido metafórico, más que el

científico, de los significados de *vivo* el más comúnmente usado en el lenguaje cotidiano. Decimos que el fuego está vivo porque se comporta como si fuese; hablamos de un cable *vivo* y de un belén *viviente*. Al igual que sucede con el vocablo *animal*, el término *viviente* tiene dos significaciones comunes: la científica y la vulgar. El problema que se les plantea a los alumnos en clase es el de saber cuál de estos dos significados es el que mejor corresponde a una ocasión en particular.

### Construcción de las ideas previas

Cuando un profesor habla a la clase, hace un esquema en la pizarra, explica un mural o pide a un alumno que lea en alto un texto, su pensamiento (o el del autor del texto) no queda automáticamente transferido a la mente del alumno. Cada uno de los indivi-

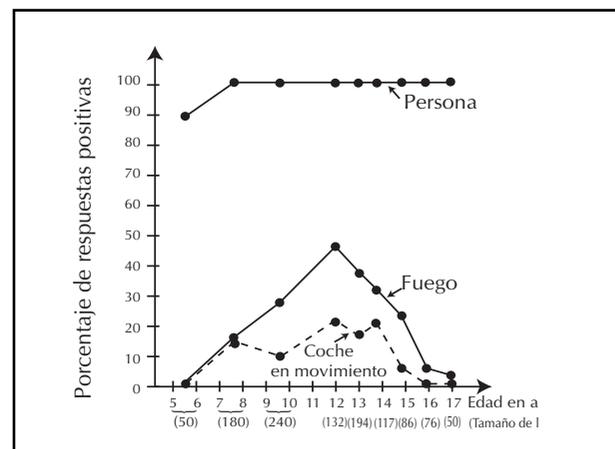


Figura 3. Muestra representativa de respuestas a la pregunta “¿es un ser vivo?” (alumnos de 16 y 17 años que estudiaban biología).



## La enseñanza de las ciencias naturales

duos presentes en el aula forma sus propias ideas a partir de diversos estímulos, incluyendo las palabras específicas leídas u oídas, que hay en ese entorno concreto de aprendizaje.

El grado de semejanza entre el pensamiento construido y lo que se proponía el profesor —si es que se puede prever— dependerá de la manera en que un alumno se enfrente al manejo de ese lenguaje que los profesores utilizamos tan libremente como nuestro medio principal de instrucción. Veamos algunos ejemplos de los diferentes modos en que alumnos y maestros podrán reaccionar ante el lenguaje de la ciencia y dentro del ámbito del aula.

### Ignorar lo que dice el profesor

Si el lenguaje del profesor incluye palabras con las que están poco familiarizados los alumnos y no las explica en el *idioma* de ellos no es posible que entiendan lo que les está diciendo. Los alumnos no lograrán entonces construir unas ideas a partir de la clase oral de su profesor.

La cosa habría estado bien, de haber sabido nosotros lo que esas palabras significaban.

(Alumno de 16 años)

Un problema relacionado con éste y puesto de relieve por Edwards y Marland (1982), es que frecuentemente los alumnos empiezan a elaborar un pensamiento a partir de lo que se les está diciendo, pero el proceso de *construcción* desencadena la asociación de una serie de ideas extraídas del almacén de la memoria, que no tienen influencia sobre la línea argumental que está proponiendo el profesor. El alumno está a la deriva y en otro mundo. A nivel de educación secundaria, por ejemplo, mientras el profesor de ciencias habla sobre el mundo de la teoría, sus alumnos vuelven al mundo de la realidad, a experiencias, imágenes y episodios del pasado. Por supuesto, su incapacidad para elaborar ideas apropiadas dentro del aula no se debe únicamente a la expresión oral del docente:

Ellos (los profesores) van y lo escriben en la pizarra, y uno va y lo anota en sus apuntes... o lo copia del libro de ciencias, cosa que no significa nada.

(Alumno)

Cuando el propio profesor tiene las ideas poco claras, es más probable que trate, consciente o inconscientemente, de oscurecer su falta de comprensión del tema utilizando un lenguaje técnico, expresado de forma oral, escrito en la pizarra o referido al libro de texto.

### Expresiones que suenan a científicas

Cuando el profesor exige a sus alumnos que empleen un lenguaje magistral, es posible que ellos *jueguen el juego*. Como ha señalado Barnes (1976) la insistencia del profesor sobre el uso correcto de las palabras, hace que muchos alumnos se ocupen más de las palabras que de los conceptos. Las observaciones que hemos hecho en el aula lo han confirmado así. Uno de los alumnos que observábamos, por ejemplo, recibió las siguientes expresiones de aliento: “Bien hecho, ahora estás pensando ya como un científico”. Esto lo hizo un profesor que tenía las ideas bastante confusas sobre el tema que estaba enseñando. Aquel alumno había incluido unos cuantos términos científicos en una respuesta que, por otra parte, era incoherente. Los niños pueden aprender a usar expresiones que *suenan* a científicas y a deletrear y pronunciar unas palabras que, sin embargo, carecen de significado para ellos.

Tuvimos que aprender a deletrear fotosíntesis para pronunciarla correctamente, lo cual nos llevó muchísimo tiempo, pero ni siquiera nuestro profesor podía explicarnos qué significaba fotosíntesis.

(Alumno de 16 años, hablando de su experiencia en el aula a los 12)

### Ignorar el lenguaje de los alumnos

Sea cual sea la comprensión de lo científico por parte del profesor, el uso que hace de un lenguaje poco conocido suele permitirle controlar la situación, siempre que mantenga un cierto nivel de interés. Los alumnos que no intentan una interacción con el profesor, utilizando sus propias expresiones —más vacilantes y menos elocuentes—, se encuentran en desventaja; sus intentos suelen verse desvalorizados y hasta ignorados por los profesores. Cambiar mucho de tema también hace difícil la interacción para los alumnos.



## El lenguaje en la clase de ciencias

En cuanto empezamos a saber de qué están hablando ellos (los profesores) cambian de tema... uno se olvida de todo lo que sabe... al final no sabe ni lo que está haciendo.

(Alumno)

Un investigador inglés describía una lección que él había observado, en la que encontró bastantes ejemplos de todo esto que estamos diciendo:

Lejos de contribuir a salvar las diferencias entre su marco de referencia y el de ellos, el lenguaje del profesor actúa como una barrera... a ellos se les deja con su propia experiencia inmediata... la situación de otros miembros de la clase menos clarificados sólo cabe intuirlos... el profesor, atemorizado ante la repentina visión del vacío que los separa, sigue dando clase a toda prisa tal como se la había planteado... él enseña según su marco de referencia, y los alumnos aprenden según los suyos... captando unas palabras que quieren decir para ellos algo diferente y luchando por incorporar este significado a su propio marco de referencia.

(Barnes, 1969: 28-29)

### El mal emparejamiento sin identificar

Cuando el profesor emplea palabras usuales, familiares, con el significado científico en el ámbito del aula, pueden surgir serias dificultades porque, tanto el alumno como él pueden muy bien no darse cuenta, o aún más, ser incapaces de identificar la fuente del problema. Términos tales como *animal*, *planta*, *ser vivo* e incluso *consumidor*, tienen, cada uno, dos o más significados con muy sutiles diferencias, algunos de los cuales son compatibles con otras partes del mensaje, pero no son el contenido previsto y deseado por el enseñante, o el autor del texto de que se trata. Así por ejemplo, la afirmación de que los animales son seres vivos puede ser hecha por cualquier profesor, pueden estar de acuerdo con ella todos los alumnos y sin embargo dar lugar a que estos acaben estableciendo una gama distinta de ideas, según que se use o no el significado científico de animal y ser vivo, o aquel otro que utilizamos en el lenguaje de cada día. La palabra *consumidor*, que posee una significación diferente en el mundo científico y en el económico, es

otro ejemplo. En biología, la palabra consumidor significa un ser vivo que se come (*consume*) a otro para alimentarse. En los estudios económicos el término *consumidor* significa *usuario* de un producto. Pueden surgir problemas si se toma inconscientemente el significado económico en una lección de ciencias; por ejemplo, un alumno que estaba tratando de analizar la frase "todos los animales son consumidores" expresó el siguiente pensamiento:

Todos los animales comen cosas; si alguno no come nada, entonces es que no es un animal; como le pasa a una flor, que no come cosas, de manera que no será un consumidor. Bueno, es un consumidor, pero no de comida. No se come ni a los animales ni a las plantas. Obtiene los minerales del suelo y así va prosperando. (Entonces, ¿hay que llamar consumidoras a las plantas?) Bueno, algo parecido, sí. Sí, porque se sirven de los rayos solares y de los minerales del suelo.

(Alumno de 13 años)

Un biólogo, en cambio, no calificaría a las plantas de *consumidoras* dado que obtienen su propio alimento gracias a la fotosíntesis.

### El emparejamiento identificado

Los alumnos son a veces conscientes de un emparejamiento entre el significado que el profesor da a una palabra y el que le dan ellos, pero siguen utilizando el suyo, aunque produzca grandes dificultades. Así por ejemplo, un alumno con quien discutíamos el significado de la palabra *animal*, nos manifestó lo que sigue:

(¿Cuál de ambos significados cree usted que se utiliza más?) El cotidiano. (¿Cuál usaría usted con el señor P. en la clase de ciencias?) El de cada día, porque resulta más sencillo de recordar. (¿Y cuál cree usted que es el que utiliza el señor P.?) El científico. (¿Cree usted que ello planteará algún problema?) Claro, porque lo que él va diciendo, nosotros en realidad no lo entendemos.

(Alumno de 13 años)

Este alumno juega al *juego* de obtener la respuesta apropiada, pero es incapaz, o no quiere conciliar el



## La enseñanza de las ciencias naturales

significado previsto con su conocimiento anterior. ¡Llamar *animal* a otro ser humano tenía poderosas connotaciones negativas!

### Palabras vulgares

No son solamente las palabras de índole técnica y científica las que pueden inducir a dificultades de comunicación. Las más comunes también pueden tener varios significados. Tómese, por ejemplo, el término *hacer* en la frase “las plantas pueden fabricar su propio alimento usando la energía solar, pero los animales son incapaces de hacer lo mismo”. Una alumna de trece años realizaba el siguiente comentario:

Bueno, los animales no tienen manos y cosas para hacer con ellas su propio alimento, porque tienen cuatro patas. Eso es muy incómodo. No son capaces de hacer las mismas cosas que nosotros, porque nosotros tenemos dedos y manos para ayudarnos. (¿Para poder así fabricar nuestros propios alimentos?) Sí, ellos podrían cultivar sus propias cosechas, comprar cosas, o como si dijéramos preparar cosas para hacer otras, como galletas y todo eso. Y los animales tienen que utilizar la boca; menos un mono, claro.

Aquí, no solamente está usando esta alumna *hacer* de una manera imprevista para el autor, sino que también se sirve del vocablo *animal* en un sentido vulgar, cotidiano, no científico. Su comprensión de la frase ha sido muy distinta de la que se proponía el autor al decirla.

### Resolución de problemas de lenguaje

Hemos identificado distintos problemas respecto de los significados del lenguaje en clase de ciencias, y no sólo porque las palabras que se utilizan pueden resultarles poco familiares a los alumnos, sino porque incluso las más sencillas pueden significar cosas distintas en contextos diferentes.

Para ayudar a los niños a apreciar las diferencias de significado, los hemos distribuido en pequeños grupos, pidiéndoles luego que clasificaran las *entrevistas-sobre-ejemplos*. Las tarjetas de estas entrevistas que tratan de animales, al ser utilizadas por los

chicos de catorce años, por ejemplo, pueden originar un interesante y animado debate, pero no tienen por qué conducir necesariamente a que el punto de vista del biólogo sea aceptado. El extracto que se va a transcribir está tomado de una discusión entre alumnos de 14 años, que no podían ponerse de acuerdo sobre si una araña era o no un animal.

Rangi: Es un insecto, no es (un animal).

George: Pero tiene sangre y todo eso, así que... y tiene ojos y una boca.

Jane: Y seis patas.

María: Es un insecto, y un insecto no es un animal. (George se siente de lo más incómodo colocando a la araña en el montón de los que no son animales.)

Jane: ¿Estás de acuerdo (sobre que no es un animal) o qué?

George: No, no lo estoy... Convénceme de que no es un animal.

María: Bueno, es un insecto, ¿no?

Jane: Ya sabes que en las ciencias, y ellos (los profesores) siempre clasifican a las arañas como insectos.

George: No, no es así. Tienen otro nombre para ellos.

Jane: Yo nunca les he oído (a los profesores) decir que son animales.

María: Parece demasiado pequeño para ser un animal... Uno piensa en un animal como algo grande.

George: Y yo te digo que se pueden conseguir animales pequeñísimos.

Jane: Sí, porque los conejillos de Indias no son tan grandes, ¿eh?

George: Y también hay arañas muy grandotas.

María: Sí, pero no tanto como los conejillos de Indias.

George decidió entonces aceptar los criterios enumerados por los demás miembros del grupo al menos de momento, y éste ya podía pasar a la siguiente tarjeta. Pero, ¿quién sabe realmente cuál era para George en aquel instante la idea de animal, o para el resto del grupo?

Ejercicios de este tipo —y con estos posibles resultados— pueden parecer formas de enseñanza un tanto arriesgadas. En nuestra opinión, sin embargo, tienen un considerable valor, *con tal de que* sean seguidos de cerca por el profesor. Aquí tenemos a unos alumnos que presentan oralmente sus ideas en cien-



## El lenguaje en la clase de ciencias

cias. Con excesiva frecuencia los debates entre los alumnos en el aula quedan limitados a detalles administrativos, tales como quién va ir a buscar el material, en dónde está guardado el papel cuadriculado, quién medirá los tiempos, y así sucesivamente. Muy rara vez, por desgracia, nos encontramos a alumnos que hablan de sus propias ideas científicas subyacentes a la actividad *de la ciencia* en la que se les supone embarcados. Además, siempre en nuestra opinión, si el que aprende ha de modificar sus puntos de vista o apreciar lo que se le está enseñando, es de vital importancia que tenga claras sus propias ideas y criterios. Aunque no recuerdan nada más, es posible que los cuatro alumnos a que nos acabamos de referir hayan caído en la cuenta de que existen varias maneras de pensar acerca de los animales y esto les haga interesarse más por el criterio científico y, como consecuencia, estén mejor preparados para apreciar en qué difiere éste del suyo.

En nuestras clases sobre los animales, y una vez que hemos visto la necesidad de explicar los concep-

tos propios de un biólogo, incluso ante estudiantes de 16 años, nos hemos centrado en la proposición de que todos los seres vivos pueden clasificarse dentro de dos grandes grupos: el de las plantas y el de los animales. Si un ser vivo no es una planta, entonces tendrá que ser un animal, y al revés. Hemos explicado las aves, insectos y mamíferos, como subgrupos de animales. Y esto lo hicimos usando diagramas de árbol, diagramas de Venn y descripciones orales. También hemos explicado estas diferencias por medio del uso vulgar y el científico de la palabra. Hemos ejemplificado los puntos discutidos haciendo participar a los alumnos en distintas tareas, por ejemplo crucigramas, juegos con tarjetas o barajas, con dados *ad hoc* (Bell, 1981c). Hemos realizado actividades parecidas a estas para enseñar las plantas y seres vivos. Solamente cuando se haya aceptado y asimilado el enfoque científico, creemos que es cuando buena parte de la enseñanza de biología que damos a nuestros alumnos tendrá sentido para ellos y se evitarán, en el futuro, sutiles malentendidos.





# La curiosidad

.....

André Giordan  
Gérard de Vecchi



Pocos son los adultos que en nuestra sociedad sienten aún curiosidad por lo que les rodea, de hecho, en el lenguaje coloquial, ¿no quiere decir ser curioso, “meterse en lo que a uno no le incumbe”? ¡Qué lejos de la actitud de los niños pequeños que sienten sed de conocer! ¿Es posible que este motor del saber se disipe *naturalmente* con la edad? ¿Y qué efecto causa esta actitud sobre la apropiación del saber?

## I. La ausencia de una curiosidad real se traduce en una parada de la construcción del pensamiento

En realidad, toda nuestra cultura nos impide plantearnos preguntas, pues estas ya tiene respuesta. Por ejemplo, los periodistas, son curiosos por nosotros, se preguntan por nosotros, debaten por nosotros... piensan por nosotros. ¿Cómo no tender, en ese caso, hacia una cierta pasividad?

En la enseñanza lo vemos aún más claramente: es el maestro el que plantea las preguntas: sus preguntas, deberíamos decir. Y es difícil ser activo frente a un problema que no es nuestro. ¿Los interrogantes que se plantean a los alumnos tienen en cuenta sus motivaciones, su grado de conceptualización y el contexto en el que se sitúan?

.....

Tomado de *Los orígenes del saber*, Sevilla, Díada, 1995, pp. 189-198.

Las pedagogías del diálogo, utilizadas mayoritariamente, son *pedagogías de la adivinanza*. El papel de las preguntas consiste en hacer decir al alumno (o, la mayoría de las veces, a un alumno) lo que el enseñante ha decidido que tiene que decir; frecuentemente sólo es una palabra la que tiene que adivinarse. Los alumnos intentan adivinar, puesto que ésas son las reglas del juego; en verdad, no saben lo que están buscando. Reaccionan más en función del maestro que en relación con la pregunta planteada, es decir: intentan saber lo que él quiere que digan, y no responden realmente al problema planteado. No siguen siempre el hilo conductor del proceso del adulto, sino que intentan *encontrar pistas*, independientes las unas de las otras. Surgen respuestas que no tienen relación con lo que el maestro busca al no ser sus objetivos conocidos por los niños, que sólo intentan efectuar algunas aproximaciones. Se llega a este tipo de diálogo que Marcel Pagnol caricaturizó tan bien:

Topaze: El hombre del que hablamos no tiene amigos. Los que le conocieron antaño saben que su fortuna no es legítima. Huyen de él como de un apestado. ¿Qué puede hacer?

Alumno Durant-Víctor: Mudarse.





## La enseñanza de las ciencias naturales

Topaze: Quizás. ¿Pero qué le ocurrirá en su nueva residencia?

Durant-Víctor: Se arreglarán las cosas.

Topaze: No, señor.

Durant-Víctor: No pueden arreglarse porque haga lo que haga, vaya donde vaya, siempre le faltará la aprobación de su cons... de su cons...

Pirat-Vergniolles: De su conserje.<sup>1</sup>

¿Qué interés hay en pasar un rato intentando adivinar un término que el maestro podría haber dicho después de unos pocos instantes? No cambiaría nada en el proceso puesto que la adivinanza está localizada en la palabra en sí misma o, como máximo, en una imagen.<sup>2</sup> Es cierto que este tipo de pedagogía permite que la clase sea un poco más *animada*... o mejor dicho, que ciertos alumnos, que siempre son los mismos, manifiesten una mayor actividad. Pero el camino que se sigue es el del adulto que es pues *maestro* (en el sentido propio del término).\*

Hay que añadir que ciertos estudios que hemos realizado sobre esta pedagogía, basada en el diálogo, demuestran que las dos terceras partes del tiempo total están ocupados por la palabra del enseñante. Pero lo peor del caso es que el maestro no toma en consideración más que aquellas respuestas que le permiten avanzar hacia la meta que él ha prefijado. Las *malas* observaciones no son tenidas en cuenta jamás. Vemos entonces claramente cómo se trata de una pedagogía tan dogmática como la de una enseñanza magistral.

Esto nos lleva a pensar en las características de las preguntas que plantean los enseñantes. De hecho, podríamos considerar que existen cuatro tipos:

---

### Preguntas que contienen las respuestas:

La forma de pregunta no deja más que una respuesta posible, por ejemplo: "¡Ah! ¿Estás realmente seguro de que...?"

### Preguntas cerradas:

Sobre un tema puntual; solo una respuesta es adecuada, por ejemplo: "¿Cómo se llama...?"

---

---

### Preguntas abiertas:

Sobre un tema más general, hay varias respuestas posibles, por ejemplo: "¿Cómo explicas eso?"

### Preguntas incitantes:

Invitan a la búsqueda, a la profundización de un argumento, a la acción, por ejemplo: "¿Cómo podríamos intentar resolver este problema?"

---

Para un formador, adoptar una actitud que tenga en cuenta al que aprende implica un mínimo de reflexión acerca del sentido de sus propias preguntas. Más allá de *hacer adivinar*, un proceso de preguntas y respuestas puede crear situaciones pedagógicas que permitan la emergencia de las concepciones, la toma de conciencia de la existencia de contradicciones, la posibilidad de confrontación de opiniones diferentes, la incitación a la búsqueda y a la acción. Todo ello no pertenece únicamente al campo escolar. Son las preguntas abiertas e incitantes las que deberían preferirse.

No insistiremos lo suficiente sobre el papel de la curiosidad. Parece ser que tiene un papel preponderante a diferentes niveles. En primer lugar, traduce la motivación: es motor del saber. Si "no se debe obligar a beber a un asno que no tiene sed", no se debería obligar a aprender a un alumno aquello por lo que no siente curiosidad. Es mediante este sentimiento como el alumno intenta buscar una información que responde a su necesidad real de explicación. Por otro lado, las preguntas planteadas permiten caracterizar el nivel de pensamiento y las preocupaciones del que aprende; miden también la distancia con respecto al saber que pretendemos enseñarle. La ausencia de curiosidad sobre un punto le impide llegar más lejos, e incluso, en la mayoría de las ocasiones, comprender al adulto: el niño da un estatus de certeza a lo que cree y esto le puede llevar incluso a deformar los hechos. Hay que añadir que, en todos los estudios que hemos realizado en historia de las ciencias sobre construcción de los conceptos, hemos comprobado que el saber se ha construido siempre a partir de una pre-

<sup>1</sup> M. Pagnol, *Topaze*.

<sup>2</sup> De otra forma, ciertas observaciones infantiles están influenciadas claramente por la misma formulación de la pregunta, que predetermina la respuesta. Se sabe que, por ejemplo, en matemáticas, problemas simples son resueltos por alumnos pequeños, no por la comprensión de lo que se les pide, sino sencillamente en relación por la forma en la que la pregunta ha sido planteada, funcionando el mecanismo en forma de reflejo condicionado.

\* Maître = maestro, pero también dueño.



gunta, o de varias preguntas planteadas de forma sucesiva. Un cambio de interrogantes ha precedido siempre a la evolución del nivel de formulación de una idea. Ciertamente, en un primer momento, estos interrogantes no han sido siempre explícitos, sino que se formulan cuando se alcanza un cierto nivel en la solución. La ausencia de curiosidad por las ciencias hace que el que aprende se contente con lo que sabe; que puede tratarse, como ya hemos indicado anteriormente, de simples palabras que dan la ilusión de conocer. En realidad, cuando no hay verdadera curiosidad, se asiste a una parada en la construcción del pensamiento.

## 2. ¿Podremos realmente partir de la curiosidad del que aprende?

Algunos formadores sitúan a sus alumnos ante un problema que deben resolver... pero que es, de hecho, inducido por el propio enseñante: esto constituye un progreso nada despreciable. En estos casos, o bien los alumnos examinan el problema que ha lanzado directamente el enseñante, o bien éste se las arregla para hacer que los alumnos lo formulen de manera artificial, dejándoles creer que surge efectivamente de su propia curiosidad. ¿Pero realmente se les llega a engañar?

Esto nos lleva a pensar que sería interesante hacer que los alumnos examinen los problemas que ellos mismos han planteado y formulado. En la práctica, esto es mucho más motivador y no crea desde un principio un desajuste. Pero, haría falta que no fuera la pregunta de un alumno la que se impusiera sobre el resto de la clase. Se trata, en este caso, de lograr que la preocupación sea compartida por el conjunto de los alumnos. Para ello, se les puede pedir opinión acerca de la pregunta y de las respuestas hipotéticas que creen tener, con el objetivo de que se apliquen en el tema, creando pues una vivencia común en torno a la pregunta, que ya no es únicamente del que la formuló, sino que pertenece a todo el grupo. En resumen, parece esencial llegar a un problema cuya formulación precisa sea el resultado de un trabajo común.

Pero se puede replicar que, a veces (e incluso muchas veces, en el caso de niños pequeños), las preguntas que se plantean no parecen tener interés cientí-

fico. ¿Qué hacer entonces? En efecto, a veces son muy *artificiales*, como por ejemplo cuando el maestro dice: “plantearos preguntas”. Esta actividad se convierte entonces en un ejercicio banal y se corresponde probablemente con la forma más segura de inhibir toda curiosidad en los alumnos. Parece, no obstante, algo natural el pensar que uno no se cuestiona *porque sí*, sino porque siente la necesidad de hacerlo. En caso contrario, no son auténticas cuestiones; son tan artificiales como las que el maestro plantea directamente y presentan el inconveniente suplementario de no tener, por lo general, un gran interés pedagógico.

Por último, la verdadera curiosidad de los alumnos parece no tener gran alcance educativo (por ejemplo: “¿por qué está retorcido este trozo de madera?”). La práctica demuestra que no podemos conformarnos con este primer grado de análisis. Efectivamente, ¿no será posible partir de esta pregunta y, haciéndola evolucionar, llegar a la formulación de un verdadero problema científico?

Cuando un grupo de niños trae un trozo de madera *retorcido* como si fuera un *sacacorchos* y cuando cada uno de ellos se plantea preguntas sobre esta morfología sorprendente, el maestro puede, por ejemplo, incitarlos a buscar en su alrededor a qué especie vegetal pertenece. Al descubrir, cerca, una rama de madreSelva que, al crecer, ha rodeado el tronco de un árbol, podemos preguntar por qué. Si los niños se dan cuenta de que esta planta, cuando crece en el sotobosque, es rampante y que no tiene tronco que le permita elevarse, se puede plantear el problema de la necesidad de la luz. Si comparan esto con otros hechos, como la altura que toman los árboles cuando están unos junto a otros (y el enseñante debe jugar el papel de motivador proporcionando, si fuera necesario, elementos para que este tipo de acercamiento pueda darse), podrán ser llevados a analizar las nociones de adaptación y las relaciones de los seres vivos con su medio ambiente. Se encontraron con una primera forma de corroborarlo si notan la pobreza de la flora de un sotobosque muy sombrío (el caducifolio, por ejemplo)... Por lo tanto, uno de los papeles del formador podría ser el de *decodificar* los conceptos abordables, por medio de las preguntas que la curiosidad de los alumnos pueda plantear.

A menudo, nos encontramos con enseñantes que afirman que sus alumnos no plantean preguntas. Si tomamos el ejemplo de un paseo por el bosque, es cierto que el pedir “recoged todo lo que encontréis”, esto no tiene por qué ser enriquecedor (¡se propone este tipo de actividad desde las clases maternas!). Pero si la consigna precisa es la de recoger lo que pueda intrigar, asombrar, plantear algún problema, nos damos cuenta de que, en la mayoría de los casos, la cosecha de preguntas es diferente.

Como ejemplo, relacionamos aquí el resultado del proceso de elaboración de preguntas de dos clases (niños de 8-10 años).<sup>3</sup> Vemos como se podría cubrir prácticamente la mayoría de los grandes campos conceptuales que están en el programa de la escuela elemental de biología. No está en nuestra mente el afirmar que todo pueda abordarse a partir de una única situación de arranque, sino que es posible, si se desea, abordar problemas muy variados. Éstos podrían ser elegidos por el formador en relación con los conceptos que le parezcan más importantes, y todo en relación con sus objetivos, definidos previamente de forma global y teniendo en cuenta lo que haya sido tratado en los temas de estudio precedentes. De hecho, es interesante hacer notar que cuando una noción ya ha sido tratada, podemos, sin tener que detenernos demasiado, hacer referencia a ella por medio de las preguntas que se relacionen con la misma; esto puede permitirnos evaluar las posibles reutilizaciones y ampliar los conocimientos básicos que permitan estructurar el saber en vista a la construcción progresiva de los grandes conceptos. Desarrollemos posteriormente este aspecto.

Pero, si realizamos esta opción pedagógica, podemos preguntarnos cuál será el futuro de las otras preguntas, las que no entran directamente en el campo de nuestras preocupaciones. El hecho de *olvidar* algunas parecerá difícilmente comprensible a un niño que no mide su interés relativo y para el que una pregunta vale tanto como otra... sobre todo si es la suya. Podemos en principio agrupar algunas, que traten acerca del mismo o parecido problema; el cual podría verse desde un punto de vista más general. En

cuanto a las otras, sería siempre posible abordarlos mucho más rápidamente, intentando responder más resumidamente y no otorgándole el estatus de pregunta merecedora de una auténtica investigación, aunque se pueden retomar con ocasión de estudios posteriores.

De todos modos, parece muy importante elegir juiciosamente las preguntas sobre las que se insistirá, y que serán la base de la elaboración de un problema. Ilustremos esto retomando el ejemplo precedente, y veamos qué observaciones fueron retenidas concretamente, después de una discusión en clase:

- ¿Por qué está tan blando este trozo de madera?
- ¿Por qué éste es más ligero?
- ¿Por qué este trozo se deshace cuando se retuerce?
- ¿Por qué la madera tiene un agujero en el medio?
- ¿Por qué éste tiene colores verdes?
- ¿Qué es esto de color blanco que tiene encima (micelio)

Todas estas preguntas están relacionadas con la descomposición de la madera muerta; podríamos encaminarnos, por medio de ellas, hacia la noción de descomposición de la materia viva, aunque en la escuela elemental parece surrealista abordarla desde el aspecto químico. Este ejemplo nos permite también tomar conciencia de que no se plantea inicialmente un problema científico, incluso a partir de varias preguntas; se construye progresivamente. Su formulación podría, también, evolucionar poco a poco, y son los alumnos los que deberían elaborarlo (en el ejemplo precedente: “¿dónde van —y después en que se convierten— los vegetales muertos?” o “¿cómo puede haber siempre alimento en el suelo para los árboles del bosque, si nunca se les abona?”).

### 3. ¿Cómo transformar el asombro en curiosidad?

Cuando decidimos abordar un tema de estudio, es necesario en la mayoría de los casos plantear una situación inicial que tenga como objetivo crear la mo-

<sup>3</sup>Trabajo de G. de Vecchi, Escuela Camus, Le Mée, 1983.



### De la curiosidad al conocimiento

Preguntas de los alumnos	
¿Por qué hay colores (verde, azul, blanco) sobre los árboles muertos? (musgos, bacterias)	1
¿Por qué el trozo de madera parece una liana?	2
¿Por qué esta rama da vueltas? (en forma de zarcillo)	2
¿Por qué tiene la hoja bultitos? (agallas en una hoja de encina)	3
¿Por qué la madera tiene un agujero en el medio? (rama muerta)	4
¿Por qué hay árboles que están solos y otros agrupados?	3-4
¿Por qué hay musgo sobre la piedra?	2-5-6
¿Por qué el trozo de madera se deshace, parece musgo? (madera en descomposición)	1
¿Por qué los pinos no viven en grupo? (¡en este sitio!)	6-3
Hemos visto agujeros muy grandes; ¿son de conejo o de liebre?	2
¿Por qué a un lado del bosque había zarzas (lado soleado) y no en el otro? (sotobosque de coníferas)	3-6
¿Qué es esta cabañita redonda que está debajo de la corteza? (larva)	2
¿Por qué cuando se corta un árbol, crecen brotes alrededor?	
¿Por qué cambian de color las hojas en otoño?	2-6
¿Por qué se caen las hojas?	2
¿Por qué cerca de la tierra los árboles son más gruesos y redondos? (arranque de las raíces)	2
¿Hay árboles que no tengan hojas en verano?	2
¿Por qué algunas semillas tienen dos envolturas?	2
¿Por qué en algunos sitios hay tantos árboles?	2-6
¿Cómo crecen las yemas?	4
¿Por qué algunos árboles crecen en redondo?	3
¿De dónde viene el musgo?	4
¿Por qué le crecen espinas a algunas hojas?	2
¿Por qué cuando hacemos un agujero sale resina?	4
¿De qué está hecha la semilla?	4
¿Por qué algunos árboles crecen derechos y otros torcidos?	2



Generalización: posibles inicios
1. Descomposición de los vegetales-ciclo de la materia
2. Relación órgano-función y necesidad de resolver los mismos problemas vitales, cada uno según sus posibilidades
3. Interacción de los seres vivos (competición, parasitismo, comensalismo...)
4. Noción de ser vivo
5. Papel del hombre (explotación forestal)
6. Importancia de ciertos factores del medio (calor, temperatura, luz...)



Algunos grandes conceptos de biología en la escuela elemental
A. Unidad de los seres vivos, iguales problemas que resolver; iguales funciones-ciclo vital
B. Diversidad de los seres vivos comportamiento/adaptación
C. Medio ambiente diferentes factores del medio biológico (relaciones entre los seres vivos), organización y equilibrio de un medio-acción humana





tivación y hacer emerger una curiosidad real por parte de los alumnos. Pero, para ello, no basta con pasearlos fuera de la escuela, visitar tal instalación o tal museo. Hemos dicho que la confrontación de determinadas concepciones permite un despertar de la curiosidad. Una problemática puede nacer igualmente a partir de paradojas, es decir, de una situación que se contradiga con el “sentido común” de los alumnos. Podemos utilizar también una avería del funcionamiento de un aparato, un hecho experimental que esté en desacuerdo con una representación previa o un problema que aparezca en unos de los criaderos (por ejemplo: “el agua del acuario a desaparecido, ¿se la han bebido los peces?”; los interrogantes pueden enriquecerse: “Se pesa el pez”,... “ha orinado”... “entonces, ¿por qué ha bajado el nivel?”... ¿puede haber otra explicación?, etcétera). Podrían ser abordadas las nociones de conservación de la materia, de evaporación o de fisiología.

Es posible, por último, después de elegir una representación previa que sepamos que es frecuente, tomar como punto de partida de un tema de estudio una pregunta muy abierta relacionada con esta concepción y llevar a un grupo de alumnos a discutirla.

Hemos hecho que maestros con formación vivan varias situaciones de este tipo, por ejemplo a propósito de la respiración en el medio acuático.<sup>4</sup> Surge fácilmente una verdadera curiosidad frente a observaciones de este género: “un pez no respira, pues tiene branquias y vive en el agua”, “el oxígeno se encuentra disuelto en pompitas, como las del agua hirviendo”, “el agua contiene mucho oxígeno, porque su fórmula es H<sub>2</sub>O” o “en el agua el hierro se oxida, porque hay una oxidación; la oxidación es una combustión y sin embargo combustión y agua son antinómicas”.

En cuanto al trabajo de los niños, podemos utilizar el mismo método. Podemos, por ejemplo, preguntarles: “¿la lana caliente?” o “¿qué pensáis de esta afirmación de un alumno: bajo el melocotonero de mi jardín caen sus huesos; ¿pueden ser ellos los que germinan y den las malas hierbas?”, o, más sencillamente “¿y si el tomate fuera un fruto?”, a sabiendas de

que sólo entra dentro de esta categoría lo que se vende como fruta en el mercado (lo que no es *verdura*) y tiene sabor dulce. Es cierto que esta pregunta puede resultar un tanto ambigua, pero es precisamente este aspecto dudoso lo que puede hacerla desencadenante; puede incitar a la verificación y permitir un acercamiento al concepto de fruto, pero también a los de reproducción, ciclo vital, especie, adaptación, tiempo...

Proponer este tipo de vivencias refuerza la motivación e incita a la elaboración de un verdadero problema científico. Además permite a menudo acelerar el proceso de aprendizaje y satisfacer así a la mayoría de los enseñantes que se sienten acosados por el miedo a *perder el tiempo*.

Estas situaciones pueden ser dirigidas más o menos artificialmente por el formador, como proponíamos anteriormente; pero es mucho más interesante verlas nacer en el seno mismo de la clase, lo que siempre sucede si el maestro sabe estar a la escucha de las concepciones de sus alumnos y les deja la suficiente autonomía como para que emerjan sus preocupaciones.

Lo que parece importante, pues, es pasar del asombro a la curiosidad *activa*, y saber transformar las preguntas en función del proceso, de los marcos de referencia y del nivel semántico de los alumnos. Así, para niños de 12 años, es difícil desarrollar un trabajo a partir de la pregunta: “¿por qué todos los líquidos no dejan pasar la luz de la misma forma?”, a causa del problema de la interacción materia-luz que no puede tratarse en esa edad.<sup>5</sup> Pero, por medio de una corta discusión, la pregunta puede transformarse, reemplazando “por qué” por “de qué depende”; esta nueva formulación va a hacerla abordable, es decir, permitirá alcanzar un nivel de formulación ligeramente superior; efectivamente, se puede realizar un trabajo de grupo que desarrolle una investigación sobre el color, la *fuerza* de la luz, *el espesor* del líquido, su concentración, etcétera.

No podemos terminar este capítulo sin insistir sobre el lugar fundamental de la curiosidad en la construcción del saber. Esta actitud filtra la realidad; es a

<sup>4</sup> “Dos grupos de maestros en formación continua”, trabajo de G. de Vecchi, 1981 y 1982.

<sup>5</sup> No hemos encontrado aún un modelo comprensible sobre la materia y la luz para niños de este nivel.





## La curiosidad

través de ella como el alumno consigue las informaciones que aprehende. También es una fuente de progreso en el aprendizaje, pues suscita desequilibrios que animan al alumno a superar su estado actual para buscar nuevas soluciones.

A este respecto, recordemos que el saber puede ser *bloqueador*. Históricamente, hemos comprobado cómo muchos investigadores, incluso entre los más grandes, fueron prisioneros de sus ideas, pues les satisfacían plenamente. Es cierto que algunos conocimientos parecen algunas veces tan claros que nos impiden plantearnos nuevas preguntas. Así, ante el problema: “¿por qué se parecen los niños a sus pa-

dres?”, nos basta como respuesta la existencia de los cromosomas. Sucede lo mismo con otros temas; la pregunta: “¿cuál es la estructura de la materia?” nos lleva automática a la palabra “átomo”; “¿qué es la energía?” lleva a la fórmula  $E = mc^2$ , etcétera. Estas respuestas impiden toda prolongación del pensamiento, convirtiéndolo en algo estéril. Incluso desde muy temprana edad, por ejemplo, hay niños que, sabiendo que el bebé se desarrolla en el vientre de la madre, se sienten satisfechos en este nivel de formulación y no preguntan.<sup>6</sup> Es esencial, pues, crear situaciones científicas *molestas* si “queremos llegar más lejos en la construcción del saber”.

<sup>6</sup> Sobre este punto, para niños de cinco años, la curiosidad puede pasar por las preguntas siguientes: ¿Cómo ha entrado el bebé en el vientre?, ¿qué ha dado el papá para eso?, ¿y la mamá?, ¿de qué está hecha la semilla para que pueda convertirse en un bebé?, ¿cómo se ha fabricado?, ¿a qué se parece el bebé?, ¿cómo es que se parece a los padres?, ¿cómo vive el bebé en el vientre de la madre?, ¿duerme?, ¿come?, y, si come, ¿cómo lo hace?, ¿tiene dientes, pelos?, etcétera.





## Comentarios de un maestro sobre una visita con sus alumnos al mercado



Javier Hernández



Casi siempre los maestros nos andamos quejando de la poca relación entre escuela y la vida real y cotidiana de la comunidad donde aquella se asienta. Pretendiendo romper con esta idea, planeé una salida, una incursión con mi grupo de cuarto grado a un tianguis en un fraccionamiento cercano; el objetivo: observe, registre, discuta y comente lo referente a las *clasificaciones* (libro para el maestro, cuarto grado, p. 136).

Una vez saltada la barrera que nos separa del mundo, avanzamos rápidamente esperando aprovechar la mañana, pero, primer contratiempo: no había tianguis. Decidí regresar y los chamacos propusieron otro mercado en otra colonia; se sometió a votación y marchamos en busca del otro establecimiento. “Está aquí tras lomita” —decían— y nunca imaginé que tras lomita fuera tan lejos, los compañeros se organizaron de tal manera que aquellos que podían controlar al grupo iban, unos, hasta adelante, y otros hasta atrás, dejándome a mí en medio del contingente.

—Yo cuido al maestro —dijo una niña.

—¡Ah, gracias! y a ustedes ¿quién los cuida? —repele.

—No se apure, somos un resto...

No bien se vislumbró el mercado, los niños comenzaron a aglutinarse en equipos, pensé en aprove-



Tomado de *Reto a la imaginación: la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela*, Módulo científico tecnológico, 4ª ed., México, Conaculta-Dirección General de Culturas Populares-PACAEP, 1995, pp. 118-119.

charlos para darles las preguntas que yo llevaba preparadas, pero al acercarme oí a uno de ellos proponiendo una interrogante bastante interesante.

—¿De dónde traerán las cosas?

Me acerqué a los otros equipos y los vi haciendo lo mismo, todos planeaban investigar algo no por la observación, sino por la entrevista a los comerciantes del lugar. A mí me dio miedo.

—¿No nos irán a correr?

Un ¡no! conchudo y seguro de sí mismo se dejó oír, y entonces los dejé partir. Pronto, junto a mí no había más que un perro curioso y con hambre; en mi mano seguía sosteniendo la tarjetita con las tres preguntas. Seguí los pasos de mis alumnos y ¡horror de horrores! no había ningún equipo junto, como marcan las reglas de urbanidad, sino que todos empezaron por donde más les gustó y distraían a los divertidos locatarios que contestaban de buena manera; sentí la vida volver a mí.

—¿Cómo le hacen para mantener las cosas limpias?

—¿Dónde consiguen sus mercancías?

—¿Cómo las acomodan?





## La enseñanza de las ciencias naturales

- ¿Qué hacen para que la gente vuelva a comprarles?
- ¿Para qué sirvió el censo?, sí, el de las tiendas...
- ¿Dónde pone su basura?, ¿y el baño?, etcétera.

Una niña se acercó a mí y me dijo que unas señoras comentaban que ahí daban las cosas bien caro. Llamó al equipo y platicó el caso; surgieron algunas preguntas.

- ¿Cómo saben a cómo dar las cosas?
- ¿Quién pone los precios?
- ¿Para qué son los impuestos que se pagan?
- ¿Por qué algunas cosas son caras a pesar de ser del campo que está tan cerca?

Me quedé asombrado de la capacidad de los chicos para plantear preguntas y discutir las en equipo (yo que pensaba que eran tontitos, vaya), así como la sangre fría de la gente adulta para contestarlas; algunos incluso reían.

El acabóse fue cuando algunos comenzaron a pedir a las señoras que habían ido, los datos de lo que llevaban para calcular los gastos, mientras que un equipo se dio a la tarea de supervisar que los pesos estuvieran correctos, y me asaltó la terrible sensación de que todos volteaban a verme resentidos, a pesar de que sus sonrisas decían otra cosa.

Ya con la ansiedad de un seguro reclamo de la gente, presionándome la vejiga, di la orden de retirada. Los mismos niños que iban cuidando el orden en el contingente se acomodaron a recoger a los testarudos que insistían en seguir lanzando preguntas. Todos iban felices, cantaban, comentaban sus respuestas, platicaban de lo que habían visto u oído, brincaban, etcétera. El único preocupado por llegar a la escuela era yo, ¡quería volar a mi segurísimo salón adonde no llegarían los adultos rencorosos!

Una hora después, sentados en el pastito del campo, platicábamos las experiencias:

—¡Yo compré una bolsa de dulces! —gritó un niño— y para pronto comenzó a repartir. A mí me dieron una paletita.

—¡Y yo tengo tres preguntas que debemos contestar con lo que vimos del mercado! —anuncié.

—¡Ayyy, maestro! ¡Otro día! —rezongó el grupo... y yo miré mi tarjetita.

—Siéntate maestro, mira mi dibujo —me dijo una pequeñina— ésta es una señora gorda que estaba comprando guayabas y que dijo...

Volví a mirar mi tarjetita, la rompí y me senté... me dije: ¿me hubiera salido igual...?

# La necesidad de innovaciones en la evaluación

Daniel Gil  
Miguel de Guzmán



## Resumen

Las innovaciones en la enseñanza no pueden darse por consolidadas —se argumenta en este apartado— si no se reflejan en transformaciones similares en la evaluación. Se revisan, por ello, críticamente, las ideas y comportamientos docentes “de sentido común” sobre la evaluación, que actúan como obstáculo a la innovación en este campo. Se discuten a continuación las funciones y características de una evaluación coherente con un aprendizaje de las ciencias como investigación. Se proponen, por último, algunas formas concretas de llevar a cabo dicha evaluación.

## Las innovaciones curriculares exigen transformaciones en la evaluación

Transformar la enseñanza de las ciencias —venimos insistiendo a lo largo de esta revisión de las tendencias y experiencias innovadoras— exige superar los planteamientos puntuales, elaborar un nuevo modelo que integre coherentemente los distintos aspectos del proceso de enseñanza-aprendizaje, sin olvidar, por supuesto, la evaluación. La investigación didáctica ha

puesto de relieve a este respecto que las innovaciones en el currículo no pueden darse por consolidadas si no se reflejan en transformaciones similares en la evaluación (Linn, 1987). En efecto, poco importan las innovaciones introducidas o los objetivos enunciados: si la evaluación continúa consistiendo en pruebas terminales para constatar el grado de asimilación de algunos conocimientos conceptuales; en ello residirá el verdadero objetivo asignado por los alumnos al aprendizaje.

La necesidad de innovaciones en la evaluación es particularmente necesaria, porque todo parece indicar que la evaluación es uno de los puntos donde más *chirría* el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias o, si se prefiere, donde más claramente se manifiestan sus insuficiencias. En particular, es quizá el aspecto que establece una línea de confrontación más clara entre profesores y alumnos, contribuyendo a distorsionar el clima del aula. Es también uno de los dominios en el que las ideas y comportamientos docentes “de sentido común” (inevitabilidad del fracaso de un porcentaje elevado de alumnos, dado que “no todo el mundo está capacitado para las ciencias”, facilidad de evaluar las materias científicas

Tomado de *Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. Tendencias e innovaciones*, España, Popular, 1993.

con objetividad y precisión, etcétera) se muestran más persistentes (Gil *et al.*, 1991; Alonso, Gil y Martínez-Torregrosa, 1992). El replanteamiento de la evaluación exige, en primer lugar, el cuestionamiento de estas concepciones, que actúan como un auténtico obstáculo. Procederemos, pues, a su análisis.

### Cuestionar las concepciones espontáneas sobre la evaluación

Sobre la precisión y objetividad de las pruebas cabe decir que los estudios de decimología (Hoyat, 1962; López, Llopis y Llorens, 1983) han mostrado notables diferencias entre las puntuaciones dadas por distintos profesores a un mismo ejercicio de física o matemáticas; y también que las notas que el mismo profesor da a los mismos ejercicios en momentos diferentes (por ejemplo, tras un intervalo de tres meses) pueden sufrir grandes oscilaciones. Mayor importancia tiene aún la enorme influencia de las expectativas del profesor a que nos hemos referido al hablar del clima del aula: podemos recordar así la investigación realizada por Spears (1984) que muestra cómo un mismo ejercicio es valorado sistemáticamente más bajo cuando es atribuido a una alumna que cuando se supone obra de un alumno; o el *efecto Pigmalión* que se traduce en valoraciones netamente más altas de aquellos ejercicios atribuidos a alumnos *brillantes*.

Todos estos resultados cuestionan la supuesta precisión y objetividad de la evaluación en un doble sentido: por una parte, muestran hasta qué punto las valoraciones están sometidas a amplísimos márgenes de incertidumbre y, por otra, hacen ver que la evaluación constituye un instrumento que afecta muy decisivamente a aquello que pretende medir; dicho de otro modo, los profesores no sólo nos equivocamos al calificar (dando, por ejemplo, puntuaciones más bajas en materias como la física a ejercicios que creemos hechos por chicas), sino que contribuimos a que nuestros prejuicios los prejuicios, en definitiva, de toda la sociedad se conviertan en realidad: las chicas acaban teniendo logros inferiores y actitudes más negativas hacia el aprendizaje de la física que los chicos; y los alumnos considerados mediocres terminan efectivamente siéndolo. La evaluación resulta ser, más que la medida objetiva y precisa de

unos logros, la expresión de unas expectativas en gran medida subjetivas, pero con una gran influencia sobre los alumnos.

Un segundo bloque de preconcepciones subyace, en realidad, tras esa búsqueda de *objetividad* (...): la idea de que sólo una parte de los alumnos está realmente capacitada para seguir con éxito estudios científicos; ésta es la razón, por ejemplo, de que una determinada prueba sea considerada tanto mejor diseñada cuanto más se ajustan los resultados a una campana de Gauss con 5% en el centro (lo que supone, claro está, que 50% de los alumnos no alcanza el mínimo exigido). Y ésta es también la razón de que un profesor que apruebe a la mayoría de sus alumnos en una materia científica, por supuesto no sea considerado *serio*. Son estas expectativas negativas las que determinan en gran medida, lejos de toda objetividad, los resultados del aprendizaje. Conviene llamar la atención, antes de proseguir, sobre el papel positivo de las investigaciones que están ayudando a sacar a la luz estas preconcepciones y su influencia: en la misma medida en que se comprende el efecto negativo que determinadas expectativas ejercen, se abre la vía a concepciones y comportamientos de sentido contrario. Los resultados de la *Effective School Research* a que ya hemos hecho referencia son una buena muestra de lo que ocurre cuando las habituales expectativas negativas dejan paso a la convicción de que la generalidad de los alumnos puede tener éxito si son debidamente ayudados.

Hemos dejado para último lugar la consideración del papel de la evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Ésta no es una cuestión que los profesores de ciencias suelen plantearse explícitamente, y cuando ello ocurre es en relación con el papel selectivo del sistema educativo: la evaluación en la enseñanza ordinaria suele ajustarse, efectivamente, a la constatación del *aprovechamiento* del alumno, asignándole una calificación que pretende servir de base objetiva para su promoción. Conviene, por supuesto, plantearse con la máxima atención a la luz del cuerpo de conocimientos que hemos ido estableciendo hasta aquí esta cuestión clave de las funciones de la evaluación, rompiendo así con las concepciones espontáneas que acabamos de analizar someramente.



### **Características de una evaluación coherente con los planteamientos constructivistas**

Desde la concepción del aprendizaje que venimos desarrollando y fundamentando es difícil encontrar funcionalidad a una evaluación consistente en el enjuiciamiento *objetivo* y terminal de la labor realizada por cada alumno. Por el contrario, como formador de investigadores novatos, el profesor ha de considerarse corresponsable de los resultados que éstos obtengan: no puede situarse frente a ellos, sino con ellos; su pregunta no será “¿quién merece una valoración positiva y quién no?”, sino “¿qué ayudas precisa cada cual para seguir avanzando y alcanzar los logros deseados?”. Sabe que para ello son necesarios un seguimiento atento y una retroalimentación constante que reoriente e impulse la tarea. Eso es lo que ocurre en los equipos de investigación que funcionan correctamente, y eso es lo que tiene sentido también, en nuestra opinión, en una situación de aprendizaje creativo, orientada a la construcción de conocimientos, a la investigación. Los alumnos han de poder cotejar sus producciones con las de otros equipos y a través del profesor-director de investigaciones con el resto de la comunidad científica, y han de ver valorado su trabajo y recibir la ayuda necesaria para seguir avanzando o para rectificar, si es necesario. Este tipo de evaluación *formativa* (Novak, 1982; Coll, 1987) es consustancial con cualquier tarea con aspiración científica y debe formar parte, pues, del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Se trata de concebir y utilizar la evaluación como instrumento de aprendizaje que permita suministrar retroalimentación adecuada a los alumnos... y al propio profesor, contribuyendo a la mejora de la enseñanza. Pero, ¿cuáles habrían de ser las características de la evaluación para que se convierta en un instrumento de aprendizaje?

1. Una primera característica que ha de poseer la evaluación para jugar un papel orientador e impulsador del trabajo de los alumnos es que pueda ser percibida por éstos como ayuda real, generadora de expectativas positivas. El profesor ha de lograr transmitir su interés por el progreso de los alumnos y su convencimiento de que un trabajo adecuado

terminará produciendo los logros deseados, incluso si inicialmente aparecen dificultades. Se precisa un esfuerzo especial para dar a muchos alumnos la seguridad de que pueden llegar a hacer bien las cosas. Conviene para ello una planificación muy cuidadosa de los inicios del curso, comenzando con un ritmo pausado, revisando cuidadosamente los prerrequisitos (para que no se conviertan, como a menudo ocurre, en obstáculo), planteando tareas simples, etc. Es preciso ser consciente de que unos primeros resultados negativos no sólo generan expectativas negativas en muchos profesores que *condenan* literalmente a los alumnos implicados, sino que para éstos mismos alumnos constituyen, en general, un refuerzo negativo que les induce a abandonar, a adoptar una actitud de rechazo y de mínimo esfuerzo. Hay que evitar esto con todo tipo de ayuda, comenzando con la manifestación explícita y convencida de que los resultados *negativos* no son tales, sino que sirven para detectar las insuficiencias a cubrir, siguiendo con sobreenseñanza, trabajo con otros compañeros, etcétera, y terminando con la realización de nuevas pruebas que muestren los progresos conseguidos. Algunos profesores pueden pensar que ello ha de traducirse en pérdidas de tiempo que perjudicarán a los alumnos bien preparados, cuyo derecho a aprender no debe ser ignorado. Pero, en realidad, lo que sucede es todo lo contrario: esta aparente pérdida de tiempo inicial permite romper con la rémora que supone a lo largo del curso la existencia de un núcleo importante de alumnos que *no siguen*. Se produce así un progreso global favorable también para los alumnos mejor preparados. Todo esto, por supuesto, debe ser explicitado para evitar inquietudes y tensiones innecesarias y transmitir, en definitiva, expectativas positivas a todos los alumnos.

2. Una segunda característica que ha de poseer la evaluación para que pueda jugar su función de instrumento de aprendizaje es su extensión a todos los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales del aprendizaje de las ciencias, rompiendo con su habitual reducción a aquello que permite una evaluación más fácil y rápida: la rememoración repetitiva de los *conocimientos teóricos* y su aplicación igualmente repetitiva a ejercicios de



## La enseñanza de las ciencias naturales

lápiz y papel. Se trata de ajustar la evaluación es decir, el seguimiento y la retroalimentación a las finalidades y prioridades establecidas para el aprendizaje de las ciencias. Sin caer en taxonomías muy pormenorizadas de objetivos operativos (Bloom, Hastings y Madaus, 1975) —expresión de orientaciones conductistas hoy claramente en retroceso— (Gimeno, 1982) es necesario tener presente los grandes objetivos de la educación científica y los obstáculos a superar (Martinand, 1986) para hacer posible los cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales que esa educación entraña.

Por otra parte, es preciso no olvidar, a la hora de fijar los criterios, que sólo aquello que es evaluado es percibido por los alumnos como realmente importante. Es necesario, además, ampliar la evaluación más allá de lo que supone la actividad individual de los alumnos: la evaluación de aspectos como el clima de la clase, el funcionamiento de los pequeños grupos, las intervenciones del profesor, etcétera, contribuyen a romper con la concepción de la evaluación como simple enjuiciamiento de los alumnos y a hacer sentir que realmente se trata del seguimiento de una tarea colectiva para incidir positivamente en la misma.

La aceptación de la evaluación como algo necesario para alcanzar los objetivos asumidos se ve favorecida si se comienza evaluando aspectos distintos de la actividad individual (funcionamiento de los pequeños grupos, intervenciones del profesor, etcétera), si se valora todo aquello que los alumnos hacen (desde un póster confeccionado en equipo al cuaderno personal de clase...), además de los resultados de las pruebas, y si los alumnos participan en la regulación de su propio proceso de aprendizaje, (Linn, 1987; Baird, 1988) dándoles oportunidad de reconocer y valorar sus avances, de rectificar sus ideas iniciales, de aceptar el error como inevitable en el proceso de construcción de conocimientos. Ello no quiere decir como a veces temen algunos profesores que se dé menos importancia a los conocimientos y destrezas que cada alumno ha de adquirir; por el contrario, se trata de favorecer al máximo dicha adquisición; se evalúan aspectos como el clima del aula o el funcionamiento de los pequeños grupos, no para esconder tras una nebulosa valoración glo-

bal lo que cada alumno ha logrado aprender, sino para favorecer el progreso de todos y cada uno de los alumnos, que han de tener ocasión, por supuesto, de percibir su avance personal. Pero esto nos remite a las formas de la evaluación, que abordaremos más abajo. Antes, sin embargo, nos referiremos a una última característica que la evaluación debería poseer.

3. Si aceptamos que la cuestión esencial no es averiguar quiénes son capaces de hacer las cosas bien y quiénes no, sino lograr que la gran mayoría consiga hacerlas bien; es decir, si aceptamos que el papel fundamental de la evaluación es incidir positivamente en el proceso de aprendizaje, es preciso concluir que ha de tratarse de una evaluación a lo largo de todo el proceso y no de valoraciones terminales. Ello no supone como a menudo interpretan los profesores y los propios alumnos parcializar la evaluación realizando pruebas tras periodos más breves de aprendizaje para terminar obteniendo una nota por acumulación, (Satterly y Swann, 1988) sino, insistimos, integrar las actividades evaluadoras a lo largo del proceso con el fin de incidir positivamente en el mismo, dando la retroalimentación adecuada y adoptando las medidas correctoras necesarias (Colombo, Pesa y Salinas, 1986). Es cierto que cinco pruebas, aunque tengan un carácter terminal tras la enseñanza de un determinado dominio es mejor que una sola al final del curso; al menos habrán contribuido a impulsar un estudio más regular, evitando que se pierdan todavía más alumnos; pero su incidencia en el aprendizaje sigue siendo mínima, o, peor aún, puede producir efectos distorsionantes. En efecto, a menudo la materia evaluada ya no vuelve a ser tratada, por lo que los alumnos que superaron las pruebas pueden llegar al final del curso habiendo olvidado prácticamente todo lo que estudiaron, teniendo conocimientos incluso más escasos que quienes fracasaron inicialmente y se vieron obligados a revisar por su cuenta. Se acentúa así, además, la impresión de que no se estudian las cosas para adquirir unos conocimientos útiles e interesantes, sino para pasar unas pruebas. Es importante a este respecto ser conscientes de las leyes del olvido



y planificar revisiones/profundizaciones de aquello que se considere realmente importante, para que los alumnos afiancen dichos conocimientos, aunque ello obligue, claro está, a reducir el currículo eliminando aspectos que, de todas formas, serían mal aprendidos y olvidados muy rápidamente.

Vistas las características fundamentales que una evaluación habría de poseer para convertirse en un instrumento eficaz de aprendizaje, conviene ahora detenerse en considerar las formas concretas de realizar dicha evaluación.

### **Actividades de evaluación favorecedoras del aprendizaje**

Cabe decir, en primer lugar, que una orientación constructivista del aprendizaje permite que cada actividad realizada en clase por los alumnos constituya una ocasión para el seguimiento de su trabajo, la detección de las dificultades que se presentan, los progresos realizados, etc. Es ésta una forma de evaluación extraordinariamente eficaz para incidir “sobre la marcha” en el proceso de aprendizaje, que se produce, además, en un contexto de trabajo colectivo, sin la interferencia de la ansiedad que produce una prueba. Ello no elimina, sin embargo, la necesidad de pruebas individuales que permitan constatar el resultado de la acción educativa en cada uno de los alumnos y obtener información para reorientar convenientemente su aprendizaje. A tal efecto, resulta muy conveniente la realización de alguna pequeña prueba en la mayoría de las clases sobre algún aspecto clave de lo que se ha venido trabajando. Ello permite:

- Impulsar al trabajo diario y comunicar seguridad en el propio esfuerzo,
- Dar información al profesor y a los alumnos sobre los conocimientos que se poseen, sobre las deficiencias que se hayan producido —haciendo posible la incidencia inmediata sobre las mismas— y sobre los progresos realizados, contribuyendo así a crear expectativas positivas,
- Reunir un número elevado de resultados de cada alumno, reduciendo sensiblemente la aleatoriedad de una valoración única.

El contenido de estas pruebas y de toda la evaluación ha de remitir, claro está, a todos los aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales del aprendizaje de las ciencias, siendo necesario un esfuerzo particular para romper, como señalábamos más arriba, con la habitual reducción de las evaluaciones a los aspectos conceptuales. Digamos para terminar que conviene discutir inmediatamente las posibles respuestas a la actividad planteada, lo que permitirá conocer si la clase está o no preparada para seguir adelante con posibilidades de éxito. Se favorece así la participación de los alumnos en la valoración de sus propios ejercicios, es decir, su autorregulación, pudiéndose aprovechar también esta discusión como introducción al trabajo del día, centrando la atención de los alumnos de una forma particularmente efectiva.

Pese al interés y efectividad de estas pequeñas pruebas consideramos que los exámenes o pruebas más extensas siguen siendo necesarios. Es cierto que el examen es visto a menudo como simple instrumento de calificación de los alumnos, siendo criticado a justo título por lo que supone de aleatoriedad, tensión bloqueadora, etcétera; sin embargo, un examen, es decir, un ejercicio global, es también ocasión de que el alumno se enfrente con una tarea compleja y ponga en tensión todos sus conocimientos (Hoyat, 1962). Por nuestra parte, asumiendo la crítica al examen como instrumento exclusivo de calificación, queremos referirnos a su papel como ocasión privilegiada de aprendizaje si se cumplen algunas condiciones:

- En primer lugar es necesario que el examen suponga la culminación de una revisión global de la materia considerada, incluyendo actividades coherentes con un aprendizaje por construcción de conocimientos: desde análisis cualitativos de situaciones abiertas al tratamiento de las relaciones ciencia-técnica-sociedad, desde la construcción y fundamentación de hipótesis —más allá de las evidencias de sentido común— a la interpretación de los resultados de un experimento [...].
- En segundo lugar, es también necesario que el examen sea devuelto corregido lo antes posible y se discutan, cuestión por cuestión, las posibles respuestas, los errores aparecidos, la persistencia de preconcepciones, etcétera. Los



## La enseñanza de las ciencias naturales

alumnos, con su examen delante, se mantienen abiertos y participativos como nunca en estas sesiones que constituyen actividades de autorregulación muy eficaces.

- Es muy conveniente, tras esta discusión, solicitar de los alumnos que rehagan de nuevo el examen en su casa con todo cuidado y vuelvan a entregarlo. Ello contribuye muy eficazmente a afianzar lo aprendido, como puede constatarse en los días siguientes con la realización de pequeños ejercicios sobre los aspectos que hubieran planteado más dificultades.
- Es también necesario que las condiciones de realización del examen sean compatibles con lo que supone una construcción de conocimientos que conlleva tentativas, rectificaciones, etc. y, en particular, que los alumnos no se vean constreñidos por limitaciones de tiempo que sólo son compatibles con la simple regurgitación de conocimientos memorizados.

Hemos de insistir, sin embargo, en que los alumnos han de ver debidamente valoradas todas sus realizaciones desde la construcción de un instrumento a su cuaderno de clase y no solamente aquellas planteadas como pruebas. Se incrementa así la información disponible para valorar y orientar adecuadamente el aprendizaje de los alumnos y se contribuye a que éstos vean reconocidos todos sus esfuerzos con el consiguiente efecto motivador.

### La evaluación de la enseñanza

Por último, es preciso señalar que, aunque la concepción de la evaluación como instrumento de aprendizaje sustituyendo a la de juicio terminal sobre los logros de los alumnos representa un indudable progreso, éste resulta insuficiente si no se contempla también como un instrumento de mejora de la enseñanza. En efecto, las disfunciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje no pueden atribuirse exclusivamente a dificultades de los alumnos y resultará difícil que los alumnos no vean en la evaluación un ejercicio de poder irracional si sólo se cuestiona su actividad. Si realmente se pretende hacer de la evaluación un

instrumento de seguimiento y mejora del proceso, es preciso no olvidar que se trata de una actividad colectiva, de un proceso de enseñanza-aprendizaje en el que el papel del profesor y el funcionamiento del centro constituyen factores determinantes. La evaluación ha de permitir, pues, incidir en los comportamientos y actitudes del profesorado. Ello supone que los alumnos y alumnas tengan ocasión de discutir aspectos como el ritmo que el profesor imprime al trabajo o la manera de dirigirse a ellos. De esta forma aceptarán mucho mejor la necesidad de la evaluación, que aparecerá realmente como un instrumento de mejora de la actividad colectiva.

Por otra parte, conviene recordar que la idea de un aprendizaje de las ciencias como investigación dirigida es solidaria de la concreción del currículo en programas de actividades a través de los cuales los alumnos puedan construir conocimientos y adquirir destrezas y actitudes. Nada garantiza, sin embargo, que las actividades diseñadas sean adecuadas y conduzcan a los resultados previstos. Será necesario, pues, que la evaluación se extienda a los programas de actividades e impliquen a los equipos de profesores en una tarea de revisión permanente del currículo que adquiere las características de una investigación (Gil, 1982; Driver y Oldham, 1986).

Terminaremos aquí, pues, estas reflexiones sobre la evaluación, que nos han permitido un replanteamiento de su función y formas habituales e integrarla coherentemente en el modelo de enseñanza-aprendizaje de las ciencias como investigación. Este modelo aparece así como resultado y, a su vez, como motor, de experiencias innovadoras fundamentadas que se refuerzan mutuamente, conformando un cuerpo coherente de conocimientos. Se superan de este modo los planteamientos puntuales, atóricos, que han caracterizado, a menudo, los intentos de innovación en la didáctica de las ciencias. Y parece abrirse la posibilidad de un desplazamiento efectivo del modelo de enseñanza por transmisión de conocimientos elaborados.

### Bibliografía

Alonso, M., D. Gil y J. Martínez-Torregrosa, "Concepciones espontáneas de los profesores de ciencias sobre la evaluación: obstáculos a superar y



..... **La necesidad de innovaciones en la evaluación**

- propuestas de replanteamiento”, en *Revista de Enseñanza de la Física*, 5 (2), 1992, pp. 18-38.
- Baird, J.R., “Improving learning through enhanced meta-cognition: A classroom study”, en *European Journal of Science Education*, 8(3), 1986, pp. 263-282.
- Bloom, B., T. Hastings y G. Madaus, *Evaluación del aprendizaje*, Buenos Aires, Troquel, 1975.
- Coll, C., *Psicología y currículum*, Barcelona, Laia, 1987.
- Colombo de Cudmani, L., M. Pesa de Danon y J. Salinas de Sandoval, “La realimentación en la evaluación de un curso de laboratorio de Física”, en *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 1986, pp. 122-128.
- Driver, R. y V. Oldham, “A constructivist approach to curriculum development in science”, en *Studies in Science Education*, 13, 1986, pp. 105-122.
- Gil, D., *La investigación en el aula de Física y Química*, Madrid, Anaya, 1982.
- Gil, D., J. Carrascosa, C. Furió y J. Martínez-Torregrosa, *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona, Horsori, 1991.
- Gimeno, H., *La pedagogía por objetivos: obsesión por la eficiencia*, Madrid, Morata, 1982.
- Hoyat, F., *Les Examens*, Institut de l’UNESCO pour l’Education, París, Bourrelier, 1962,
- Linn, M.C., “Establishing a research base for science education: challenges, trends and recommendations”, en *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 1987, pp. 191-216.
- López, N., R. Llopis, J.A. Llorens, B. Salinas y J. Soler, “Análisis de dos modelos evaluativos referidos a la Química de COU y Selectividad”, en *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), 1983, pp. 83-91.
- Martinand, J.L., *Connaitre et transformer la matiere*, Berna, Peter Lang, 1985.
- Satterly, D. y N. Swam, *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 1988, pp. 278-284.
- Spears, M.G., “Sex bias in science teachers’ ratings of work and pupils characteristics”, en *European Journal of Science Education*, vol. 6, 1984, pp. 369-377.





## Género y sexualidad

Anthony Giddens



Dos recién nacidos están en el *nido* de un hospital. Uno de ellos, un varón, está cubierto por una manta azul, el otro, una niña, tiene una manta rosa. Ambos bebés sólo tienen unas horas, y sus abuelos les están mirando por primera vez. La conversación entre los abuelos de uno de ellos es la siguiente:

Abuela A: Ahí está: nuestro primer nieto, ¡y es un niño!

Abuelo A: Eh, ¿a que se le ve muy fuerte? Mira cómo amenaza con el puño. Va a ser un gran luchador. (*El abuelo A sonrío y lanza un derechazo a su nieto.*) ¡Eh, pequeño!

Abuela A: Se parece a ti. Tiene mandíbula fuerte como tú. ¡Oh, mira, está llorando!

Abuelo A: Sí, escucha ese par de pulmones. Va a ser un tiarrón.

Abuela A: Pobrecito, sigue llorando.

Abuelo A: Está bien. Es bueno para él. Hace ejercicio y así desarrollará sus pulmones.

Abuela A: Vamos a felicitar a los padres. Están encantados con el pequeño Fred. Querían un niño primero.

Abuelo A: Sí, y estaban seguros de que iba a ser niño, con todo ese pataleo y esa tripa tan grande...

Cuando se van a felicitar a los padres, llegan los abuelos del otro bebé. El diálogo entre ellos es el siguiente:

Abuela B: Ahí está, la única con un gorrito rosa en la cabeza. ¿No es un amor?

Abuelo B: Sí. ¡Qué pequeñita es! Mira qué deditos más pequeños tiene. Oh, mira, está tratando de lanzar un puñetazo.

Abuela B: ¿No es una monada?... Sabes, creo que se parece un poco a mí.

Abuelo B: Sí, tal vez un poco. Tiene tu barbilla.

Abuela B: Oh, mira, está llorando.

Abuelo B: Tal vez deberíamos llamar a la enfermera para que la coja o le cambie o algo.

Abuela B: Sí. Pobre niña. (*A la niña.*) Sí, sí, vamos a ayudarte.

Abuelo B: Vamos a buscar a la enfermera. No me gusta verla llorar...

Abuela B: Hmm. Me pregunto cuándo tendrán el próximo. Sé que a Fred le gustaría tener un niño,

Tomado de *Sociología* [*Sociology*, publicado en inglés por Polity Press, Cambridge, Inglaterra], traducción al español de Teresa Alvero, Jesús Albores, Ana Balbás, José Antonio Olmeda y Miguel Requena, Madrid, Alianza Editorial, 1991 (*Alianza Universidad Textos*, 139), pp. 189-198. Reproducción autorizada por Alianza Editorial (España).



## La enseñanza de las ciencias naturales

pero la pequeña Fredericka está bien y sana. Eso es lo que realmente importa.

Abuelo B: Aún son jóvenes. Tienen tiempo de tener más niños. Yo también doy gracias de que esté sana.

Abuela B: No creo que se sorprendieran cuando vieron que era niña..., no había engordado casi nada.

(Walum, 1977: 36)

El contraste entre las dos conversaciones suena tan exagerado que uno podría pensar que son inventadas. De hecho, son transcripciones de diálogos reales grabados en una maternidad. La primera pregunta que suele hacer un padre —al menos en la cultura occidental— es: *¿Es niño o niña?* Las experiencias de aquellos que han vivido parte de su vida como hombres, antes de operarse para convertirse en mujeres, muestran el modo fundamental en que nuestras imágenes de otros están estructuradas en torno a la identidad sexual (Morris, 1977). A la familia, los amigos y los colegas les resulta muy difícil llamarle *ella* a alguien que han conocido como *él*. Los cambios en el comportamiento y en las actitudes que esto implica son inmensos.

Aquí estudiamos la naturaleza de las diferencias de sexo analizando el carácter complejo de lo que significa ser un *hombre* o una *mujer*. Veremos primero las diferencias históricas entre los sexos, después los aspectos de la socialización que influyen en la *feminidad* y en la *masculinidad*. A continuación analizaremos la posición social y económica de las mujeres en las sociedades modernas, para pasar después al análisis de la sexualidad.

### Sexo, género y biología

La palabra *sexo* como se usa en el lenguaje cotidiano es ambigua, pues se refiere tanto a una categoría de persona como a los actos que realizan las personas —es decir, cuando usamos la palabra en frases como *hacer el sexo*—. En aras de la claridad debemos separar los dos significados. Podemos distinguir entre sexo refiriéndonos a las *diferencias biológicas* o *anatómicas* entre la mujer y el hombre, y la *actividad sexual*. Tenemos que hacer otra distinción fundamental, en-

tre sexo y género. Mientras que sexo se refiere a las diferencias físicas del cuerpo, género alude a las diferencias *psicológicas*, *sociales* y *culturales* entre los hombres y las mujeres. La distinción entre sexo y género es fundamental, ya que muchas diferencias entre varones y hembras no son biológicas en origen.

### Los orígenes de las diferencias sexuales

A menudo se piensa que las diferencias de sexo son genéticas —se llevan en los genes transmitidos por herencia—, pero esto no es del todo correcto. El sexo no se hereda de la misma manera que otras características físicas (como el color del pelo), no existen genes que estén presentes en un sexo y ausentes en el otro. Las diferencias humanas de sexo se constituyen de la siguiente manera. Los seres humanos poseen 23 pares de cromosomas, y el esperma y el óvulo femenino contribuyen con un cromosoma en cada par. En todos estos pares, excepto en uno, los dos cromosomas son idénticos. En las hembras, el par 23 es también idéntico, pero en los varones los dos cromosomas del par 23 son diferentes. Un cromosoma (el cromosoma X) está presente en el par femenino, pero el otro, el cromosoma Y, no se encuentra en la estructura femenina.

Los embriones se originan con gónadas (glándulas) indiferenciadas. Si un cromosoma Y está presente, las gónadas evolucionan a testículos. Si el cromosoma Y está ausente, evolucionan a ovarios. Los testículos producen hormonas andrógenas, que hacen que los tejidos genitales se conviertan en genitales masculinos externos. Si el andrógeno no está próximo en esta fase, los tejidos se convierten en genitales femeninos. Los testículos también producen sustancias que impiden que los conductos sin desarrollar se transformen en un útero y en trompas de Falopio, como ocurre en el curso del desarrollo femenino. En otras palabras, la existencia o ausencia de un cromosoma Y actúa temprano en el desarrollo del embrión, como un interruptor que conduce el desarrollo del organismo por uno de los dos caminos (Lewontin, 1982: 138-139).

Los mecanismos de desarrollo sexual se desencadenan en ambos sexos en fases posteriores de la vida, cuando se alcanza la madurez sexual. Esto se conoce con el nombre de pubertad. La edad media de la pu-



bertad ha disminuido en las sociedades industrializadas: hace 100 años, la edad media de la primera menstruación en las niñas era 14 años y medio; hoy está en 12. Los niños alcanzan la pubertad algo más tarde que las niñas. Las diferencias físicas de fuerza son máximas en la pubertad; los hombres adultos poseen, como media, 10% más de músculo que las mujeres, y una proporción más alta de fibra muscular asociada con la resistencia física. Si ello está en la constitución, sin embargo, es difícil de decir, porque está influido por el entrenamiento y el ejercicio. Las diferencias biológicas que parecen predisponer a los hombres hacia los trabajos más activos y más duros físicamente, en comparación con las mujeres, son, de hecho, mínimas. La eficacia mecánica (la fuerza que el cuerpo puede producir por minuto para una unidad dada de consumo energético) es la misma para hombres y mujeres.

### **¿Tienen fundamento biológico las diferencias de comportamiento?**

¿Hasta qué punto las diferencias en el comportamiento de mujeres y hombres son producto del sexo más que del género? En otras palabras, ¿hasta qué punto se deben a diferencias biológicas? Sobre este tema las opiniones son radicalmente opuestas. Muchos autores sostienen que existen diferencias estructurales de comportamiento entre las mujeres y los hombres que aparecen, de una u otra forma, en todas las culturas. Algunos autores creen que los hallazgos de la sociobiología apuntan claramente en esta dirección. Por ejemplo, suelen llamar la atención sobre el hecho de que en casi todas las culturas los hombres, y no las mujeres, toman parte en la caza y en la guerra. Sin duda, señalan, ello demuestra que los hombres poseen tendencias de base biológica hacia la agresión de las que carecen las mujeres. A otros no les impresiona este argumento. Afirman que el nivel de agresividad de los varones varía ampliamente de una cultura a otra: se espera que las mujeres sean más *pasivas* o *dulces* en algunas culturas que en otras (Elshtain, 1987). Consecuentemente, aducen, del hecho de que un rasgo sea prácticamente universal, no se deduce que tenga su origen biológico. Pueden existir factores culturales de tipo general que produzcan tales rasgos. Por ejemplo, en la

mayoría de las culturas la mayor parte de las mujeres pasan una parte significativa de su vida educando y cuidando a los hijos, lo que les impide tomar parte en la caza y en la guerra. Desde este punto de vista, las diferencias en el comportamiento de hombres y mujeres se desarrollan principalmente mediante el aprendizaje social de las identidades femenina y masculina. [...]

### **Aprendizaje del género**

Los aspectos de aprendizaje temprano del género de los niños son casi con toda seguridad inconscientes. Preceden a la fase en la que los niños son capaces de etiquetarse a sí mismos como *niño* o *niña*. Una serie de claves preverbales constituyen el desarrollo inicial de la conciencia del género. Los adultos varones y hembras suelen tratar a los niños de distinto modo. Los cosméticos que usan las mujeres contienen esencias distintas de las que los niños aprenden a asociar con los varones. Las diferencias sistemáticas en el vestir, el corte de pelo, etcétera, proporcionan claves visuales al niño en fase de crecimiento. Cuando tienen alrededor de dos años, los niños entienden de modo parcial lo que significa el género. Saben si son niños o niñas, y pueden clasificar correctamente a los demás. Sin embargo, hasta que no tienen cinco o seis años no saben que el género de una persona no cambia, que todos tienen género, o que las diferencias entre las niñas y los niños tienen una base anatómica.

Los juguetes, los libros con ilustraciones y los programas de televisión con los que los niños entran en contacto tienden a destacar la diferencia de atributos femeninos y masculinos. Las jugueterías y los catálogos de juguetes clasifican normalmente sus productos por géneros. Incluso los juguetes que pueden ser neutrales en términos de género no lo son en la práctica. Por ejemplo, los gatitos y conejitos de juguete se recomiendan para las niñas, mientras que los leones y los tigres se consideran más apropiados para los niños.

Vanda Lucia Zammuner estudió las preferencias por los juguetes de los niños en dos contextos nacionales distintos: Italia y Holanda (Zammuner, 1987). Se analizaron las ideas y actitudes de los niños hacia distintos tipos de juguetes; se incluían los juguetes *masculinos* y *femeninos* estereotipados y otros que no



## La enseñanza de las ciencias naturales

parecían ser propios de ningún género en particular. Casi todos los niños tenían entre siete y 10 años. Se pidió a los niños y a sus padres que dijese cuáles eran los juguetes para niños y los que eran apropiados para niñas. Hubo bastante acuerdo entre los adultos y los niños. Como media, más niños italianos eligieron juguetes propios de uno de los sexos que los holandeses, un resultado que se ajustaba a las expectativas, ya que la cultura italiana tiene una idea sobre el género más tradicional que la sociedad holandesa. Al igual que en otros estudios, las niñas de ambas sociedades eligieron juguetes neutrales en cuanto al género o *juguetes de niños* para jugar, pero pocos niños quisieron jugar con *juguetes de niñas*.

### Televisión

Aunque existen honrosas excepciones, los análisis de programas de televisión dirigidos a los niños se corresponden con los resultados obtenidos en los estudios de la literatura infantil. Los estudios de los dibujos animados más vistos muestran que prácticamente todos los protagonistas son masculinos y los varones predominan en los papeles activos representados. Imágenes similares se encuentran en los anuncios que aparecen a intervalos regulares en los programas.

### Influencias de la escuela y del grupo de pares

Cuando empiezan la escuela, los niños son plenamente conscientes de las diferencias de género. Las escuelas no están normalmente divididas por sexos. Pero en la práctica es evidente que hay una serie de factores que afectan de distinta manera a las niñas y a los niños. En muchos países occidentales siguen existiendo diferencias en las asignaturas que estudian unos y otras: las niñas estudian economía doméstica o *ciencia doméstica*, mientras que carpintería y el trabajo con metales son asignaturas de niños. A menudo se anima a los niños y a las niñas a que practiquen deportes distintos. Las actitudes de los profesores pueden variar, más sutil o más abiertamente, de las alumnas a los alumnos, reforzando la idea de que se espera de los niños que sean los *activos*, o permitiendo una mayor rudeza entre los niños que entre las niñas. La

socialización en los grupos de pares suele jugar un papel importante en el refuerzo y la posterior definición de las identidades de género a lo largo de la trayectoria escolar de un niño. Los círculos de amistades infantiles, dentro y fuera de la escuela, son normalmente masculinos o femeninos.

### La dificultad de una educación no sexista

June Statham estudió las experiencias de un grupo de padres en el Reino Unido que estaban dando a sus hijos una educación no sexista (Statham, 1986). La investigación incluía a 30 adultos de 18 familias, con niños de edades comprendidas entre los seis meses y los 12 años. Los padres eran de clase media, dedicados a trabajos académicos como profesores. Statham encontró que la mayor parte de los padres no trataban simplemente de modificar los papeles sexuales tradicionales —intentando que las niñas y los niños se parecieran más— sino que querían encontrar combinaciones nuevas de lo femenino y lo masculino. Querían que los niños fueran más sensibles a los sentimientos de los demás y capaces de expresar cariño, mientras que se animaba a las niñas a que orientaran sus miras hacia el aprendizaje y el ascenso.

Todos los padres encontraron que resultaba difícil luchar contra los patrones de aprendizaje del género existentes, ya que los niños estaban expuestos a ellos con sus amigos y en la escuela. Los padres tuvieron un cierto éxito en su intento de que los niños jugaran con juguetes que no fueran marcadamente sexistas, pero esto incluso resultó más difícil de lo que muchos habían esperado. Una madre le comentaba al investigador:

Si entras en una juguetería, está llena de juguetes de guerra para los niños y de juguetes domésticos para las niñas, y esto resume la sociedad tal y como es. Así se socializan los niños: está bien enseñar a los niños a matar y a herir, y creo que es terrible, me repugna. Intento no entrar en las jugueterías, porque me enfurezco.

En la práctica, todos los niños tenían juguetes y jugaban con juegos para uno y otro género que les regalaban sus parientes.



Ahora hay libros infantiles con niñas fuertes e independientes que son las protagonistas, pero pocos libros muestran a los niños en papeles no tradicionales. La madre de un niño de cinco años decía lo siguiente de la reacción de su hijo cuando cambió los sexos de los personajes de una historia que le estaba leyendo:

Se enfadó un poco cuando le estaba leyendo un libro que representaba a un niño y a una niña en papeles tradicionales y cambié todos los *él* por *ella* y todos los *ella* por *él*. Cuando empecé a hacerlo, parecía que lo que quería decir era: "A ti no te gustan los niños, sólo te gustan las niñas". Le tuve que explicar que eso no era cierto, y que lo que ocurría era que había muy poco escrito sobre las niñas (Statham, 1986, pp. 43 y 67).

Claramente, la socialización en el género está profundamente arraigada, y los desafíos pueden resultar perturbadores.

### **Bibliografía**

Elshtain, J.B. (1987). *Women and War*, Nueva York, Basic Books.  
Hansen, I. (1980). "Sex education for Young children", citado en J. Scanzoni y G.L. Fox, "Sex, role, family and society", en *Journal of Marriage and the Family*, núm. 42.

Lewontin, R. (1982). *Human Diversity*, Londres, W.H. Freeman.  
Money, J. y A.A. Ehrhardt (1972). *Man and Woman/ Boy and Girl*, Baltimore, Johns Hopkins University Press.  
Morris, D. (1977). *Manwatching: A Field Guide to Human Behavior*, Nueva York, Abrams.  
Rutter, M. y H. Giller (1983). *Juvenile Delinquency: Trends and Perspectives*, Harmondsworth, Penguin.  
Ryan, T. (1985). "The roots of masculinity", en Andy Metcalf y Martin Humphries (Eds.), *Sexuality of Men*, Londres, Pluto.  
Statham, J. (1986). *Daughters and Sons: Experiences of Non-Sexist Childraising*, Oxford, Basil Blackwell.  
Viorst, J. (1987). "And the prince knelt down and tried to put the glass slipper on Cinderella's foot", en Jack Zipes, *Don't Bet On The Prince: Contemporary Feminists Fairy Tales in North America and England*, Londres, Methuen.  
Walum, L.R. (1977). *The Dynamics of Sex and Gender: A Sociological Perspective*, Chicago, Rand McNally.  
Will, J., S.P. y N. Datan (1976). "Maternal behavior and perceived sex of infants", en *American Journal of Orthopsychiatry*, 0núm. 46.  
Zammuner, V.L. (1987). "Children's sex-role stereotypes: a cross-cultural analysis", en Philip Shaver y Clyde Hendrick, *Sex and Gender*, Londres, Sage.





## Más allá de la investigación del medio

.....

Rafael Porlán Ariza  
Pedro Cañal de León



Desde hace varios años, un nuevo enfoque didáctico se ha abierto camino, con indudable fuerza, en las escuelas de nuestro país. Con una perspectiva ambientalista y ligada a una tradición pedagógica antigua, la investigación del medio se ha situado como polo de referencia para múltiples experiencias de renovación y experimentación escolar, tanto en el campo de la enseñanza de las ciencias experimentales como en el de las sociales e incluso para enfoques globalizadores del aprendizaje escolar. Indudablemente, la riqueza de procedimientos y de resultados de dichas experiencias depende de los niveles educativos en que han sido aplicadas y de los ámbitos de la realidad en que se han centrado. Esta necesaria variedad relativiza cualquier generalización que se pretenda sobre las características empíricas de la investigación del medio.

Sin embargo, y aceptando la inevitable limitación de nuestro análisis, parece conveniente, en el momento actual, presentar a discusión los avances conseguidos, las limitaciones observadas y las posibles aportaciones que pueden enriquecer esta forma de trabajo en las aulas.

### Aportaciones

Nos parece evidente, al menos hasta donde llega nuestro conocimiento, que la investigación del medio ha consolidado, en la teoría y en la práctica pedagógica, una serie de aspectos de especial relevancia, de los que señalamos algunos:

- El acercamiento entre la experiencia extraescolar y la experiencia escolar del niño.
- La consideración de que el interés del niño es el motor de sus actividades de aprendizaje.
- La importancia del trabajo en equipo y la cooperación en la escuela. La importancia, también, de la participación de alumnos y profesores en el diseño didáctico.
- La tendencia a enfocar el aprendizaje de manera global o interdisciplinar.
- La incorporación de actitudes y procedimientos característicos de la producción científica.
- La concepción ambientalista de la educación.
- La influencia en la escuela de nuevos modelos teórico-científicos de importancia en la actuali-

.....

Tomado de *Cuadernos de Pedagogía*, núm. 142, Barcelona, Fontalba, noviembre de 1986, pp. 8-12.



dad (modelos ecológicos, teoría de sistemas, etcétera).

- La toma de conciencia de la necesidad de modificar en la escuela determinados elementos burocráticos y de infraestructura (exámenes, notas, permisos, horarios, instalaciones, etcétera) que dificultan significativamente un enfoque de este tipo.

### Nuevos problemas

Estos rasgos definidores de las experiencias de investigación del medio han generado, como era de esperar, un conjunto de nuevas situaciones y problemas didácticos que necesitan, a su vez, nuevos enfoques y modelos de referencia. A nuestro entender, dichas situaciones se caracterizan por lo siguiente:

- La dificultad para conocer, comprender y dirigir los procesos de aprendizaje significativo de los niños.
- La tendencia a favorecer, casi exclusivamente, los aspectos manipulativo-observacionales de los alumnos, abandonando con frecuencia sus operaciones mentales internas.
- La crisis del papel del profesor, preparado para transmitir conocimientos y empeñado, sin embargo, en ayudar a sus alumnos en la investigación.
- La aparición de un debate sobre la posibilidad de que los procesos de investigación del alumno vertebran, o no, la mayor parte de la actividad escolar.

Por otro lado, y desde otras corrientes psicopedagógicas y didácticas, surgen diversas aportaciones parciales que, a nuestro entender, complementan y enriquecen el enfoque de "investigación del medio", aportando elementos de superación de los nuevos problemas detectados. Nos referimos en concreto a éstas:

- La concepción *constructivista* del aprendizaje.
- El modelo de *profesor como facilitador e investigador* en el aula.
- La dinámica de *la comunicación* y de *la interacción social* como soporte para el aprendizaje cognitivo y actitudinal.

- La consideración del *aula como un sistema complejo y singular* y de *los currícula como modelos flexibles y reformulables* en cada caso particular.

Todo ello nos anima a proponer la necesidad de trascender del enfoque de investigación del medio a un *modelo didáctico alternativo basado en la investigación en la escuela*, que dirija los procesos empíricos de investigación e innovación didáctica.

### Qué es investigar

En primer lugar, conviene partir de una definición clara del término *investigación*. Como ya hemos señalado en otra ocasión, para Bunge es un *proceso encaminado a encontrar problemas, formularlos y resolverlos* se considera como un problema toda dificultad que no pueda resolverse automáticamente, es decir, cuya resolución exija la puesta en marcha de procesos de exploración conceptual o empírica. Así, actividades en principio tan dispares como determinar la causa de que no funcione un equipo de megafonía o establecer la influencia de la presión atmosférica sobre la conducta de una determinada especie de hormiga, podrán considerarse igualmente como investigaciones. La última es un ejemplo de investigación científica, es decir, planteada en el contexto de teorías científicas y con el empleo de métodos científicos, con el objeto primario de incrementar los conocimientos humanos, en tanto que la primera será también una investigación, aunque no expresamente científica. Cuando hablamos de investigación en la escuela por parte del alumno, empleamos el término en su sentido más amplio, sin circunscribirlo necesariamente al ámbito de la investigación científica.

### El ambiente como primera condición

Un ambiente estimulante y facilitador de la investigación vendrá caracterizado por una atención especial al contacto directo con la realidad social y natural, al desarrollo de la comunicación entre alumnos, y entre éstos y el profesor, y a la creación de un clima de libertad y cooperación en la clase. Junto a esto, la organización escolar (horarios, agrupamientos, nor-



## Más allá de la investigación del medio

mas, etcétera) no ha de entorpecer sino por el contrario alentar la rica dinámica investigadora.

Para investigar es necesaria una adecuada selección de los problemas, huyendo de la tentación de disfrazar los programas clásicos bajo la forma de “investigaciones temáticas” del tipo “Mesopotamia” o “Los romanos”. Serán temas de investigación válidos, en un principio, aquellos que reúnan simultáneamente las siguientes características:

- Construir un *auténtico problema para los alumnos*.
- Provocar *curiosidad y deseo de investigar* en éstos.
- Poder enunciarse en forma interrogativa del tipo: ¿por qué...?, ¿cómo...?, ¿cuándo...?, ¿dónde...?, etcétera.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que una parte importante del proceso de investigación consiste en *encontrar problemas*, por lo que habrá que prestarle una atención especial, con actividades, en el aula y fuera de ella, que proporcionen oportunidades para la expresión de los intereses personales y, en coherencia con ello, para la selección de problemas válidos.

### Las creencias previas

Es imprescindible, en este proceso, el conocimiento de las ideas previas de que parten los niños como fruto de su experiencia en la vida diaria y en los anteriores años de escolarización. Ellos han elaborado, de hecho, ciertos conceptos y teorías sobre la realidad y los fenómenos que en ella ocurren, que suelen estar dotados de una relativa coherencia interna, son persistentes y no se modifican fácilmente por la simple presentación de los correspondientes contenidos académicos.

Dado que el cambio (aprendizaje) se producirá por *reconstrucción progresiva* de dichas ideas y conceptos, un modelo didáctico que lo tenga en cuenta propiciará un conocimiento, por parte del profesor, de las ideas de partida sobre el problema en cuestión. En función del nivel escolar de que se trate, [las ideas] podrán explorarse por medio de instrumentos diversos, como pueden ser los cuestionarios escritos, las

entrevistas individuales o de pequeños grupos, las puestas en común generales, etcétera. Pueden participar activamente en este estudio los alumnos mismos, como investigadores de las ideas propias y de los compañeros.

### El contraste entre diferentes creencias

El contraste de las distintas ideas, concepciones, hipótesis, etcétera, sobre el problema que vaya a investigarse permitirá la *duda* sobre las propias explicaciones o quizás el *deseo de ratificarlas*. Todo ello constituye un acicate para la clasificación de las opiniones personales en *corrientes de opinión* o *catálogo de hipótesis* sobre los problemas que se investiguen y un importante elemento de motivación para los alumnos.

Este debate permitirá también formular más claramente el problema, delimitarlo con mayor nitidez, e incluso, si llegara a ello, la división del mismo en varios subproblemas encadenados.

### Creencias y nueva información

Los alumnos buscarán, recopilarán y organizarán, de forma selectiva, la información que consideren pertinente para resolver el problema, es decir, para dar validez o no a sus creencias e hipótesis respecto al mismo.

Las actividades diseñadas para tal efecto pueden incluir, en primera instancia, los siguientes procesos:

- Manipulativos y observacionales, tanto dentro como fuera del aula.
- Experimentales.
- Análisis de información escrita (libros, periódicos, revistas, materiales del archivo de clase).
- Análisis de información verbal (encuestas, entrevistas, etcétera).

La mayor incidencia de unos procesos u otros y la inclusión de técnicas más o menos complejas, de organización de la información, estará en función de la índole del problema, de la edad de los alumnos y del nivel del dominio efectivo de dichos procesos.

*Las salidas* fuera del recinto escolar tienen aquí (y también en la fase de “encontrar problemas”) su mayor sentido. De la excursión festiva puntual (que en



## La enseñanza de las ciencias naturales

cualquier caso siempre es necesaria) puede pasarse a la salida, también festiva, pero frecuente y planificada en relación con un proceso de investigación de la clase en general o de un grupo de la misma en particular.

El estudio en profundidad de los datos obtenidos y la expresión de los mismos, a través de formas diversas e imaginativas y el debate colectivo, permitirán contrastar los resultados con las hipótesis de partida, discutir la validez de las mismas y descubrir los aspectos que siguen siendo problemáticos y los nuevos problemas que se detectan. Se trata de un proceso de construcción tanto de conocimientos como de actitudes.

Todo ello permitirá iniciar nuevos procesos de investigación, a veces relacionados directamente con los anteriores a través de un hilo conductor, o a veces colaterales y surgidos tangencialmente, pero que despertan la curiosidad y el interés general.

La existencia de posibles *conceptos estructurantes* o *básicos* comunes a diversas disciplinas, y de capacidades generales y actitudes convenientes para la formación de cualquier individuo, servirán de referencia a la tarea del profesor como facilitador del aprendizaje de sus alumnos.

### La difusión

Al final es conveniente que el profesor y los niños elaboren en la forma adecuada (según la edad y las características del estudio) un informe que recoja lo siguiente: origen del problema, propósitos de la investigación, ideas de partida, actividades realizadas, datos conseguidos y conclusiones a que se llegó, así como dudas y nuevos problemas derivados de su desarrollo.

Este informe debe llegar a cada alumno y puede ser útil para otros alumnos o personas interesadas en general.

### El seguimiento de la investigación

En el modelo propuesto, el profesor no puede garantizar el aprendizaje de sus alumnos. Sin embargo, debe intentar conocer con cierto grado de racionalidad el proceso de construcción de los aprendizajes y las diferentes *variables contextuales* que lo dificultan o lo hacen posible.

El diario de clase [...], el registro de anécdotas, los cuadernos de trabajo de los alumnos, la grabación de conversaciones y diálogos en clase y los cuestionarios de preguntas son algunos procedimientos asequibles para tal fin.

### A modo de resumen

La investigación del medio constituye un planteamiento metodológico y didáctico coherente con una concepción constructivista del aprendizaje, en un marco de interacción simbólica y social, y con un planteamiento flexible del currículum. Por otro lado, necesita una preparación y actuación del profesor más cercana a la de un orientador, especialista en dinámicas grupales e investigador, en parte, de procesos significativos del aula, que a la de un *enciclopedista* o *entendido* en todos los saberes humanos.

Por todo ello, creemos que un modelo didáctico basado en la investigación de profesores y alumnos contiene suficiente potencialidad como para ser proceso de renovación y de reforma educativa que, en estos momentos, está en marcha en nuestro país.



## Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles



Carmen Gómez-Granell



Probablemente el hecho que mejor caracteriza nuestra época es el de la comunicación. El vertiginoso desarrollo de las nuevas tecnologías puestas al servicio del procesamiento de información y la comunicación no sólo están cambiando el orden social y cultural, sino lo que es aún más importante: nuestra concepción del Universo y nuestros sistemas de pensamiento.

La comunicación está en la base de los más fundamentales logros de la humanidad desde el principio de los tiempos. La aparición del pensamiento simbólico, la adquisición del lenguaje, la invención de la escritura y de las cifras, la construcción de máquinas e instrumentos técnicos de todo tipo, la imprenta, etcétera, responden en muy buena parte a necesidades de comunicación. Pero es durante los dos últimos siglos cuando los sistemas y el concepto mismo de comunicación se han modificado profundamente.

Cuando en 1860 Abraham Lincoln se puso en contacto, por primera vez en la historia, con las tropas que estaban combatiendo en primera línea de fuego a través del telégrafo, se produce una verdadera revolución, que será ya imparable, en la concepción del

Universo: la aproximación entre quienes se comunican es tal que, aun estando a miles de kilómetros del lugar donde tiene lugar un suceso, se puede participar y interactuar con el mismo. Se establece precisamente lo que la moderna teoría cibernética ha interpretado en términos de relación de *feed-back* o retroalimentación, es decir, una cadena circular en la que la información recibida acerca de la acción en cuestión (en este caso la situación de la batalla), se utiliza para modificar ésta y a su vez esta modificación realimenta de nuevo la información que, lógicamente, ha quedado afectada por la acción que la misma información ha desencadenado.

En efecto, el descubrimiento de que la electricidad, que había sido utilizada para transmitir energía de un lugar a otro, también puede utilizarse para transmitir información, es la base de la nueva revolución tecnológica y conceptual a la que estamos asistiendo: el telégrafo y posteriormente el teléfono, la radio, la televisión y, sobre todo, los modernos computadores que permiten el procesamiento de la información, han modificado la percepción psicológica de espacio y tiempo: lo que sucede hoy en Nueva York o en Etio-



Tomado de Monserrat Moreno (coord.), *Ciencia, aprendizaje y comunicación*, Barcelona, Laia, 1988, pp. 53-76. Este trabajo se ha realizado en el marco de un estudio más amplio denominado "Formación y educación ambiental: evaluación de la eficacia de método, de educación ambiental", subvencionado por el Ministerio de Obras Públicas. Agradecemos la colaboración en este trabajo de Aurora Leal y Asunción López. Inmaculada Nieto y Ana Batalla realizaron las entrevistas con los niños, que fueron registradas en video por Juan Jiménez.



pía es difundido y conocido por la mayoría de la población en pocas horas.

Pero esta extraordinaria revolución, que como sabemos ha conllevado numerosos cambios sociales, ha sido posible porque ha habido también un profundo cambio en la concepción de la realidad física, biológica y social.

La mecánica clásica, de carácter determinista y mecanicista, concibe una realidad formada por sistemas cerrados y reversibles, cuya característica esencial es la conservación de la energía. La búsqueda de mecanismos causales que expliquen *la razón* de un determinado fenómeno constituía el objeto de estudio de la ciencia.

Sin embargo, desde principios del siglo pasado se empieza a tomar conciencia de que el esquema racionalista instaurado por Newton y Laplace no es suficiente para explicar el comportamiento de un gran número de fenómenos: los procesos biológicos y ecológicos, las modernas máquinas y computadores, los comportamientos sociales e individuales, exigen modelos explicativos más complejos y dinámicos y estos aparecen de la mano de una nueva ciencia, la cibernética, que propone un nuevo concepto de *sistema*.

Desde este nuevo punto de vista el *sistema* es concebido no como una suma de partes cuyo conocimiento determina el del propio sistema, sino como un todo significativo en sí mismo. En un sistema de estas características, entre los elementos o componentes básicos del mismo, se establecen relaciones de interacción que determinan la funcionalidad del sistema y que constituyen el objeto fundamental de estudio.

En los distintos ámbitos del conocimiento, las explicaciones causales estrictamente lineales están siendo complementadas o sustituidas por modelos basados en el análisis de las interacciones.

Por supuesto, en el campo de la ciencia y la tecnología las explicaciones sistémicas son hoy imprescindibles: el estudio de sistemas abiertos, que intercambian materia y energía con su entorno, exige el desarrollo de modelos que puedan explicar los mecanismos implicados en dichos intercambios, que permitan mantener estados estacionarios lejos del equilibrio termodinámico del sistema.

El estudio de la conducta humana, que las teorías psicoanalíticas habían abordado desde una óptica estrictamente causal, buscando la explicación a través de la introspección del individuo en su propia historia, se ha visto notablemente enriquecido en los últimos tiempos por los enfoques sistémicos, que estudian la conducta del individuo en el marco de la interacción y la comunicación social.

“Cuando —como dice Watzlawick— se desplaza el acento desde los procesos intrapsíquicos hacia los fenómenos interaccionales, se expande drásticamente la comprensión de la conducta humana” (Watzlawick, 1967: 11).

El desarrollo de la cibernética ha permitido construir máquinas complejas que, de forma similar a los organismos vivos, poseen una gran capacidad de autorregulación. Máquinas que, como los ordenadores, son capaces de realizar una secuencia de acciones con un propósito específico, y de incorporar, mediante un mecanismo de realimentación, la información de los efectos de las mismas, de forma que las nuevas acciones tengan en cuenta los resultados de las anteriores.

Los estudios sobre inteligencia artificial han utilizado ampliamente, como sabemos, la *metáfora del ordenador* para explicar los procesos cognitivos, sobre la base de que el conocimiento se basa en el intercambio y procesamiento de información.

Sin olvidar que no es posible reducir el funcionamiento de la mente humana a la de una máquina, por mucho que incorpore mecanismos de autoregulación, el modelo del procesamiento de la información ha permitido avanzar a las teorías cognitivas al considerar la mente como un sistema abierto que intercambia información con el medio.

La biología, la psicología, las ciencias sociales, la economía, la ingeniería, etcétera, han pasado pues de ocuparse del estudio de relaciones lineales de tipo causa-efecto al estudio de relaciones que tienen un aspecto fundamental en común: el intercambio de información mediante mecanismos de realimentación.

Las explicaciones lineales, de carácter determinista, dejan sin explicación una serie inmensa de fenómenos complejos, como los de la vida, la inteligencia y la conducta humana en general, que poseen una organización propia y que sólo pueden ser explicados



..... **Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles**

desde el punto de vista de la comunicación y la interacción.

### **Ecología y educación ambiental**

La ecología, cuyo objeto fundamental es el estudio de los ecosistemas, es por definición una ciencia de síntesis que se preocupa fundamentalmente de analizar la organización de dichos ecosistemas y sus interrelaciones, más que de la naturaleza de los seres que los forman. En la actualidad, no es posible realizar, por ejemplo, un estudio de la vegetación de una zona sin tener en cuenta, de forma simultánea, la fauna, el clima, la acción del hombre, etcétera.

La noción de interacción o interrelación está en la base de la comprensión de las relaciones medioambientales y del concepto de ecosistema entendido, desde una perspectiva amplia, como una entidad en la que actúan y se relacionan, en estrecha interdependencia, diferentes especies en el seno de un ambiente físico que proporciona a su vez unas determinadas características y condicionantes.

La educación ambiental se propone conseguir un cambio en las actitudes del individuo hacia su entorno, de tal forma que la interacción de éste con su medio físico y social constituya un enriquecimiento que permita una mejor calidad de vida. Pero esto implica una toma de conciencia del individuo acerca de su propia comprensión y participación en el equilibrio de los aspectos naturales y sociales que afectan a su entorno.

La concepción que a lo largo de los siglos ha presidido las relaciones del hombre con la naturaleza se ha basado más en la dominación que en la interacción.

En un conocido ensayo denominado *Responsabilidad del hombre sobre la naturaleza*, John Passmore analiza cómo esta concepción dominadora se encuentra ya en el libro del Génesis, en el que la creación es explicada de forma que todas las cosas se crean en función del hombre y sobre ellas debe éste mandar y decidir. “La cristiandad —dice Passmore— ha estimulado al hombre a considerarse a sí mismo como dueño absoluto de la naturaleza”. Dicha concepción impregna toda la filosofía occidental, desde los griegos hasta casi la actualidad, y se podría resumir en la famosa frase de Lynn White: “A pesar de lo que dice

Darwin, no nos sentimos, íntimamente, formando parte del proceso natural. Somos superiores a la naturaleza, la menospreciamos”. (White, 1967: 1204).

Lógicamente, toda especie viva interviene sobre su medio, modificándolo. Sería absurdo e irreal, como defienden algunos bajo una óptica pseudonaturalista, pretender lo contrario. Pero esa intervención es una interacción que debe guardar su equilibrio. El hombre, al ir incrementando inexorablemente su tecnología y creciente intervención sobre la naturaleza, sin crear simultáneamente mecanismos de equilibrio reguladores de esa intervención, está provocando una reacción de *feed-back* o retroalimentación que repercute negativamente sobre él mismo y sobre su entorno.

La situación actual es pues, en muchos casos, de desequilibrio. No porque el hombre intervenga sobre la naturaleza, lo cual es imprescindible, sino porque lo está haciendo sin generar simultáneamente mecanismos de control y restitución del equilibrio preexistente.

Sin embargo, en estos momentos ya no es posible seguir sustentando la filosofía, imperante hasta ahora, de explotación indefinida del medio, y esto por dos razones fundamentales.

La primera, porque se están produciendo cada vez con más frecuencia pequeñas o grandes catástrofes, que comprometen claramente el equilibrio de nuestro planeta y generan una mayor toma de conciencia en la población sobre este problema.

La segunda, porque el avance de la ciencia pone de manifiesto cada vez con más claridad que el mundo es un complejo sistema, formado por subsistemas que se interrelacionan entre sí. Entre los dos distintos subsistemas existen relaciones de interacción e interdependencia, de tal manera que la actuación sobre un elemento puede alterar o modificar sustancialmente los demás.

En los últimos tiempos, la progresiva toma de conciencia del deterioro a que estamos sometiendo nuestro planeta ha llevado a que, desde numerosas instancias e instituciones públicas, se impulsen programas de educación ambiental.

Los objetivos de estos programas se podrían resumir en tres:

- a) Que se produzcan cambios conceptuales y cognitivos en los sistemas de pensamiento de los



## La enseñanza de las ciencias naturales

ciudadanos, lo que implica que los contenidos sean realmente asimilados y no simplemente memorizados.

b) Que la comprensión de estos conocimientos produzca cambios reales y no meramente superficiales, en las actitudes hacia la mejora del medio ambiente.

c) Que los individuos sean capaces de generar soluciones ante los problemas imprevistos que pueda plantear su relación con el entorno.

El logro de estos objetivos sólo es posible si el individuo comprende realmente las complejas relaciones de interacción e intercambio que se dan en su entorno, ya que sólo dicha comprensión permitirá alcanzar una conciencia social y colectiva capaz de prever las repercusiones de sus acciones a corto, medio y largo plazo.

Sin embargo, esto exige, entre otras muchas cosas, la articulación de un modelo educativo muy diferente al que, en líneas generales, impera hoy en nuestra sociedad.

La desvinculación entre escuela y sociedad, que es una característica de las sociedades modernas, se torna cada vez más profunda y preocupante en una sociedad que evoluciona tan rápidamente como la nuestra.

Este aislamiento de la escuela ha comprobado en las últimas décadas que ni los contenidos ni los métodos que ésta utiliza se adecuen a los intereses y necesidades sociales y individuales.

El vertiginoso aumento del número y la calidad de conocimientos, así como la rápida modificación de los sistemas de comunicación y procesamiento de la información, impone la necesidad de un tipo de saber diferente. Un saber no acumulativo, sino evolutivo, no definitivo, más capaz de plantear problemas nuevos que únicamente de resolverlos.

La adquisición de este tipo de conocimiento no es posible en una escuela que no toma contacto con el mundo exterior y que está regida por un modelo de aprendizaje asociacionista, cuyo objetivo es la transmisión directa de conocimientos que el alumno irá asimilando de forma gradual y acumulativa.

El alumno adquiere así una serie de conocimientos superficiales, que no integra en su sistema de com-

prensión de la realidad, y que no les son útiles para solucionar ni poder plantear problemas reales.

Es necesario elaborar un modelo de aprendizaje constructivista, es decir, un modelo en el que el alumno construya y no sólo reciba pasivamente los conocimientos, sin caer por otra parte en una enseñanza puramente intuitiva.

Actualmente, dentro de las teorías constructivistas, la línea de trabajo que parece más fructífera, tanto desde una perspectiva estrictamente psicológica como psicopedagógica, es la del conocimiento y análisis de las representaciones del niño o del alumno.

Estas representaciones, que muchas veces se asemejan a ciertas concepciones aparecidas a lo largo de la historia y después superadas o englobadas por otras, se apoyan en lecturas directas de lo real y no obedecen a las leyes de la lógica adulta, sino a un análisis *perceptivo* o *superficial* de la realidad.

Dichas concepciones o *errores conceptuales* están fuertemente arraigados, precisamente por su similitud con el comportamiento aparente de lo real, y el objetivo de todo proceso de aprendizaje deberá ser el de articular medios para que el propio alumno las modifique.

Para ello es necesario conocer, no las *ideas de los niños*, como si de un listado de errores curiosos se tratara, sino la lógica interna de esos errores, los obstáculos cognitivos que implican y, sobre todo, el tipo de funcionamiento intelectual, procesos de reconstrucción y generalización, papel de los contextos, alternancia entre fases de descubrimiento y de estructuración, etcétera, que guía su evolución.

Desde esta perspectiva, hemos realizado un trabajo cuyo objetivo es conocer las representaciones e ideas propias que los niños poseen sobre las relaciones de interacción que se dan en el seno de un ecosistema y entre varios ecosistemas. Para ello hemos escogido como tema de estudio el análisis de las relaciones de interacción que a nivel físico, biológico, social, etcétera, tienen lugar en un pequeño pueblo o ciudad.

### Construir una ciudad

La situación experimental elegida consistió en pedir a los niños la construcción de un pueblo o pequeña ciudad. Para ello se les proporcionó el material de juguete necesario (casas, personas, edificios, fábricas,



..... **Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles**

animales, cultivos, árboles, coches..., así como plastilina, cartón, alambres, pinturas, etc., para que puedan construir lo que deseen).

La situación definitiva, elaborada después de distintos sondeos previos, consta de cuatro fases:

1. Anticipación y descripción verbal de un pueblo y de los elementos que va a necesitar para organizarlo.
2. Realización práctica del pueblo.
3. Descripción de la realización y entrevista clínica durante ésta.
4. Análisis de conflictos.

Cada una de estas cuatro fases consta de diferentes apartados que describiremos a continuación. Recuerde que dadas las características de la entrevista clínica, las preguntas de la encuesta son más que nada puntos a tratar o a tener en cuenta y pueden ser modificadas, variadas o ampliadas en el curso de la misma.

### I. Cuestiones previas

#### 1.1. Cuestiones previas para centrar el tema

- ¿Sabes qué es un pueblo?
- ¿Qué pueblos conoces?
- “La tarea que vamos a realizar es la de construir un pueblo. Tú tienes que pensar todas las cosas que necesitarás para hacerlo (se le indica al niño que aquí, en una caja, está el material; de momento, se mantiene oculto para no inducir las respuestas). Una vez me hayas dicho todo lo que necesitas te lo daré y tú harás el pueblo. Pero has de tener en cuenta para hacerlo que van a vivir personas en él y tienen que tener *todo lo necesario* para vivir cómodamente”.

#### 1.2. Preguntas previas a la realización del pueblo por el niño

Preguntas dirigidas a definir el ambiente natural:

- ¿Dónde estará situado?
- ¿Puedes explicar cómo es el lugar, los alrededores del pueblo?
- ¿Hay agua?
- ¿Cómo es el suelo?

- ¿Hay bosques, montañas, ríos, lagos?
- ¿Y el clima? ¿Llueve? ¿Hace frío? ¿Calor?
- ¿Qué animales hay?
- ¿Cómo es la vegetación?, etcétera.

Preguntas dirigidas a definir el entorno creado por el hombre y que en este caso ellos van a construir:

- Tenemos aquí todo el material que tú puedes necesitar para construir el pueblo. (El material está oculto hasta que el niño lo pida y entonces se le va dando objeto por objeto sin que pueda ver el resto).
- Piensa todo lo que necesitas y a medida que lo vayas pidiendo te lo daré.
- ¿Algo más? ¿Tienes ya lo que necesitas? (se le da todo lo que pide).

### 2. Realización práctica del pueblo

Consigna: “Ahora puedes hacerlo como quieras, pero tienes que tener en cuenta que la gente viva bien en él, que se sienta cómoda”.

### 3. Descripción de la realización práctica del pueblo y entrevista clínica durante esta realización

#### 3.1. Organización general

*Explícame cómo lo has hecho, por qué has puesto cada cosa donde está.*

Se puede completar con preguntas como:

- Dime cómo funciona este pueblo.
- ¿Cómo viven? ¿De qué viven?
- ¿De qué se alimentan?
- ¿En qué trabajan?
- ¿Cómo se divierten?
- ¿Dónde pasean? ¿Cómo viajan?

(Si con estas preguntas surgen elementos nuevos que el niño no había previsto en la anticipación se le dan y se le pide que los coloque).

#### 3.2. Recursos

Con respecto a los cultivos:

- ¿Qué cultivan?
- ¿Por qué han decidido cultivar estas cosas? ¿Hay algún motivo?
- ¿De qué depende cultivar una cosa y otra?



## La enseñanza de las ciencias naturales

- Sugerir algunos cultivos que se contradigan con el clima que el niño ha definido:
- ¿Podríamos poner arroz? ¿Café? ¿Olivos?
- ¿Qué necesitan estos cultivos para vivir? ¿Y para crecer?
- ¿Sabes qué es el abono? ¿De dónde se obtiene?
- ¿Qué pasa con estos vegetales hasta que se los comen las personas?
- ¿Qué preferirán estos seres la agricultura o la ganadería?
- ¿Por qué?, etcétera.

Con respecto a los animales domésticos:

- ¿Qué animales tienen?
- ¿Por qué has puesto estos animales?
- ¿Podría haber...? (uno que se contradiga con lo que ha dicho)
- ¿De qué viven estos animales? ¿De qué se alimentan?
- ¿Qué se hace con los productos de los animales? - ¿Los animales necesitan a las plantas para vivir?

Con respecto a las fábricas:

- ¿Qué fábricas has puesto? o ¿De qué se podría poner una fábrica? ¿Por qué?
- ¿Qué necesita la fábrica para funcionar?
- ¿Qué se hace de los productos de la fábrica?, etcétera.

### 3.3. Entorno natural

- ¿Para qué sirven los bosques?
- ¿Y la vegetación?
- ¿El río?
- ¿Por qué has puesto estos árboles?
- ¿Y estos animales?
- ¿Los animales y las plantas del bosque de qué viven?, etcétera.

### 3.4. Organización social

- Aspectos económicos: ¿De dónde sacan el dinero?

- ¿En qué trabajan?

Para completar las explicaciones, se sugiere la posibilidad de eliminar o añadir algunos elementos. Por ejemplo:

- Poner una tienda de algo que no se cultiva y de algo que hay en el pueblo. ¿Qué te parece que es mejor poner esta tienda o esta otra? ¿Por qué?
- Eliminar un cultivo. ¿Qué pasaría si... ?
- Quitar o poner alguna fábrica. ¿Qué pasaría si hubiera un fábrica de papel?  
(Siempre se juega con que los elementos sean o no apropiados para el contexto que el niño ha definido.)

O se pregunta sobre la mayor importancia de unos elementos y otros para la supervivencia del pueblo:

- ¿Qué es más importante este cultivo (uno básico) o éste?
- ¿Las tiendas o los cultivos?, etcétera.
- ¿Qué es más importante, dímelos por orden, para este pueblo: los coches, la electricidad, los cultivos, las tiendas, el agua, las carreteras?

### 4. Análisis de conflictos

Hemos denominado así una serie de *problemas* o *sucesos* hipotéticos, que podrían ocurrir y modificar las condiciones de vida del pueblo, y que se plantean a los alumnos para que reflexionen sobre dos aspectos:

- a) Las consecuencias para el pueblo y cómo quedaban afectados sus diferentes componentes.
- b) Las posibles alternativas o vías de solución.

Los problemas presentados son los siguientes:

- 1º En el pueblo comienza a llover y durante muchos días, semanas e incluso meses, continúan las lluvias.
- 2º Pasan muchos meses, incluso años, sin llover.
- 3º Vienen frecuentemente cazadores que acaban eliminando todos los animales del bosque.



..... **Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles**

- 4º Dado que hay mucha demanda de madera, se talan todos los bosques que hay alrededor del pueblo.
- 5º Hay una epidemia que afecta a los animales de las granjas.
- 6º Por alguna razón, el pueblo se queda aislado, sin posibilidad de comunicación con otros pueblos o ciudades.
- 7º En el pueblo ponen una fábrica que tira sus desechos al río.
- 8º Imaginad que el pueblo en lugar de estar en la montaña (o junto al mar o junto a un lago, según donde lo haya situado el niño de entrada), estuviera:
  - a) Junto al mar.
  - b) Junto a un lago.

La situación completa ha sido pasada a un total de 50 niños y adolescentes, de 6, 8, 10, 12 y 14 años de edad, a razón de 10 sujetos por edad.

Todos ellos pertenecían a un medio socioeconómico mediodiario y asistían a escuelas públicas de la ciudad de Barcelona.

**Resultados**

El análisis de los datos obtenidos, en relación fundamentalmente con el concepto de interacción entre los diferentes elementos o partes del ecosistema, nos ha permitido agrupar las respuestas de los niños en cuatro niveles de representación:

**Primer nivel**

En el primer nivel la relación del hombre con su entorno es, podríamos decir, de carácter eminentemente lúdico, en tanto que no hay “necesidad” ni “repercusiones”. En el entorno todo está en función del hombre, los árboles para dar sombra, las montañas para poder pasear, las fábricas para hacer caramelos..., y éste simplemente lo utiliza para sus necesidades, sin que se diferencien las accesorias de las más fundamentales. Sus acciones o no repercuten sobre el medio —no pasa nada— o bien pueden modificarlo completamente a su antojo. Por otra parte, las características del entorno no afectan de forma esencial la vida del hombre. En resumen, entre los diferentes elementos de un sistema hay *relaciones de uso superficial* —el hombre pasea por el campo, vive en casas, tiene animales para que le hagan compa-

ña...— pero nunca *interacciones*. Cada elemento, aspecto o problema es algo aislado, las relaciones son directas, sin que existan procesos ni cadenas de sucesos, y de uso, no de intercambio. Están dominadas por la voluntad del sujeto —el granjero le da comida a quien él quiere, a sus amigos— o por criterios mágicos.

Un pensamiento pre-causal, en el que las cosas simplemente son o ocurren porque sí, y una carencia total de proyecto anticipador —el pueblo se va montando sobre la marcha y las relaciones establecidas cambian constantemente— caracteriza este nivel. Veamos algunos ejemplos:

1. ¿Alguien podría tener vacas en este pueblo? —Sí. ¿Para qué las querría? —Para que coman y beban. Las llevan a beber a los ríos. El que tiene las vacas, el dueño, ¿para qué las quiere? —¿Para qué quiere ser pastor? —Porque le encanta, le encanta tener vacas y muchas cosas... ¿De dónde saca el pastor el dinero para vivir? —Del banco.
2. ¿Los animales necesitan a las plantas para vivir? —Sí, para comérselas y estar frescas. ¿Cómo es eso? —Está fresca la hierba si llueve y si se estira la vaca estará fresca también. ¿Y las plantas, necesitan a los animales para vivir? —No, porque las plantas no comen animales.
3. ¿Cambiaría algo la vida de este pueblo si cortarían todos los árboles que hay alrededor? —Las personas no podrían tomar la sombra, los pájaros no podrían dormir ni las ardillas jugar, se aburrirían.
4. ¿Te parece que cambiaría algo la vida de este pueblo si en vez de estar en la montaña estuviera junto al mar? —Nada, se bañarían más. ¿Y si estuviera junto a un lago? —Tendrían menos agua que al lado del mar.

**Segundo nivel**

El segundo nivel participa de muchas de las características del primero, como es la ausencia de un proyecto anticipador, la falta de una visión global o de conjunto en la que se interrelacionan las diferentes unidades que componen el pueblo y un grado de egocentrismo cognitivo o antropocentrismo considerable, en cuanto que todo se organiza en función exclusiva de las necesidades de los habitantes del pueblo, sin



ninguna limitación por parte del entorno. No obstante, las diferencias radican en que las relaciones que el hombre establece con el entorno no son meramente accesorias, sino para satisfacer sus necesidades básicas; el niño de este nivel tiene conciencia de que el hombre necesita del medio social y físico para vivir, pero cree que puede intervenir sobre él a su antojo sin ninguna limitación, condicionante o repercusión. Por otra parte, aparece ya un inicio de pensamiento causal, que busca explicaciones objetivas a los fenómenos, pero de carácter muy inmediateista y directo. De igual forma, como la causa es próxima e inmediata, y no se preveen repercusiones a medio o largo plazo, las soluciones también son inmediateistas: basta con eliminar la causa o prohibir el hecho.

Así pues, en estos dos niveles quedan reflejadas características esenciales del pensamiento intuitivo, como son el animismo, el artificialismo —todo está hecho por el hombre—, el egocentrismo intelectual —todo se juzga desde un único punto de vista, el del sujeto— y la incapacidad para descentrarse y tener en cuenta varios aspectos a la vez, la centración en la apariencia perceptiva de las cosas, la incapacidad para describir procesos con secuencias de acciones y la tendencia a descripciones estáticas, la dificultad para analizar simultáneamente las acciones y sus consecuencias y, sobre todo, la falta de reversibilidad y reciprocidad que impide la comprensión de la interacción.

Veamos algunos ejemplos:

1. ¿Qué animales tienen? —Vacas, cerdos, cerdos, gallinas, huevos y pollitos y caballos. ¿Por qué tienen estos animales?— Porque estos pueden estar en la granja y se les puede alimentar. ¿Por qué tienen estos animales precisamente, no podrían tener otros? —Podrían tener otros, pero estos son importantes, porque tienen la leche, los huevos, la piel... ¿Podría haber camellos? —No... porque se pueden transportar, pero harían mucho bulto. ¿Y elefantes?— Sí... pero en el bosque.

2. ¿De qué se alimentan los animales? —De hierba y de cosas que les dan los amos, paja, hierba. ¿Y de dónde la sacan? —De lo que siembran, ellos siembran cosas y lo que no les gusta se lo dan a los animales. ¿Necesitan los animales a las plantas para vivir? —Sí, para comer. ¿Para algo más?. —Para

vivir, porque hay naturaleza con las plantas. ¿Qué quiere decir eso? —Pues que hay naturaleza... ¿Y las plantas necesitan a los animales? —No.

3. ¿Qué cultivan? —Lechugas, acelgas, zanahorias, alcachofas y patatas. ¿Podrían cultivar arroz? —No, es en zonas de mucha agua, como los chinos, para ellos es el pan. ¿Y café? — Sí. ¿Y plátanos? —Sólo se plantan plantas comestibles, por ejemplo la dalia no se come. ¿Por qué han decidido plantar estas cosas? —Porque se pueden cultivar allí, bueno y también lentejas, y la gente come mucho, sobre todo los vegetarianos. ¿De qué depende que se puedan plantar o no? —Que tengan poca agua. ¿Qué te parece, si tuvieran que elegir entre plantar trigo o alcachofas qué elegirían? —Las dos cosas son importantes, porque el trigo lo comen los animales y las alcachofas las personas. ¿Pero si tuvieran que elegir una de las dos cosas? —Las alcachofas.

### Tercer nivel

La novedad del tercer nivel radica precisamente en la aparición de las primeras relaciones de interacción: el hombre actúa sobre el entorno modificándolo, pero éste impone sus condiciones y si no se cumplen hay desajuste, conflicto o incluso catástrofe. En este nivel el hombre empieza a aparecer ya como un elemento más de un sistema, a la vez social y físico, y por lo tanto sujeto a sus leyes y variaciones. Se empiezan a explicar cadenas de sucesos y procesos, las relaciones de causalidad ya no son tan directas e inmediatas, las relaciones sociales y económicas son más complejas —aparece por ejemplo la figura del intermediario y del beneficio económico fruto de la producción—. Las leyes que rigen la organización del pueblo están en función de una lógica de clases, capaz de configurar los diferentes elementos en categorías, que sustituye al pensamiento pre-lógico de los niveles anteriores.

Ahora bien, en este nivel todavía las relaciones, las interacciones, no trascienden el marco de lo actual —representado por la unidad que constituye el pueblo— tanto en el tiempo como en el espacio, y esto hace que los procesos descritos no sean demasiado complejos. Los sujetos de este nivel no preveen, por ejemplo, que las consecuencias de verter desperdicios



..... **Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles**

al río pueda afectar a ciudades vecinas o traiga como consecuencia alteraciones en la flora y la fauna a largo plazo, o que la tala masiva de árboles pueda conllevar alteraciones climatológicas, o que la producción de una fábrica se regule en función de necesidades que trascienden el pueblo en el que se encuentra.

De igual forma, las explicaciones que los niños dan a los diferentes fenómenos de la naturaleza son de carácter analógico: “El agua para las plantas es como la sangre para nosotros”, “Las hojas son como si fuera un filtro, por un lado entra el aire sucio y por el otro sale limpio”. El niño construye sus representaciones mentales sobre el funcionamiento de las cosas a base de establecer semejanzas y diferencias entre comportamientos que conoce, pero las explicaciones científicas son muy tardías, ya que aunque el niño incorpore términos extraídos del vocabulario científico —función clorofílica, masa, temperatura, gravedad, atmósfera, etcétera—, éstos no tienen significado que la ciencia les otorga, como hemos podido ver en muchos de los ejemplos descritos.

Veamos algunos ejemplos:

1. E: ¿Qué te parece, podría haber camellos en este pueblo?  
 N: ¡No! Los camellos están en África porque necesitan un clima con mucho sol, pueden estar mucho tiempo sin beber y atravesar el desierto que no hay agua. Aquí no servirían para nada.  
 E: ¿Podrían cultivar arroz?  
 N: No sé... si quieren... no; no creo que en un pueblo se pueda cultivar, etc... Necesitan mucha agua para cultivarlo, podrían cultivar maíz o girasoles... en algunos pueblos sí, pero no en todos.  
 E: ¿De qué depende que puedan cultivar arroz o no?  
 N: Tienen que tener en cuenta el clima que haga.  
 E: ¿Se podrían cultivar plataneras?  
 N: No, no creo porque se necesita un clima tropical.
2. ¿Qué necesitan los cultivos para vivir?  
 Que los rieguen, los cuiden y les dé el sol, y que sea un buen terreno.  
 ¿De qué se alimentan?  
 Del agua y sales minerales de la tierra. ¿De algo más?  
 Del sol y del oxígeno.  
 ¿Me lo puedes explicar un poco más?

Algunas plantas, la clorofila con los rayos del sol las pone más verdes.

¿Necesitan algo más?

El aire porque hay oxígeno. ¿Sabes qué es el abono? Para hacer crecer las plantas, porque contiene sustancias que hacen que crezcan más, para alimentarlas, que estén bonitas y bien.

¿Si no hubiera plantas, los hombres podrían vivir? Tendrían que ser carnívoros...

**Cuarto nivel**

El cuarto nivel, que sólo hemos encontrado en alguno de los apartados que hemos analizado, da cabida no sólo a las relaciones actuales y presentes, sino también a las posibles: el sujeto prevé posibilidades que pudieran ocurrir o no si hiciéramos tal o cual cosa. Los sucesos no quedan aislados en sí mismos, sino que pueden trascender en el tiempo y en el espacio, con lo cual los niveles de interacción se amplían considerablemente. Es el inicio del pensamiento formal, caracterizado por la apertura hacia lo posible, lo que se pone de manifiesto ya en este nivel, aunque de forma muy incipiente.

Veamos un ejemplo:

- E: ¿Cambiaría en algo la vida del pueblo si estuviera mucho, mucho tiempo sin dejar de llover?  
 N: Se estropearían los cultivos, también se podría estropear la hierba y las vacas y ovejas se podrían morir de hambre, en el pueblo se formarían grietas en el suelo si no estuviera asfaltado, que yo sí que lo pondría asfaltado, y si hay truenos se podría hacer fuego en la montaña.  
 E: ¿Cómo podrían solucionarlo?  
 N: Los cultivos, taparlos con invernaderos que son por si llueve que no se estropeen las plantas. Además si hay un río se puede desbordar y puede haber una inundación y entonces sólo puede haber una solución, si se tapa todo el pueblo, pero no se ha hecho nunca.

**Análisis de las representaciones**

Las formas que tiene el niño de entender la interacción entre los elementos de un sistema físico o social condicionan la comprensión de todos los elementos

—clima, paisaje, sistemas de producción, procesos naturales, fenómenos de contaminación, características históricas o de población, alimentación, etcétera— que forman parte de ese sistema. Cada uno de esos aspectos —que pueden ser objeto de estudio independiente de diferentes ciencias o disciplinas— sólo pueden ser entendidos realmente en la medida que se entienden las interacciones que hay entre ellos. Esto no quiere decir que se elimine el objeto de estudio de cada ciencia en aras de un globalismo ingenuo, pero sí que sería conveniente que, ya desde los niveles de EGB se pusiera más el acento en los mecanismos de funcionamiento y de interacción de los elementos de un sistema y no tanto en aspectos descriptivos y parciales, que no hacen sino reforzar la tendencia a las descripciones estáticas y parcializadas del pensamiento infantil. Si el estudio de los contenidos de las diferentes disciplinas —física, química, biología, historia, literatura, arte, sociología, etcétera— se realizara desde una perspectiva más integradora y que pusiera más el acento sobre las interacciones que se producen entre todos esos elementos a través de su funcionamiento, el alumno no sólo tendría una visión más global y sistémica, sino que dominaría mejor los diferentes contenidos.

Hemos dicho que las representaciones de los alumnos no son errores al azar. Antes bien constituyen un medio de comprender un fenómeno, asimilándolo al marco de referencia cognitivo —construido mediante el mismo mecanismo funcional sobre experiencias anteriores— que posee el alumno en ese momento de su desarrollo. Estas representaciones son comunes a sujetos de un mismo nivel y pueden ser de varios tipos. En las situaciones que hemos trabajado aquí hemos encontrado fundamentalmente dos tipos de representaciones:

- a) Representaciones empíricas, que se limitan a describir las características de un fenómeno, a constatar un hecho, sin buscar explicaciones.
- b) Representaciones que intentan dar una explicación o que muestran una reflexión que va más allá de la descripción o la constatación de un fenómeno.

<sup>1</sup> Véanse los cuadros de la p. 122.

Estas representaciones constituyen en realidad *modelos* o *pre-modelos*, en tanto que, de forma semejante a la función que desempeñan las teorías científicas a lo largo de la historia de la ciencia, constituyen formas de interpretar la realidad con un cierto nivel de coherencia interna.

Muchos de estos *modelos explicativos* son, como hemos visto, de carácter analógico y necesitarán de una auténtica *ruptura epistemológica* para transformarse en un conocimiento científico.

Durante mucho tiempo se han asociado las explicaciones analógicas con la falta de cultura e información, atribuyéndose a un cierto modo inferior de razonamiento. Sin embargo, quisiéramos resaltar la enorme importancia del razonamiento analógico como elemento constructivo del pensamiento científico.

Mediante el razonamiento analógico el alumno puede integrar datos e informaciones nuevas y aisladas en una estructura de conjunto, relacionando el nuevo hecho con otros conocidos, lo que permite establecer diferencias y semejanzas que, a través de un proceso de abstracción, darán lugar a un nuevo modelo más revolucionado que el anterior.

El problema del enseñante es precisamente el de cómo hacer pasar a los alumnos de unos modelos explicativos a otros más evolucionados, de representaciones individuales a representaciones sociales y convencionales, de un pensamiento intuitivo a un pensamiento científico.

Dado que estas representaciones propias constituyen auténticos *obstáculos epistemológicos*, no pueden ser modificadas mediante la simple acumulación de conocimientos. Será necesario que el propio sujeto las ponga en cuestión y las sustituya por otras, a través de un auténtico proceso de ruptura que caracteriza un aprendizaje constructivista. La función del maestro es la de organizar las situaciones más propicias para ayudar a que esto ocurra.

En cuanto a la distribución de los sujetos<sup>1</sup> en los diferentes niveles, los aspectos que nos parece más interesante resaltar son los siguientes:

A los 6 años la mayoría de sujetos se sitúa en el primer nivel en todas las situaciones excepto en la que



..... **Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles**

hace referencia a la utilidad de los cultivos y los animales domésticos, en que sólo 40% se sitúa en este nivel.

A los 8 años el segundo nivel está adquirido en todas las situaciones, excepto en las cuatro últimas situaciones de conflicto.

El tercer nivel, que representa la comprensión de algunas relaciones de interacción, no se adquiere en general hasta los 12 años y, en algunas situaciones de conflicto, hasta los 14.

El cuarto nivel no está adquirido —consideramos que un nivel está adquirido en un grupo de edad cuando se sitúa en él como mínimo 70% de la población— en ninguna situación ni siquiera a los 14 años, en que los porcentajes máximos de adquisición son de 30%.

Las situaciones más difíciles corresponden a las que hacen referencia a los procesos necesarios para la vida y a las situaciones de conflicto en general.

Estos datos confirman la enorme dificultad de los niños para describir procesos y comprender relaciones de interacción. Éstas no empiezan a ser comprendidas, y esto en algunos contextos sencillos, hasta los 12-14 años de edad. Sin embargo, los libros de texto están llenos de explicaciones que implican complejas relaciones de este tipo desde niveles muy elementales.

Por otra parte, constatamos que las dificultades mayores se encuentran en la comprensión de procesos químicos, físicos o biológicos, como pueden ser las cadenas alimentarias, la función clorofílica, el origen de la electricidad, etcétera, mientras que las relaciones de interacción aparecen con mayor frecuencia en los contenidos sociales y económicos.

Hemos podido detectar dos grupos de edades claves en las que se da un salto cualitativo importante: a los 8 años parece que una gran mayoría de niños acceden al segundo nivel lo cual significa que se empieza a tener una idea de la vinculación del hombre con la naturaleza, aunque ésta es unidireccional ya que sobre todo se entiende que es el hombre el que actúa y utiliza el entorno sin que éste imponga limitaciones. A los 12 años la mayoría de sujetos acceden al tercer nivel, lo que significa que empiezan a entender la interacción entre el hombre y su entorno en términos de interrelación mutua dentro de un sistema, si bien con repercusiones a corto plazo en el tiempo y en el espacio.

Finalmente, el que las situaciones más difíciles sean las que hacen referencia a las repercusiones y soluciones de un conflicto que supone una modificación de algún aspecto del sistema, muestra hasta qué punto es tardía la comprensión de la interacción. Detectar problemas y articular soluciones que restituyan el equilibrio perdido entre el hombre y la naturaleza es uno de los objetivos básicos de la educación ambiental, pero difícilmente se puede conseguir esto si no se logra que la mayoría de la población comprenda las relaciones que se establecen entre los fenómenos y las repercusiones que una acción puede tener sobre el medio a largo y medio plazo y no sólo de forma inmediata.

Ante estos datos una posible interpretación sería la de pensar que las nociones abordadas son complejas, lo cual es cierto, y que la génesis encontrada nos sirve para ver en qué momento, y no antes, debemos enseñar una noción. Pero esto es verdad solo en parte. Es cierto que no podemos pretender que un sujeto que se sitúa en un primer nivel entienda la función clorofílica, pero es erróneo pensar que hay una evolución espontánea y que lo único que hay que hacer es esperar a que el sujeto tenga el nivel necesario de maduración para entonces enseñarle el contenido adecuado.

La evolución depende tanto del proceso de maduración del sujeto como de su interacción con el medio y no hay que olvidar que la escuela es parte de ese medio. Nos preguntamos si los niveles encontrados no podrían ser mejorados mediante una enseñanza que hiciera menos hincapié en la mera transmisión de contenidos, que partiera del conocimiento de las representaciones del alumno y las hiciera evolucionar. Nos preguntamos si los niveles de adquisición encontrados —y creemos que buena parte de la población adulta no llegaría tampoco, como no lo han hecho los alumnos de 14 años, al cuarto nivel— no son el resultado de una educación superficial, fruto de la información y no de la reflexión.

Un hecho interesante que quisiéramos resaltar es que, de los conflictos presentados, aquel hacia el que los niños muestran un mayor grado de sensibilidad es el de la contaminación de las aguas del río por los vertidos de una fábrica. Desde los 6 años la mayoría de los niños consideran este hecho como un verda-



## La enseñanza de las ciencias naturales

dero problema, mientras que afirman tranquilamente que no pasaría nada si cortáramos todos los bosques, matáramos todos los animales o cambiáramos el pueblo de la montaña al mar.

Aunque no sepan qué es la contaminación, aunque sean incapaces de prever consecuencias a más largo plazo y no sepan articular soluciones, todos los niños están de acuerdo en que las fábricas no deben tirar sus desperdicios al río.

Es evidente que la conciencia social respecto a este hecho, los mensajes de los medios de comunicación, las campañas informativas, etcétera, han calado en la población infantil. Sin embargo, a la luz de los resultados obtenidos, nos podemos preguntar si este conocimiento superficial, que no conoce explicaciones ni es capaz de generar soluciones, es suficiente.

La mayoría de sujetos manejan términos y conceptos que han escuchado en clase, a través de los medios de comunicación o incluso de la familia. El problema es que casi siempre estos términos están vacíos de significado o al menos no tienen el mismo significado que nosotros les atribuimos. De ahí que cuando interrogamos a los alumnos aparezcan discursos aparentemente plagados de *barbaridades*, que no son sino el fruto de la mezcla entre sus concepciones propias y nuestras explicaciones.

Los datos que hemos obtenido muestran que la mayoría de la población infantil, incluso a edades muy tempranas, han oído hablar de conceptos como *polución* y *contaminación*. Todos nos dicen que la contaminación es mala, aunque en general no saben muy bien por qué; en general está asociada simplemente al concepto de *suciedad*. De aquí derivan que la ciudad es mala porque está contaminada. Muchos de los niños de la muestra no quieren, por ejemplo, poner fábricas cerca del pueblo que construyen, simplemente “porque las fábricas son malas”; como dice uno de los niños, en todo caso “deberían estar en el desierto”. La mayoría de los niños entrevistados, por ejemplo, dicen que preferirían vivir en un pueblo y que Barcelona no les gusta; cuando les preguntamos la razón aluden siempre a que es una ciudad sucia, contaminada, con pocos parques Y demasiado grande. No obstante, son niños urbanos, que viven en Barcelona, y a los cuales pensamos que habría que hacer ver las ventajas de vivir

en esta ciudad y en todo caso enseñarles a buscar soluciones a los problemas. Otras soluciones que no sean simplemente la de “marchar a un pueblo más pequeño”.

Porque junto a esta generalizada *toma de conciencia* de los problemas de contaminación que padece nuestra sociedad, aparecen otros datos que nos muestran su grado de superficialidad.

Así, por ejemplo, hemos podido observar las dificultades que tienen los niños para elaborar explicaciones a la gran mayoría de los fenómenos sobre los que les hemos interrogado. Estas explicaciones, cuando aparecen, cosa que en alguno de los aspectos no ocurre ni siquiera a los 14 años de edad, son de carácter superficial. Los procesos tardan mucho en ser comprendidos y las relaciones son más bien lineales que de interacción.

## Consideraciones finales

En los últimos tiempos, sobre todo en el último siglo, la rápida evolución de la ciencia y la tecnología ha supuesto una serie de sucesos que, si bien constituyen un claro progreso de la inteligencia, del dominio de la naturaleza por parte del hombre y del bienestar social, han incrementado fuertemente la desorganización del entorno. Catástrofes como las de Chernobyl o la contaminación de las aguas del Rin, por citar algunas de las más recientes, comprometen claramente el equilibrio entre el hombre y la naturaleza y generan en la población el miedo a la *catástrofe irreversible*.

Es evidente que hay otras *catástrofes* no menos irreversibles, pero menos evidentes y efectistas, como son las alteraciones a medio y largo plazo —modificaciones del clima, degradación de mares y océanos, disminución de la capa de ozono en la atmósfera, etcétera— que nos muestran claramente que el equilibrio se está rompiendo, porque el hombre está interviniendo cada vez más sobre la naturaleza sin crear, simultáneamente, mecanismos de control y restitución del equilibrio.

Lógicamente, éste es un problema muy complejo, que entronca con el problema mismo de la evolución, y que nos lleva a preguntas tales como si la especie humana será capaz de controlar su propio progreso o si se autodestruirá como otras muchas especies



..... **Interacción y educación ambiental: representaciones infantiles**

que no supieron o no pudieron solucionar el problema. La solución es, por tanto, igualmente compleja y debe ser abordada desde un marco amplio que abarque instancias políticas, sociales, científicas, etcétera.

La preocupación creciente por este tema ha llevado a que en los últimos años numerosos países y organismos internacionales aboguen por la necesidad de educar a la población en los temas medioambientales.

Sin embargo los hechos comentados más arriba sobre la superficialidad de ciertas adquisiciones, nos llevan a preguntarnos si el tipo de educación ambiental emprendida por los organismos públicos, basada fundamentalmente en campañas informativas y de sensibilización, es la adecuada o, cuando menos, si no debería ir acompañada de otras acciones educativas más sólidamente fundamentadas desde el punto de vista psicopedagógico.

En este sentido creemos que es cada vez más necesaria, la formación de maestros y enseñantes que puedan integrar en sus clases programas de educación ambiental. En la actualidad, la mayoría de las actividades de educación ambiental promovidas por diferentes entidades públicas o privadas quedan como actividades aisladas, que no son previamente preparadas ni retomadas posteriormente en el aula. Sería pues necesario que, junto a estas actividades, se articulasen planes de formación de maestros para que pudieran realizar un seguimiento de las mismas en las escuelas. Esta formación, al igual que está ocurriendo en otras áreas del currículum, debería incidir no sólo en aspectos de contenidos y en una mayor cultura ecológica, sino también, y de forma fundamental, en aspectos psicopedagógicos, en el conocimiento de las formas de conocimiento del niño, y de la manera de movilizar sus representaciones. Una de las constantes observadas en las conductas de los niños ha sido la abundancia de explicaciones de tipo normativo o moral —porque no está bien, porque es malo, no es de buena educación, no se debe tirar papeles al suelo, las fábricas son malas, etcétera— acompañada de una cierta actitud *pseudo-naturalista* de vuelta a la naturaleza y rechazo del progreso —las ciudades y las fábricas son malas— ligado a lo urbano, la contaminación, las fábricas, los coches, etcétera.

Modificar las actitudes de la población hacia una mayor conciencia en relación a la protección de su entorno es absolutamente necesario, pero si esto no va acompañado de un mayor nivel de comprensión real de los fenómenos sólo se conseguirá crear sentimientos superficiales en la población, por otra parte fácilmente manipulables, pero no actitudes realmente transformadoras del medio en que vivimos. Parafraseando a Kohlberg, que a través de sus estudios sobre la conducta moral en el niño ha concluido que “el hombre que comprende la justicia es más probable que la practique”, podríamos también decir que el hombre que comprende su relación con el entorno, es más probable que lo defienda.

Pero para conseguir esto es necesario elaborar un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje que supere tanto el tradicional, basado en la transmisión de información, como los denominados *activos* o de *descubrimiento*, basados en la mera observación e intuición empírica.

Las campañas informativas, la elaboración de materiales didácticos para las escuelas, la organización de itinerarios ecológicos, etcétera, son actividades necesarias e importantes para conseguir una mayor sensibilización de la población infantil y adulta respecto a los temas medioambientales. Sin embargo, sería necesario incorporar propuestas metodológicas que se orientan más hacia una verdadera comprensión de los problemas.

Al principio de estas líneas hemos dicho que nuestra época podía ser definida como la de la comunicación y el intercambio de información. Para la mayoría de la población este hecho se reduce al uso y disfrute de avances técnicos que permiten viajar y procesar y transmitir información mejor y más deprisa. Sin embargo, el verdadero sentido de la revolución científica que se está produciendo es de índole epistemológico, porque transforma radicalmente nuestra concepción del universo.

La ciencia y la filosofía racionalista y su concepción del hombre como dueño y señor de la naturaleza, han sido sustituidas por un nuevo paradigma no determinista en el que el universo es un inmenso y complejo sistema de interrelaciones que, como decía Norbert Wiener, el creador de la cibernética, ya no puede ser explicado sin recurrir a los conceptos de información, control y realimentación.

**La enseñanza de las ciencias naturales** .....

**Cuadro 1. Clases de animales y cultivos**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	8	2	—	—
8 y 9 años	2	7	1	—
10 y 11 años	—	4	5	1
12 y 13 años	—	2	7	1
14 años	—	—	8	2

**Cuadro 2. Utilidad de cultivos y animales**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	4	6	—	—
8 y 9 años	2	8	—	—
10 y 11 años	—	7	2	1
12 y 13 años	—	6	3	1
14 años	—	1	7	2

**Cuadro 3. ¿Qué necesitan los animales y plantas para vivir?**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	8	2	—	—
8 y 9 años	1	9	—	—
10 y 11 años	1	4	5	—
12 y 13 años	—	5	5	—
14 años	—	—	8	2

**Cuadro 4. Tipos de fábricas**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	8	2	—	—
8 y 9 años	1	9	—	—
10 y 11 años	—	7	3	—
12 y 13 años	—	3	6	1
14 años	—	1	7	2

**Cuadro 5. Análisis de conflictos (inundaciones-sequías)**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	7	3	—	—
8 y 9 años	1	9	—	—
10 y 11 años	—	5	5	—
12 y 13 años	—	2	8	2
14 años	—	2	8	4

**Cuadro 6. Análisis de conflictos (tala de bosques)**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	9	1	—	—
8 y 9 años	7	3	—	—
10 y 11 años	2	5	3	—
12 y 13 años	1	3	6	—
14 años	—	1	9	—

**Cuadro 7. Análisis de conflictos (exterminio de animales del bosque)**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	8	2	—	—
8 y 9 años	6	4	—	—
10 y 11 años	—	5	5	—
12 y 13 años	—	4	6	—
14 años	—	2	8	2

**Cuadro 8. Análisis de conflictos (cambio del entorno natural en la ubicación del pueblo)**

Edad	Nivel			
	I	II	III	IV
6 y 7 años	10	—	—	—
8 y 9 años	9	1	—	—
10 y 11 años	7	3	—	—
12 y 13 años	3	5	2	—
14 años	1	4	5	—



## **Bibliografía**

- Ausubel, D.P. (1968). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, México, Trillas, 1976.
- Driver, R., et al. (1985). *Children's ideas in science*, Londres, University Press.
- Cañal, P., R. Porlán y E. García (1981). *Ecología y escuela*, Barcelona, Laia.
- Folch, R., J. Martí, C. Kinder, C. Udina, R. Virós, C. Gómez-Granell y R. Canals (1987). *Formación y educación: evaluación de la eficacia de métodos de educación ambiental*, documento interno, Madrid, MOPU.
- Giordan, A. (1978). *La enseñanza de las ciencias*, Madrid, Visor.
- Gil Pérez, D. (1983). "Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias", en *Enseñanza de las ciencias*, núm. 1, 26-23.
- Gómez-Granell, C. (1987). *Estudio de génesis de conceptos de educación ambiental*, documento interno, Madrid, MOPU.
- González Bernáldez, F. (1981). *Ecología y paisaje*, Madrid, Blume.
- Lynch, K. (1983). *La imagen de la ciudad*, Buenos Aires, Nueva Visión.
- Muntañola, J. (1979). *Didáctica del medio ambiente*, Barcelona, Oikos.
- Terradas, J. (1979). *Ecología y educación ambiental*, Barcelona, Omega.
- (1981). *Ecología d'avui*, Barcelona, Teide.
- Watzlawick, P. (1967). *Teoría de la comunicación humana*, Barcelona, Herder, 1985.
- Whitel, L. (1967). "The historic roots of our ecologic crisis", en *Science*, núm. 155.







# Libros de texto y estilos de docencia



Julio César Gómez Torres



## Una evaluación

El surgimiento de la inquietud y la curiosidad por los temas vinculados con la práctica docente motivado por la Modernización Educativa, ha contribuido a revalorar la investigación en este campo.

La investigación educativa señala, descubre constantes y critica la estructura de la actividad pedagógica; es un factor destacado para lograr calidad en la educación. Sin embargo, sus resultados no se difunden con la amplitud conveniente entre profesores. En tal virtud, decidimos escribir esta glosa de un interesante trabajo escrito por J.M. Gutiérrez-Vázquez, María Victoria Avilés, Rubén Montañez S. y Abelardo Mejía R., publicado en la *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos* (vol. XXIII, núm. 4, cuarto trimestre, 1993), que versa sobre los modos en los que se usan los libros de texto en el aula.

La investigación referida está circunscrita a una región del estado de Michoacán. Si bien el traslado de sus conclusiones a otros ámbitos requiere adecuaciones, creemos de gran utilidad tomarla como punto de partida para revisar prácticas docentes.

Es común que al libro de texto se le conceda poca importancia como un recurso fundamental en la edu-

cación básica; su función en el aprendizaje es marginal o complementaria en el desarrollo de la clase, pero poco aprovechado como fuente de aprendizaje, por un lado, y como base de explicaciones, ejemplificaciones, reflexiones en el diseño de la clase misma, por el otro.

Esta investigación —realizada entre septiembre de 1983 y abril de de 1984— comprendió una muestra de 36 escuelas (22 completas y 14 incompletas) urbanas y rurales de distintos medios socioeconómicos y geográficos. Se entrevistó a 163 maestros, 170 alumnos y se efectuaron 158 observaciones de clase; además se analizaron 57 cuadernos escolares.

La investigación reveló que un por ciento de los profesores utiliza de diversas maneras el libro de texto, durante el desarrollo de la clase; su uso varía según el grado, desde 54% en primer grado hasta 84% en cuarto grado. El uso espontáneo por parte de los alumnos alcanzó sólo 10% en primero y tercero, 20% en segundo y cuarto, pero sorpresivamente, nunca ocurrió en quinto y sexto grados.

El uso preferente del libro de texto consiste en la lectura de diversas partes, eventualmente seguida del copiado del fragmento leído. La mayoría de las ve-



Tomado de *Educación 2001*, núm. 1, junio de 1995, pp. 50-51.



ces, la copia esta a cargo de los alumnos, pero ocasionalmente el maestro lo copia en el pizarrón.

Otra forma es la exposición de partes del contenido por parte del maestro, que se combina con preguntas, dictado o lectura del texto mismo. La mayoría de los maestros manifiestan seguir la secuencia del contenido del texto, pero algunos tratan temas no incluidos en él.

En cuanto a las ilustraciones, la actividad predominante es la descripción; la hace el maestro, los alumnos o, las más de las veces, interactúan ambos. Es frecuente que las ilustraciones sean copiadas y aun recortadas y pegadas en tí abajos escolares. En este sentido, los libros de texto dieron lugar a ejercicios de identificación de estructuras, clasificación de objetos y elaboración de listas y cuadros. Estos ejercicios son a menudo mecánicos, reiterativos y con énfasis en la memorización. A veces el maestro participa en estas actividades, otras el trabajo es en cargado a los alumnos.

Sólo en 30% de las clases observadas los libros de texto motivaron la realización de las investigaciones propuestas, efectuadas, la mayor parte de las veces, como una demostración por el maestro o por algún equipo. “Con frecuencia —se dice en el informe— las investigaciones se realizan como actividades que no conducen a ninguna conclusión clara, ya sea porque los resultados no coinciden con los esperados por el maestro o porque considera que la actividad misma es lo importante, en demérito de la conceptualización de los resultados”.

Para algunos maestros las investigaciones quedan fuera de toda consideración y se concretan a la simple lectura o incluso a los alumnos no leerlas. Otros las consideran importantes porque “promueven y mantienen el interés de los niños, desarrollan la actitud y el hábito de experimentar y comprobar”. Para los que no las realizan, el argumento más frecuente es que “generan indisciplina”.

La elaboración de textos libres y la realización de actividades motivadas por el libro son escasas (14%) comparadas con las de dictado y copiado.

Para la preparación de las clases, la mayoría de los maestros manifiesta utilizar el libro de texto y la guía del maestro principalmente, pero algunos más afirman utilizar otros materiales sin poder, con la excepción de dos casos, precisar la bibliografía.

De lo anterior se desprenden cuatro tipos o estilos de realizar la clase en función del libro de texto:

1. Exposición del maestro y participación de los alumnos a través de preguntas: la exposición se alterna con lecturas y preguntas generalmente cerradas, cuyas respuestas el maestro exige que sean *correctas*. A veces se genera una investigación. Este tipo es mas común en los tres primeros grados.
2. Predominancia de la lectura o exposición por parte del maestro. Es mas común en los últimos grados.
3. El maestro realiza su clase con base en preguntas y respuestas; esta interacción dialógica conforma la estructura y el desarrollo de la clase.
4. Por último está un estilo basado en la lectura del texto y un conjunto de actividades inconexas.

Resulta claro que el uso de los libros de texto es muy rígido con respecto a los componentes del mismo. El manejo de la información es a menudo erróneo y fragmentario; el contenido sólo se usa para ser leído, copiado o dictado.

“Los varios componentes —concluye el informe— de la propuesta pedagógica de los libros se utilizan de diversas maneras y con distinta frecuencia. A menudo los componentes más críticos y creativos (preguntas reflexivas, investigaciones, textos libres) son aplicados en forma distorsionada, fragmentaria, inflexible y con diferente asiduidad. Esto nos hace ver que carece de sentido plantear si un libro se usa o no se usa, ya que sus diversos componentes son aplicados de manera diferencial. La frecuencia del empleo de los libros cambia también de grado a grado, siendo mayor en segundo, cuarto y sexto, que en tercero y quinto, y mayor en éstos que en primero”.



# Observación y comunicación



Wynne Harlen



## Observación

Aunque la observación incluye el empleo de los sentidos para obtener información, se refiere esencialmente a mayor número de aspectos que los que son sólo relativos a la *captación*. Se trata de una actividad mental y no de la mera respuesta de los órganos sensitivos a los estímulos. En el capítulo precedente hemos mencionado ya la cuestión de que las ideas ya existentes en el sujeto y las expectativas que mantiene ocupan un importante lugar en esta actividad mental, y el papel de estas ideas en la observación es decisivo para la exposición de su desarrollo.

El objetivo que se pretende al desarrollar las técnicas de observación de los niños es que sean capaces de utilizar sus sentidos (adecuadamente y con seguridad) para obtener información relevante para sus investigaciones sobre aquello que les rodea. El aspecto significativo de esta afirmación es el desarrollo gradual hacia la selección de lo relevante de entre lo irrelevante en el contexto de una determinada investigación o problema. Los niños no podrán efectuar este tipo de distinciones, y pueden dejar de lado información importante, si reducen el espectro de sus observaciones antes de tiempo. Así, durante el desarrollo temprano, debemos animar a los niños para que hagan cuantas



observaciones puedan, prestando atención a los detalles y no sólo a las características que saltan a la vista.

Muchos niños pequeños serán capaces de hacer este tipo de observaciones si se refieren a objetos de su interés que les intriguen. Por ejemplo, en una clase de niños pequeños, éstos lograron nombrar y reconocer dos peces de colores, aparentemente indistinguibles por los adultos. Los niños fueron perfectamente capaces de percatarse de pequeños detalles diferenciales y su capacidad para realizar esto en otras situaciones fue estimulada hasta convertirse en una técnica generalizada. “¿Qué diferencias observáis entre estas cosas? Podría constituir el punto de partida de un juego con niños pequeños o de una investigación más seria con los mayorcitos. Pero también es importante responder a la pregunta: ¿qué semejanzas encontráis?”. Entre estos dos objetos hay muchas diferencias, pero los aspectos semejantes ayudan a identificarlos. Por tanto, es importante que los niños hagan gran cantidad de observaciones de las semejanzas y diferencias y presten atención a los detalles tanto como a las características más llamativas.

No obstante, las observaciones suelen hacerse con un propósito. La búsqueda de semejanzas y diferencias sin ninguna razón en especial, salvo la de ver cuántas se consiguen descubrir, cansa pronto. Es más

Tomado de *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, Madrid, Morata-Ministerio de Educación y Cultura, 1998, pp. 73-75, 84-88.



## La enseñanza de las ciencias naturales

fácil continuar la búsqueda cuando es preciso conocer las semejanzas y diferencias presentes por alguna razón. Una razón artificial puede ser la de agrupar o clasificar. A menudo las actividades de clasificación de los niños comienzan con sus propias colecciones de objetos. La colección en sí misma consiste en un conjunto de materiales que tienen algo en común y debemos animar a que los niños identifiquen las características comunes antes de subdividirlos. Los diversos criterios alternativos que se utilizan para la subdivisión deben ser desarrollados y expuestos también, de manera que los niños centren separadamente su atención en las diferentes características observables de los objetos.

El ordenamiento de materiales o de hechos es también un modo de centrar la atención sobre características concretas que distinguen unos de otros. Cuando se estimula a los niños para que observen hechos u objetos que evolucionan con el paso del tiempo, en relación con los cambios del firmamento o de las estaciones, por ejemplo, les ayudamos a captar de entre las características observables las que relacionan las cosas en una secuencia. Esto puede animarlos también a observar cuidadosamente un proceso durante su desarrollo, y no sólo al principio y al fin del mismo. Por ejemplo, si los niños pueden observar las pompas que surgen cuando vierten agua en un recipiente medio lleno de tierra, o ven lombrices excavando y esparciendo tierra, sus observaciones les ayudarán no sólo a saber lo que sucede sino algo acerca de cómo sucede.

Un aspecto de la interpretación de las observaciones consiste en relacionar unas con otras y en encontrar pautas o secuencias entre ellas. Esto debe incluirse en la técnica de la observación, principalmente porque no puede dejarse de lado. Lo que se observa se selecciona a partir de las expectativas y, por tanto, la interpretación está implicada desde el principio. Las pautas no se descubren efectuando antes todas las observaciones posibles, para ver después qué relación puede establecerse. Más bien hay un hacia y un desde entre las observaciones y las posibles pautas mientras éstas se realizan. Por eso, a veces, vemos u oímos más claramente algo cuando se repite, no porque consigamos mayor información, sino porque la seleccionamos en parte y desechamos el *ruido*.

La capacidad de interpretar observaciones y seleccionar la información relevante es, en efecto, una característica importante y avanzada de la observación. Pero, al mismo tiempo, es esencial animar a los niños a adquirirla para ayudarles a hacerse conscientes de que hacen una selección y quedan otras informaciones por utilizar. Si no se hace esto, existe el peligro de que las ideas y los modos de ver las cosas vigentes actúen como barreras que impidan ir más allá de lo que esperamos. El nivel de desarrollo desde el que una persona puede reflexionar sobre el proceso de su observación e ir consciente y espontáneamente más allá de los límites de la estructura de sus ideas preexistentes, debe buscarse a través de todo el proceso educativo. Aunque con probabilidad muchos no lo alcanzarán hasta los 13 años aproximadamente, su fundamento se establece mediante el desarrollo de las otras técnicas de procedimiento componentes de la misma que ya han sido mencionadas.

## Comunicación

La comunicación constituye una extensión del pensamiento al exterior. Es valiosa para el proceso de recomposición del pensamiento, relacionando una idea con otra y rellenando así algunas lagunas en el entramado de ideas de un sujeto. A menudo la comunicación proporciona el acceso a informaciones o a ideas alternativas que ayudan a la comprensión, como ocurre en un diálogo, al escuchar a otros o al leer un libro. En otros momentos, el acto comunicativo ayuda a superar una dificultad de comprensión sin que aparentemente se haya producido ninguna aportación nueva en la comunicación. La clarificación que puede surgir al escribir es un ejemplo; otro, todavía más chocante, comúnmente experimentado por los profesores, es el del niño que se acerca a ellos con un problema y, mientras se lo explican, encuentra la solución sin otra ayuda que la atención receptiva que le prestan.

Así como el pensamiento es muy importante para el aprendizaje de las ciencias y la comunicación es esencial para el pensamiento, como proceso en cuanto medio dirigido a un fin, el desarrollo de la técnica de comunicación es muy importante para la educación científica. Lo mismo puede decirse, por supuesto, en relación con la educación en cualquier área del cu-



## Observación y comunicación

rrículum, pero nos ceñiremos aquí a la comunicación de interés para la ciencia. Incluye tanto la verbal, o sea, el lenguaje hablado y escrito, como la no verbal, mediante símbolos convencionales y modos de representación por dibujos y diagramas, tablas y gráficos. La comunicación tiene aspectos formales e informales, que han de ser considerados en relación con el desarrollo de las técnicas mencionadas.

El aspecto formal de la discusión está constituido por la que se desarrolla en la clase, implicando a los niños y al profesor. El objetivo es compartir ideas, estimular el interés, exponer posibles explicaciones, decidir cómo probarlas o comprobarlas de otras formas: a partir de libros, por ejemplo. Este intercambio precisa una estructura, sin la cual se convertirá en una charla de la que nada se sacará en limpio. En los coloquios sólo debe hablar una persona cada vez, escuchando los demás y teniendo presente el tema de que se trate. Al profesor le compete mantener esta estructura, pero sin tratar de dominar el contenido de la conversación. "Tener presente el tema" no debe convertirse en la excusa para censurar la discusión; si alguien hace un comentario no pertinente en el contexto del tema en cuestión, el profesor debe recordarlo para volver a él más tarde. El objetivo consiste en permitir que todo el que tenga algo que decir lo haga y en dar la oportunidad a cada uno para reordenar sus ideas, expresándolas o haciendo preguntas.

El diálogo informal es, por naturaleza, muy diferente. Se caracteriza por los intercambios que los niños hacen en grupos durante los recreos y fuera del colegio. Se interrumpen unos a otros, las frases suelen quedar inacabadas, discuten y contradicen los puntos de vista de los otros. En el contexto del trabajo de grupo en clase, los intercambios se hacen en un tono más pausado, bastante más formal, aunque todavía inestructurado. A través de estas discusiones, los niños aprenden que las ideas de los otros son diferentes de las suyas, tienen acceso a un conjunto de conceptos mucho más amplio y pueden poner de manifiesto las suyas en una etapa más temprana de su educación (acerca del valor de la discusión de grupo, véase el capítulo IV, p. 100). Las conversaciones de los niños registradas en el capítulo II proporcionan algunos ejemplos: la diferencia de flotación de los bloques se explica en relación con el aire que contie-

nen, con burbujas de aire, con su peso, con la madera de que están hechos, y todo en un grupo durante unos 30 segundos. Más tarde, se manifiestan varias razones alternativas para explicar la escora de un bloque, lo que lleva a comprobar algunas de ellas. No siempre la persona que lanza una idea la mantiene. Así, el diálogo provoca la aparición de ideas y la actividad de todos los miembros del grupo. Nuevamente, el papel del profesor consiste en asegurar que suceda esto. Cuando ocurre, el docente debe unirse al grupo como un igual para lanzar, sin imposiciones ni obstrucciones, ideas que quizá los alumnos no hayan considerado.

Los niños temen tener que hacer los registros del trabajo si ello implica realizar una labor pesada sin aparente sentido. Cuando el trabajo de ciencias se escribe sólo para el profesor (quien ya lo conoce de todas formas) difícilmente puede incluirse bajo el encabezamiento de *comunicación*. El objetivo del registro debe quedar muy claro para todos los implicados, de forma que lo tengan presente cuando lo ejecutan. Es más fácil comenzar recogiendo anotaciones informales, pues a menudo se olvida que los niños necesitan ayuda para hacer este trabajo de manera que puedan apreciar su valor a partir de la experiencia.

Las anotaciones informales son un conjunto de registros personales a base de notas y dibujos que sirven como prolongaciones de la memoria. Se escriben de modo muy personal, puesto que son para uso propio y no van dirigidas a ningún público. Si se permite y anima a los niños a tomarlas, comprobarán por sí mismos el valor de efectuar registros, lo que les conducirá a comprender el valor de confeccionar informes más serios. *Permitir* conservar notas personales significa exactamente eso, que son los niños y no el profesor quienes determinan lo que quieren anotar. El docente puede, no obstante, hacer sugerencias sobre lo que vendría bien anotar informalmente: observaciones y, sobre todo, medidas que pudiesen caer en seguida en el olvido. Las notas informales nunca deben ser *calificadas* por el profesor, pero es útil discutir las con el niño porque son una importante fuente de información sobre su progreso. Si el docente puede captar aspectos en los que ayudar al niño (quizá apuntando una palabra nueva), el cuaderno de notas se convertirá en un valioso medio de comuni-



## La enseñanza de las ciencias naturales

cación entre ambos, así como en un registro personal para el propio niño.

Los informes de trabajo pueden convertirse también en un medio genuino de comunicación entre profesor y alumno. Por ejemplo, el recuento de Andrea del lanzamiento de bolas de *plastilina* de diferentes pesos (figura 2) parece algo ambiguo a la profesora. La pregunta: "¿Cómo te convenciste?" se anotó para recordarles a ambos que habían de aclarar esta cuestión.

En otras partes del trabajo de Andrea aparecen diversos ejemplos de respuesta por escrito a la pregunta de la profesora. Al final de la sección acerca del interruptor, de la figura 1, la profesora escribió: "¿Conectado a qué?". Antes de escribir nada más en su cuaderno, Andrea respondió a la pregunta.

Más tarde, Andrea probó diversos materiales en un circuito sencillo. La parte final de su informe se muestra en la figura 3 incluyendo la pregunta de la profesora y la respuesta de Andrea.

A medida que aumenta la experiencia de los niños, éstos son capaces de recoger información más compleja y necesitan utilizar gráficos, tablas y otras convenciones que les ayuden a comunicarla. Estos elementos deben introducirse a medida que se presenten las ocasiones. Los diagramas de barras constituyen un método popular de registrar información dado que pueden emplearse cuando se obtienen datos sencillos cuyo alcance y organización pueden

### Alarmas

Para nuestro primer experimento construimos un interruptor ordinario. Necesitamos una plancha fina de madera de balsa, seis clips recubiertos de plástico, una bombilla, un casquillo y una pila. Clavamos con dos grapas las tiras de cobre a la madera. Después conectamos el cable.



Figura 1

anticiparse, formando un registro acumulativo (por ejemplo, el número de niños de diferentes estaturas). Para datos más complejos es preciso recogerlos y tabularlos antes de decidir la representación gráfica más adecuada para poner de manifiesto las pautas, o si se necesita un gráfico o no. La tabulación es una técnica que no se enseña de forma generalizada, sorprendentemente, pues es de gran valor para que los niños organicen sus observaciones y las medidas que puedan obtener.

Otros métodos de disponer los descubrimientos y de presentarlos deben introducirse cuando puedan ser utilizados: levantar un plano de una zona con símbo-

### Caída de la plastilina

Dejamos caer cuatro trozos de plastilina de pesos diferentes, de dos en dos. Los trozos pesaban 50, 100, 150 y 200 gramos. Primero dejamos caer los trozos de 50 y 100 g desde una altura de 1 m 64 cm. Después hicimos lo mismo con las bolas de 150 g y 200 g.

### Resultados

Descubrimos que las bolas llegaban al suelo al mismo tiempo.

### Lo que resolví

Al principio pensé que la bola más pesada llegaría antes al suelo, pero después la señora Griffithes nos convenció a Robert y a mí de que llegaban al suelo al mismo tiempo.

"¿Cómo te convenciste?"

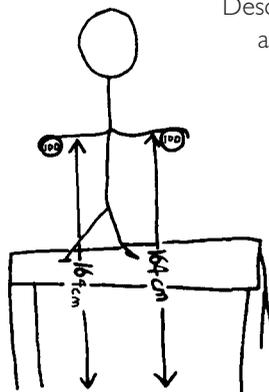


Figura 2



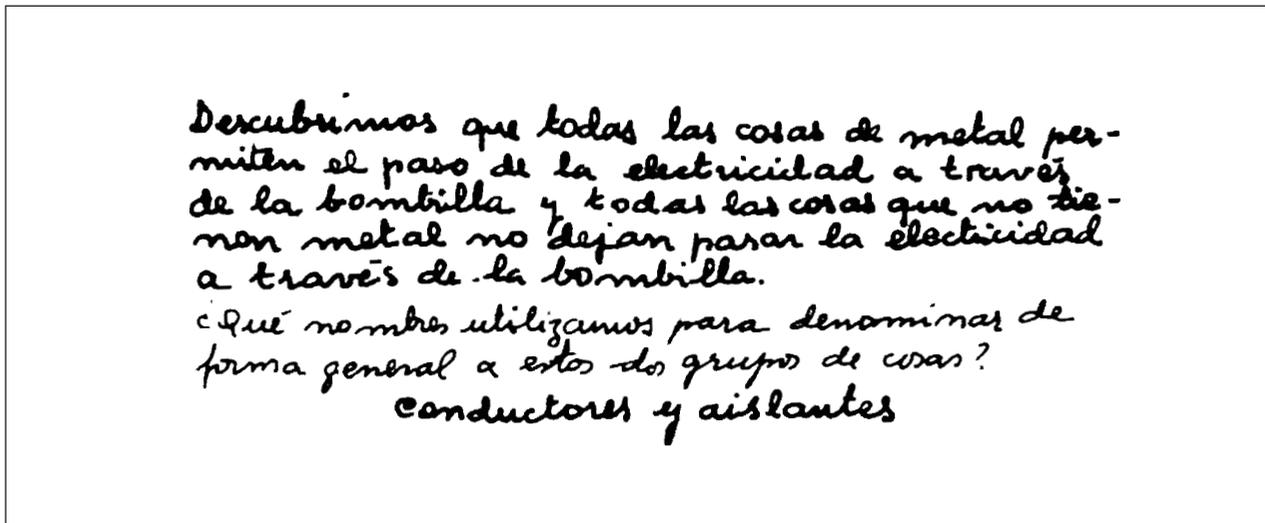


Figura 3

los que muestren dónde se encuentran diversos tipos de fábricas y de edificios; dibujar una sección transversal; hacer un mapa meteorológico; construir un diagrama de flujos que muestre cambios secuenciales; mostrar orientaciones en un mapa. Todas ellas son actividades mediante las que los niños pueden introducirse en el empleo de diversas formas de representar y comunicar información. Al principio las emplearán únicamente cuando lo indique el profesor, pero los niños se irán acostumbrando poco a poco a utilizarlas por su cuenta como la forma más adecuada en cada caso concreto. Este cambio se verá apoyado mediante ejemplos, por la información expuesta de diversas maneras en la clase y al observar el uso ade-

cuado que el profesor haga de las representaciones durante las exposiciones en clase.

Cuando los niños disponen de diversas formas de comunicación, los informes llegan a constituir más un reto que una rutina. El objetivo de la comunicación, sea un informe de los grupos o una exposición para la clase, una exhibición para una audiencia más amplia en la escuela, formará parte de la decisión para escoger las vías adecuadas de comunicación. Teniendo presente la audiencia a la que ésta se dirige y los medios disponibles (el conocimiento de las diferentes formas de presentar la información), los informes pueden tener valor tanto como procesos como en cuanto productos.





## De la lección escrita al salón de clase



María Antonia Candela M.



### Del libro de texto al maestro

#### Conocimiento escolar

Por lo general, conocimiento escolar se entiende como el conocimiento establecido en los programas y libros de texto o como una posesión individual de maestros y alumnos que es avalada por la *autoridad* de la ciencia, tal y como ésta se transmite en los textos y en la enseñanza escolar. En este trabajo, se considera que el conocimiento escolar no se refiere sólo a los saberes establecidos en los textos escritos o acumulados individualmente, sino a la forma como estos saberes se expresan en la trama de relaciones que se establecen entre el docente y los alumnos en el salón de clase. El conocimiento escolar, en este sentido, es el producto de un proceso de elaboración colectiva que se expresa por medio de las prácticas escolares cotidianas; es la forma de expresión del conocimiento en el aula sobre un tema curricular.

Desde esta perspectiva, se puede hablar de una construcción colectiva del conocimiento escolar cuando, en el aula, se expresan ideas, informaciones u opiniones distintas sobre el conocimiento y cuando, además, se muestra la intención de entender este conocimiento. Esta construcción social no es la suma

lineal de saberes que aportan los textos y los sujetos que interaccionan en el salón de clase, ya que el papel que juega cada saber expresado es diferencial y la forma en que se articula con otros saberes depende de múltiples factores de la trama de relaciones. No juega el mismo papel el conocimiento aportado por el maestro que el que exponen los alumnos; tampoco da igual qué alumno lo exponga. No tiene el mismo significado un saber expuesto al principio de la clase que como parte de las conclusiones; no se incorpora de la misma manera a la dinámica de la interacción un contenido que da respuesta al interés de los alumnos que uno que simplemente “hay que aprender”; no tiene el mismo efecto una información transmitida con emoción que una que no tiene ningún significado afectivo para el docente o aquella en la que el maestro no cree o que él mismo no entiende.

Esta posición implica entender el conocimiento escolar como un producto del proceso social donde se relacionan los sujetos y los saberes que expresan en el aula. Maestros y alumnos son concebidos como sujetos activos que pueden aportar su capacidad, su experiencia, su afectividad y su historia psicológica, social y cultural a la elaboración del conocimiento escolar, a la vez que en este pro-



Tomado de *La necesidad de entender, explicar y argumentar. Los alumnos de primaria en la actividad experimental* [1991], México, DIE-Cinvestav-IPN, 1997, pp. 32-37, 37-42 y 54-57.





## La enseñanza de las ciencias naturales

ceso pueden reestructurar su saber y construir nuevos conocimientos.

### La transposición didáctica

Los conocimientos escolares adquieren existencia social concreta a través de una serie de mediaciones. En primer lugar, son el resultado de una selección y un ordenamiento particular de los contenidos de la ciencia seleccionados para transmitirse en la escuela. Esta primera transformación de un objeto del saber especializado (construcción científica) en un objeto del currículo escolar es la que se realiza en la elaboración de los programas y los libros de texto. Se quiera o no, esta modificación tiene un carácter epistemológico, en tanto que implica una visión filosófica de la ciencia, de cómo se construye y de cómo se aprende. En el contexto escolar, dicha transformación adquiere la forma de norma didáctica ya que el saber seleccionado se convierte en el saber legítimo, el *verdadero*, el conocimiento *correcto* que la escuela *debe* transmitir.

La segunda transformación es la que realiza el maestro cuando presenta y explica el conocimiento a los alumnos; Ives Chevallard (1980) llama transposición didáctica a este cambio y lo define como el proceso por el que un objeto de conocimiento, para ser transmitido en la escuela (la forma en que aparece un contenido en los programas escolares, libros de texto o en las tradiciones de enseñanza), se convierte en objeto de enseñanza (la forma de existencia del conocimiento en el aula).

Así como generalmente el investigador no transmite el azaroso camino transitado para construir el conocimiento, y sus publicaciones tienden a despersonalizar, descontextualizar y omitir las particularidades del proceso de construcción de sus conclusiones, en los libros de texto, sobre todo en los que tienen un enfoque empirista, también se ignora el complejo proceso de construcción del conocimiento. El maestro suele hacer la transformación contraria a la del científico que publica sus resultados: contextualiza, personaliza, cambia el lenguaje e incluye ejemplos particulares para hacer accesible a los niños el contenido académico (Brousseau, 1984). Esto es parte del proceso de transposición didáctica.

Cada maestro hace una selección de los contenidos que va a transmitir, los presenta de una forma particular, hace una *traducción* con el propósito de que los niños *le entiendan*, los relaciona con otros saberes, les imprime un énfasis y una emotividad específica donde se resaltan unos dándoles un carácter *científico*, mientras se minimizan o incluso se ignoran otros. En ocasiones, los conceptos se refuerzan con actividades o con ejemplos mientras que en otras sólo se mencionan. Unas veces se sacan conclusiones y aplicaciones de ellos, y otras, todo queda en una simple lectura del texto.

Los conocimientos que el maestro selecciona los presenta de una forma concreta que se puede identificar escolarmente. Esta forma de presentación le da existencia material al conocimiento y le aporta también un contenido, por tanto, este último no es independiente de la forma de presentación, la cual le da un significado particular. El currículum escolar no es el que se plasma en libros y programas sino el que es construido en el aula. Los contenidos de los libros se articulan con tradiciones y saberes particulares de cada docente y de los alumnos.

Las decisiones conscientes o inconscientes que toma el maestro para presentar los conocimientos escolares no sólo dependen de su estilo y experiencia docente, de sus conocimientos sobre el tema, de lo que pide el libro que haga, de la importancia que le da al contenido, del "objetivo al que tiene que llegar", o de lo que cree que los niños pueden entender, sino que están fuertemente influidas por la trama de relaciones que se establece con los alumnos. Dependen de las preguntas de los niños, de su interés, de sus conocimientos y experiencia previos y de la dinámica de la interacción en cada momento y en cada aula. De aquí la necesidad de analizar las modificaciones que realiza el docente para presentar la actividad experimental, tomando en cuenta la trama de las relaciones que se establecen entre el maestro y los alumnos en situación escolar.

### La tarea del maestro

Para hacer accesibles los conocimientos académicos a los niños, el maestro requiere, en primer lugar, de un esfuerzo por conocer el contenido de los libros y



programas que debe transmitir, tratar de entender su lógica, analizar lo que pretenden los textos que se enseñe y para qué enseñarlo. Esta tarea se le dificulta cuando no maneja los conocimientos que tiene que enseñar (lo que ocurre con frecuencia con temas científicos) o cuando no tiene práctica con formas de trabajo (como la experimental) que proponen los libros.

Una vez comprendida esta lógica (al nivel que le es posible), imagina una estrategia para conducir a los niños de un cierto estado de conocimiento que él supone que tienen sobre el tema, hasta donde el libro o el objetivo del programa le marcan que llegue. Sin embargo, es difícil que el docente pueda prever el razonamiento que pueden seguir los niños sobre el contenido y la lógica de su participación. En ocasiones supone que los alumnos seguirán el mismo proceso que él ha seguido para entender el contenido. La concepción empirista de los libros refuerza esta idea, pues asume que los niños no tienen ideas propias y que van a razonar del mismo modo que los autores.

La experiencia del docente y su sensibilidad para escuchar y conocer la forma de pensar de los niños ayudan a que la planeación de una clase se acerque a lo que puede ocurrir en la práctica. En este sentido, un maestro con quien se trabajó en 1985 planteaba: “Yo creo que en las Ciencias Naturales el niño siempre nos rebasa en cuanto a sus cuestionamientos... y sin querer quedan muchas lagunas respecto al tema, pero ¿cómo programar los cuestionamientos del niño?”.

La dinámica planteada por el maestro opera como punto de partida, mismo que requiere ser readecuado en el trabajo con los niños. En el aula, el docente generalmente modifica sus concepciones iniciales sobre la dinámica de la interacción que había concebido y hace ajustes según las características de la participación (verbal y no verbal) de los niños. El maestro considera que su función es intentar, por un lado, que los alumnos participen en torno al contenido y que, por otro lado, esta participación se oriente en una dirección definida, o sea, que los alumnos sigan un razonamiento que los conduzca hacia el objetivo previsto. Se enfrenta a una contradicción, pues debe permitir la participación libre de los niños, pero, al mismo tiempo, tiene que orientarla. Frecuentemente recurre a dar pistas ocultas sobre lo que deben concluir o expresar los alumnos y así aparenta que ellos

llegan, por un razonamiento autónomo, a esas ideas.

Para poder conducir este proceso, el maestro se encuentra frente a la doble exigencia de seguir simultáneamente un razonamiento sobre el conocimiento (para conducir a los alumnos a cubrir el objetivo curricular) y otro sobre la lógica que sigue la dinámica de la interacción establecida con los niños (en donde tiene que escuchar sus participaciones y tratar de entender lo que están pensando para poder conducirlos a donde “quiere que lleguen”). Este proceso puede tener discontinuidades, entre otras cosas, porque los alumnos se *desconectan* de la dinámica de la interacción que marca el maestro. En este caso, puede ocurrir que el docente cambie su estrategia para que los niños no *se desvíen*. Con frecuencia recurre a la imposición de los contenidos de manera autoritaria, ignora las intervenciones de los alumnos que siguen una lógica distinta y presiona para que repitan la información que supuestamente deben aprender, asumiendo que la verbalización del contenido implica que éste ha sido asimilado.

Las dificultades de los maestros, entonces, provienen en gran medida del rol que han interiorizado (tanto por su formación como por el enfoque del libro y las exigencias sociales e institucionales) de transmitir los contenidos *científicamente correctos* a los niños, más que hacerlos reflexionar sobre sus propias representaciones para permitir que evolucione su construcción del conocimiento. En este último proceso, los alumnos podrán acercarse o no a las concepciones científicas sobre un contenido, dependiendo de la distancia que exista entre sus concepciones previas y las de la ciencia así como del grado de desarrollo de sus estructuras cognitivas. En la medida en que el razonamiento de los alumnos no puede alcanzar la concepción científica, el maestro se siente forzado a imponer los conocimientos escolares.

### Formas de presentación de la actividad experimental en el aula

Para los propósitos de este trabajo, la actividad experimental es concebida como el conjunto de acciones materiales o exteriorizadas de uno o varios sujetos que manipulan un objeto, o el modelo de un fenómeno, para conocer sus propiedades.



## La enseñanza de las ciencias naturales

En algunas ocasiones, la comprensión de las características de un objeto o de un fenómeno se realiza por medio de la confrontación verbal de las ideas que tienen los distintos participantes, mismas en las que se hace referencia explícita a experiencias extraescolares concretas. Estas experiencias extraescolares se pueden utilizar en el salón de clase como recurso para validar explicaciones o como referente para sugerir hipótesis sobre lo que puede ocurrir en una cierta situación experimental.

Para describir la gama de formas de presentación de las actividades experimentales en el aula se analizaron 36 de ellas y se ordenaron los registros según las características de las actividades realizadas por los alumnos y el maestro. Asimismo, se hicieron breves descripciones de la relación establecida entre los alumnos, el maestro y el contenido y se agruparon las actividades experimentales según el tipo de habilidades intelectuales que requerían de los alumnos.

Las actividades experimentales se dividieron en dos grandes categorías: a) demostraciones, que se realizan para reafirmar o validar una información previamente planteada por el libro de texto o por el maestro, y b) resolución de problemas, en donde los alumnos tienen que describir o encontrar la explicación del fenómeno que observan. Esta clasificación permite ubicar la relación inicial de los alumnos frente al conocimiento.

En principio, las demostraciones requieren un razonamiento que prioriza las demandas de la interacción con el docente, ya que los alumnos tienen que vincular lo que observan y piensan con la información que ya ha sido aportada por el maestro o el libro. En estos casos está definido el problema al que se enfrentan los niños, el procedimiento que tienen que seguir y la respuesta a la que tienen que llegar. En cambio, en la resolución de problemas, generalmente se plantean el problema y el procedimiento para resolverlo, pero se deja abierta la respuesta para que sea construida por los alumnos. En este caso, se requiere que los alumnos prioricen el razonamiento sobre el conocimiento, ya que la interacción con el maestro no determina la conclusión a la que tienen que llegar.

De estas dos categorías en las que se agrupan las actividades experimentales se derivan ocho subgrupos

que precisan el tipo de recursos intelectuales que, en las 36 actividades experimentales analizadas, tienen que poner en juego los alumnos.

### Comentarios generales

Aproximadamente 80% de las 36 actividades experimentales analizadas fueron tomadas del libro de texto. Esto concuerda con los resultados de la investigación citada al principio de este capítulo (Gutiérrez-Vázquez y Núñez, 1980), donde se encontró que 74% de las actividades experimentales eran tomadas del libro de texto. Aunque las muestras no son representativas, podría considerarse que el libro de texto es el principal referente del trabajo experimental en el salón de clases. Sin embargo, la forma de presentación de los experimentos es modificada en varios sentidos en la práctica escolar. Estas modificaciones se analizan en detalle más adelante, en los registros de clase.

La mayor parte de las clases observadas están centradas en la realización de una o varias actividades experimentales. Pareciera que, en la planeación de su trabajo, los maestros dedican algunas clases de ciencias naturales específicamente a hacer los experimentos sugeridos en los libros de texto, los cuales generalmente son leídos antes de hacer la actividad. En 17 de las 36 actividades analizadas se solicita la lectura del libro antes de realizar el experimento, lo cual no implica que en otros casos no haya sido leído también.

La estructura de la mayoría de las clases tiene rasgos semejantes: se inicia con la presentación del tema, ya sea con una exposición del maestro o con la lectura del libro de texto; luego, se realizan las actividades experimentales, generalmente guiadas por el maestro, quien hace algunas preguntas para tratar de llevar a los alumnos a las conclusiones del libro. Al final de la clase, el maestro expone y formaliza las conclusiones a las que quería llegar si los alumnos no las plantean *correctamente*. Con frecuencia, ignora aquellos comentarios, preguntas o respuestas de los niños que no van en la dirección que él espera.

El sentido de la actividad casi nunca es mencionado explícitamente en el aula. Los alumnos deben descubrir para qué se presenta la investigación a partir de las pistas que da el maestro o de la lectura del libro de texto, de modo que la lectura de este último,



## De la lección escrita al salón de clase

así como la secuencia de las actividades, es lo que da continuidad al trabajo. Por lo regular, el hilo conceptual que vincula lo leído, lo observado, lo analizado, lo discutido y los conocimientos transmitidos por el maestro, queda implícito. En algunas ocasiones también se deja sin conclusiones el trabajo.

El hecho de que prácticamente todas las actividades (excepto 10% que son planteadas por los niños) estén dirigidas por los docentes, no permite observar el tipo de aproximación experimental que los alumnos tendrían de no estar dirigida la actividad. Sin embargo, resulta muy significativo (dada la tendencia a la transmisión vertical del conocimiento en la escuela) que exista 10% de casos en donde los maestros incorporan las sugerencias de los alumnos a la dinámica de la clase. En los tres casos de referencia, el maestro plantea un problema y los alumnos diseñan o aluden a una actividad práctica obtenida de su experiencia cotidiana, para encontrar, por analogía, una respuesta al problema planteado.

Los ocho subgrupos formados muestran una relativa variedad de estrategias de presentación de las actividades experimentales que pueden permitir diferentes formas de acceso al conocimiento.

De las 36 actividades experimentales 18 se realizan en quinto grado, ocho en cuarto, cuatro en sexto, cuatro en segundo y tres en tercero. Aunque la muestra original de registros no es exactamente homogénea en cuanto al número de observaciones por grado, el que 50% de las actividades experimentales se realicen en quinto grado muestra una cierta preferencia de los maestros por realizar más trabajo experimental en ese grado. Esta tendencia puede responder a que los temas incluidos en los libros de texto de quinto grado se prestan más a que se realicen actividades experimentales. Otro factor que puede estar presente es la persistencia de una tradición escolar, ya que en el currículum anterior, el Plan de 11 años, casi exclusivamente en quinto grado se proponían actividades experimentales. En todo caso, esta tendencia tendría que investigarse posteriormente para verificar su validez y analizar sus causas.

### Demostraciones

Como demostraciones se definen aquellas actividades experimentales que se presentan como una for-

ma de reafirmar, validar o verificar, a través de la manipulación de material, una información sobre las propiedades o la dinámica de un fenómeno natural que ha sido previamente planteada por el libro de texto o por el maestro. Dentro de esta categoría se han incluido aquellas actividades experimentales que presentan una evidencia parcial para hacer verosímil una información general, así como las experiencias donde se observa o se mide un efecto físico (orientación e intensidad del viento) y aquellas donde se muestra, por medio de un modelo, el funcionamiento de un sistema natural o artificial (movimiento de los pulmones, extracción del petróleo).

De las 36 actividades experimentales, 24 se pueden caracterizar como demostraciones, que representan 66% del total. Un ejemplo del primer grupo de demostraciones es el siguiente:

- La actividad se realiza en un grupo de cuarto año, después de haber visto “las partes de la flor, qué necesita para vivir; en fin, todo lo relacionado con el tema...” según la maestra; y de haber pedido a cada niño que trajera un frasco con alcohol y una bolsa con hojas verdes. La maestra inicia la clase planteando el objetivo: “Vamos a ver cómo las hojitas realmente tienen clorofila, vamos a abrir con cuidado nuestro frasco de alcohol, ¿ya?”
- Da las instrucciones para hacer el experimento mientras ella lo muestra prácticamente. Dobla las hojas varias veces hasta hacerlas pedacitos pequeños. Las pone en un frasco con alcohol después de haberlas molido entre los dedos. Pide a los alumnos que apachurren las hojas como si las estuvieran moliendo para después ponerlas en alcohol. Un niño comenta: “Maestra, ¡se le está yendo el color a la planta!”. La maestra añade: “Aquí uno de sus compañeros le estaba picando con un lápiz”, mientras otro alumno, agitando el frasco, pregunta: “¿Le hacemos así?”. La maestra responde: “Sí, ¿qué le está pasando al alcohol?, ¿ya vieron?”. “Nada”, dice un alumno. “¿Le echamos todas las plantas?”, la maestra dice: “Sí, levántalo, Refugio”, e insiste: “Eso que está pintando el alcohol, ¿cómo se llama?”. “Clorofila” contestan a coro. Los alumnos continúan moviendo el alcohol, tapan el



## La enseñanza de las ciencias naturales

frasco, lo agitan. Un niño dice a otro: "Deja que se asiente bien". Entre unos alumnos comentan: "Pruébalo tú". El otro lo prueba. "¿Lo nuevo, maestra?", "Sí". Varios niños se acercan a mostrarle el alcohol a la maestra. Comentan: "¡Es agua de limón!". "Lleve su birra". La maestra: "¿Qué se ve en el alcohol, muchachos?". "La clorofila" a coro. Los niños continúan moviendo el contenido con diversos objetos, tapan el frasco, lo agitan. La maestra se acerca al observador y le comenta: "Este tipo de actividad les gusta mucho a los niños y a mí también, generalmente trabajamos de esa forma". Vuelve frente al grupo y ordena: "A ver, ya tapen el frasquito, ¡ya!, todos tapen el frasquito". Unos alumnos dicen: "Es *Kool Aid*", "Maestra, ya se hizo el primer alcohol de colores".

[...]

### Resolución de problemas

Dentro de esta categoría se incluyeron aquellas actividades experimentales que requieren que los alumnos describan o expliquen precisamente un fenómeno que aparece en la actividad que realizan, para resolver algún aspecto problemático relacionado con el fenómeno.

Cuando los alumnos no están guiados por una información predefinida y se les pide que describan o expliquen lo que ocurre en la actividad experimental, su vinculación con el fenómeno tiene que remitirse a sus propias concepciones, a las ideas que puedan tener sobre situaciones análogas, a la información que les sea útil en este momento y a la relación con experiencias previas. Esto no quiere decir que en actividades donde los alumnos conocen de antemano la conclusión a la que deben llegar, no establezcan relaciones con su experiencia y concepciones previas, como se observa en algunos ejemplos ya analizados. Sin embargo, en las actividades que se presentan como problemas para ser resueltos por los alumnos estas relaciones son más necesarias.

Como resolución de problemas se incluyen actividades que requieren un diferente grado de elaboración. Pueden ir desde la identificación de objetos hasta la construcción de demostraciones y de diseños prác-

ticos para resolver un problema planteado, pasando por diferentes niveles de descripción y explicación de los fenómenos.

De las 36 actividades revisadas, 12 caen en esta categoría, lo que representa 33% del total.

Para ejemplificar este tipo de actividades se analiza la investigación sobre los pesos relativos del agua y el petróleo que realizan los alumnos en la clase que se resumió anteriormente.

Para realizar esta actividad, la maestra pide desde antes el material, les muestra la página 116 del libro de texto de quinto grado en donde aparecen las instrucciones: *Llena una tercera parte del frasco con agua salada, agrega la misma cantidad de petróleo. Tápalo, agítalo y déjalo reposar. ¿Qué sustancia quedó al fondo? ¿Por qué? ¿Qué pesa más, el agua salada, el petróleo o el aire? ¿Qué pesa menos? ¿Cómo puedes saberlo?* y les indica lo que tienen que hacer: "...cada jefe de equipo va a tomar agua", "Llena las 3/4 partes del frasco". "Ahora se van a reunir por equipos". "Lean las instrucciones para la investigación". "Lo mismo que le pusieron de agua le ponen de petróleo". "Ahora lo tapan y lo sacuden". "Déjenlo reposar un momento nada más". Después pregunta: "¿Qué sustancia quedó al fondo?", "el agua salada", responden. "¿Por qué", "porque pesa más". "¿Qué pesa menos?", "el petróleo", dice un niño y la maestra aclara: "el aire". Al final de la clase la maestra pide que mencionen las conclusiones de la actividad. Un niño dice: "Vimos que pesa más el petróleo que el agua". Otros hablan de la extracción y la utilidad del petróleo.

La organización de la actividad sigue los pasos propuestos por el libro. La maestra sólo introduce pequeñas modificaciones en la cantidad de agua (por cierto, difícilmente van a poder poner 3/4 partes de agua en el frasco y una cantidad igual de petróleo) y en el uso de agua simple en vez de agua salada. Con el cambio de agua simple por salada se facilita la realización práctica de la actividad, sin que se altere el sentido (comparación de pesos relativos). Las preguntas que hace la maestra son las mismas que aparecen en el libro ("¿Qué sustancia quedó al fondo? ¿Por qué?". "¿Qué pesa menos?") y los alumnos parecen contestarlas sin dificultad.

Se dice que ésta es una actividad experimental del tipo de resolución de problemas, pues ni el libro ni la



..... **De la lección escrita al salón de clase**

maestra dan pistas para saber cómo responder a las preguntas. Una de las interrogantes (“¿Qué sustancia quedó al fondo?”) sólo pide describir lo que se ve, pero las demás (“¿Por qué? ¿Qué pesa menos?”), para ser respondidas, necesitan que se haga un análisis de la relación entre la posición relativa y el peso relativo (densidad) de las sustancias.

No se puede saber si el peso relativo (pesa más o pesa menos que...) hubiera sido el eje de la explicación espontánea utilizada por los niños de no haberse introducido este elemento en las preguntas. Es probable que a esa edad (entre 10 y 12 años) los alumnos ya puedan establecer espontáneamente una relación entre el peso y la posición relativa de dos sustancias observables. Sin embargo, en la interacción, se muestran algunas dificultades para tomar en cuenta al aire como uno de los elementos que están en el frasco y probablemente más aún, como algo que pesa. La maestra aclara que el aire es lo que pesa menos.

Es interesante observar que la maestra no hace ningún comentario al hecho de que los alumnos se refie-

ran a *agua salada*, como dice en el libro, y no al *agua*, que es lo que ellos usaron. Parece que tanto ella como los niños establecieron un equivalente entre el agua simple y el agua salada y todos se refieren al agua que usaron como si fuera salada.

La maestra tampoco comenta la conclusión del último niño que invierte lo que habían observado en el experimento (“Vimos que pesa más el petróleo que el agua”), probablemente porque ya no está poniendo mucha atención al repaso. Le basta con la mención de los elementos y no analiza si la relación establecida entre ellos es la que se había encontrado. Sin embargo, este comentario puede indicar que existe una asimilación diferencial del conocimiento, entre unos niños y otros, o que existe una representación que reaparece cuando no están frente al objeto.

En esta actividad, los alumnos siguen la dinámica de la interacción, pero también tienen que razonar sobre el conocimiento para poder relacionar variables y hacer las inferencias necesarias para encontrar las respuestas sobre las que no tienen pistas.







## Las ideas previas, la experimentación y el material informativo



Graciela Caironi



Alejandro y Emiliano quisieron probar si podían proyectar sus nombres en el cielo nublado del atardecer. Los escribieron en una lupa y la iluminaron con una linterna. Como esto no resultó, pensaron en escribir en el vidrio de la linterna y *proyectar* con la lupa, pero esto tampoco terminó en buen puerto. Finalmente, decidieron probar escribiendo en un papel blanco y colocándolo entre la linterna y la lupa, más sus *batisueños* nuevamente se vieron frustrados. Entonces se fueron a jugar con los autitos. Al rato, las nubes, oscuras y *arrugadas*, anunciaron tormenta. Los chicos, con evidente mezcla de susto y orgullo se acercaron: “¡Mamá! Mira que raras están las nubes... ¿habremos sido nosotros?”.

Al día siguiente, Julián se enteró de lo sucedido y sentenció: “¡Qué tontos!... Eso lo tenían que hacer a la noche, bien tarde!”.

Todos los días podemos ser testigos de diálogos o acciones en los que los chicos establecen predicciones y explicaciones sobre las cosas que los rodean, sorprenden o preocupan. Ellos van generando sus propias ideas sobre los hechos o fenómenos y las ponen a prueba constantemente. No enfrentan al mundo

desde la nada, sino que se conectan con las cosas desde lo que saben y creen, y esos saberes e hipótesis están presentes en cada experiencia de vida.

Ese bagaje de conocimientos que los chicos construyen en su interacción con el medio físico y social que los rodea entra con ellos a la escuela, y es fundamental que la didáctica de las ciencias los respete como uno de sus pilares, si pretende que los alumnos logren la comprensión de los contenidos científicos y no la mera memorización de definiciones o ejercicios. La escuela permite a los alumnos una aproximación progresiva a los conceptos físicos, químicos, biológicos, geológicos, etcétera, ya elaborados y sistematizados por la ciencia. Pero esa aproximación es el resultado de un proceso de construcción que incluye las ideas previas o preconceptos de los alumnos como punto de partida, pues éstos son los *anteojos* tras los cuales los chicos *miran* lo que se les propone.

### La indagación de las ideas previas como parte de las estrategias de enseñanza

Al planificar una secuencia didáctica o las estrategias para trabajar sobre un determinado tema o fenómeno, el docente no debe olvidar que los alumnos po-



Tomado de *En la escuela*, núm. 27, 1998, pp. 30-31.





## La enseñanza de las ciencias naturales

seen ya sus propias explicaciones sobre esos hechos, y que es probable que no puedan dar una fehaciente comunicación de esas ideas.

Por ello, creemos que la indagación de estos preconceptos que los chicos tienen con respecto a los fenómenos tiene una múltiple utilidad: pone a los alumnos en situación de *rescatar* las ideas que tienen respecto al fenómeno, algo así como ayudarlos a “saber qué saben”; comunicar lo que piensan implica hacerse cargo de sus ideas y relacionarlas, en un ejercicio de elaboración de un mensaje comprensible para los otros. Tener conciencia de las propias ideas les dará la posibilidad de revisarlas, modificarlas, ampliarlas, *reconstruirlas*. Probablemente, las explicaciones de los alumnos no sean científicamente *aceptables*, pero no serán *ilógicas* dentro de la representación que cada uno tiene del fenómeno a tratar. No es tan importante en este punto que esos conceptos sean *correctos* o no desde el punto de vista científico, sino que reflejen claramente lo que ellos creen.

La actividad de indagación (ya sea un problema, una situación a resolver o simplemente preguntas), suele convertirse en una primera situación de reconstrucción, ya que cada alumno se encontrará con opiniones diferentes a la suya, con ideas que lo obligan a replantearse lo que afirma y argumentar sobre lo que piensa.

Para el maestro, conocer las ideas de sus alumnos es la puerta que permite la elaboración de estrategias y la planificación de secuencias que apunten a favorecer la problemática, la revisión y la modificación de aquellas concepciones.

Mario Carretero y Margarita Limón<sup>1</sup> caracterizan las ideas previas, aclarando los siguientes aspectos:

- Por un lado, es importante tener en cuenta que las representaciones que los alumnos tienen de los fenómenos o conceptos científicos son personales y están ligadas a concepciones más amplias o anteriores, es decir, están inmersas en conocimientos más generales. Por ejemplo, si pedimos a un niño que represente lo que sucede en el cuerpo cuando digerimos, sus respuestas no estarán ligadas únicamente a ese fenó-

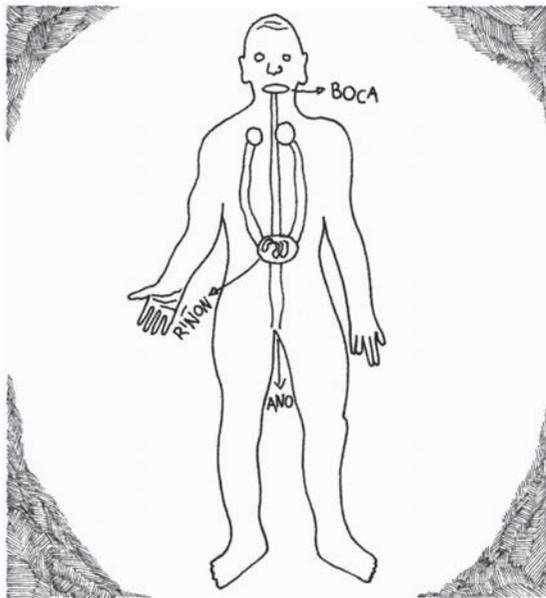
meno, sino que tendrán también que ver con sus concepciones sobre otros aspectos, como tipos y categorías de alimentos. Así, es probable que encontremos representaciones que dividan al aparato digestivo en tubos “para líquidos y para sólidos”, o “para comida buena y comida mala”, y que la comida *mala* sea la que *se va*, mientras que la *buena* se queda en el cuerpo. Es por ello que en muchos casos no es tarea sencilla, ni para el docente ni para el propio chico, identificarlas.

Estas construcciones personales dependen de la percepción y la experiencia de cada ser en su contacto con el mundo, y a pesar de que podemos encontrar grandes similitudes entre las respuestas que dan los alumnos, debemos tener siempre en cuenta que es necesario interpretarlas dentro de un contexto individual.

- Otro aspecto a considerar es que esas percepciones y concepciones son la base sobre la que cada individuo elabora nuevas representaciones, o incorpora nueva información. Si sus primeras interpretaciones son incorrectas, dificultarán la comprensión de otras nociones más específicas. Además, las explicaciones de los chicos, al estar fuertemente ligadas a la propia experiencia, suelen ser bastante resistentes. Estos dos aspectos son la causa de que, aunque la información sea clara, no les es posible establecer relación entre sus concepciones previas y la nueva información recibida.

Una experiencia de aula con chicos de quinto grado puede ser ilustrativa. Se les preguntó a los alumnos por qué se mueven los ríos. Entre las respuestas más generalizadas aparecían la influencia de los vientos, de los barcos y de los peces. Se trabajaron entonces los conceptos de relieve, se realizaron maquetas, se buscó información bibliográfica y fotográfica sobre la relación *ríos de montaña-cascadas-torrentosos* y *ríos de llanura-ondulaciones suaves-menos torrentosos*. Al final de la unidad, la evaluación incluía la misma pregunta: muy pocos alumnos asignaron al declive del relieve la responsabilidad del movimien-

<sup>1</sup> Mario Carretero, *Construir y enseñar las ciencias experimentales*, Buenos Aires, Aique, 1996 (Colección Transformación).



Las ideas previas y el aparato digestivo: “tubos de comida buena y mala”, o de líquidos y sólidos; nombres que *suenan* conocidos, pero que no significan mucho para los chicos; o que son interpretados erróneamente.

to del agua, aunque sí podían establecer relaciones entre los distintos tipos de relieve y los suelos, por ejemplo. Para muchos, seguían siendo los vientos y los barcos los agentes del movimiento, y algunos incluyeron las *corrientes* como un nuevo elemento, externo, que *empuja* al río. Evidentemente, no habíamos logrado *poner en conflicto* realmente aquellas ideas previas, esos alumnos reelaboraron conceptos sobre el relieve, pero esto no pudo ser trasladado a sus representaciones sobre los ríos.

- Por otra parte, es fundamental tener en cuenta que las explicaciones que los chicos den están ligadas a la forma en que el docente plantea la tarea o las preguntas indagatorias. Los autores antes mencionados presentan el ejemplo de la forma de la Tierra: ante tal pregunta, muchos alumnos respondieron que la Tierra es una esfera, y hasta explicaron que tiene achatamiento en los polos. Pero al plantearles que dibujaran dónde vive la gente en esa esfera, muchos dibujaron a las personas dentro de la esfera: la primera respuesta *correcta* no era garantía de una verdadera concepción sobre la forma y características del planeta.

## El papel de la observación y de las experiencias

Otro punto importante a tener en cuenta cuando planificamos la tarea de aula en el área de Ciencias Naturales es el papel otorgado a la experimentación.

Todos los docentes sabemos que las experiencias despiertan gran entusiasmo en los alumnos, y que éstos suelen establecer una relación directa entre el área y las experiencias. En varios grupos de cuarto grado, que iniciaban el trabajo de Ciencias Naturales como área a cargo de un maestro específico, al preguntárseles qué se imaginaban que iban a hacer, muchos niños respondían: “experimentos”, “mezclar cosas y ver qué pasa”, “ir mucho al laboratorio”.

Es cierto que la experimentación tiene en el área un papel relevante, pero entendiéndola como estrategia para la modificación de ideas, búsqueda de respuestas o explicaciones que acompañen la comprensión de los fenómenos. No podemos otorgarle *per se* la responsabilidad de la construcción del conocimiento científico en los chicos, aunque en muchos casos es la base para la construcción de las teorías científicas o en la tarea de investigador. *Los chicos no son científicos, no son investigadores*. La actividad experimental en la escuela no es la reproducción del método científico del investigador; aunque tome elementos de aquél, sus objetivos, condiciones, puntos de partida, saberes previos son absolutamente diferentes. (Véanse los cuadros “La experiencia en la investigación científica” y “La experimentación en el aula”, p. 144.)

Nos parece pertinente, entonces, hacer cierta aclaración con respecto al término *observación*. La observación sistematizada es una habilidad, un *saber hacer* que debe orientarse, enseñarse y ejercitarse durante toda la escolaridad. Observar, registrar lo observado, discutir los resultados de la observación, son actividades con las que se apunta hacia la sistematización de algunas de las competencias relacionadas con el quehacer científico: organización, registro, establecimiento de similitudes y diferencias, interferencias a partir de lo observado, etcétera, pero esta observación, o sus resultados, no pueden ser considerados como evaluación positiva con respecto a los contenidos conceptuales. No caigamos en el error de creer que la *observación* implica directa-



Las ideas previas de los alumnos

- Son las explicaciones a los fenómenos que los chicos han construido.
- Son construcciones personales.
- Están ligadas a concepciones más amplias.
- Dependen de la percepción de cada ser ante el mundo y de las experiencias personales.
- Se relacionan con saberes o creencias de la cultura social.
- No siempre pueden ser verbalizadas fácilmente por los alumnos.
- Suelen ser resistentes al cambio.
- Pueden no ser correctas desde el punto de vista científico, pero generalmente son lógicas dentro del campo explicativo del alumno y de sus concepciones más amplias.
- Pueden variar o ser dependientes del instrumento utilizado para indagarlas.

mente la comprensión de los fenómenos o la adquisición de los conceptos.

Del mismo modo, que los alumnos puedan describir un proceso experimental, relatar los resultados y establecer algunas relaciones acerca de la experiencia y el tema que se está estudiando, no nos garantiza que realmente hayan comprendido el fenómeno, que hayan logrado alguna modificación en sus hipótesis o que puedan generalizar esos resultados a otros fenómenos o conceptos del mismo campo. Por ejemplo, una experiencia bastante utilizada para trabajar la importancia del aire en la combustión es la de encender velas y taparlas con frascos de distintos tamaños. Los alumnos registran el tiempo que ha permanecido encendida cada vela y comprueban que la del frasco más grande duró

más tiempo encendida que las otras. Excelente. ¿Pero qué sucede si luego les preguntamos por qué se apaga el fuego si le arrojamos arena, o por qué se aviva la brasa del asado cuando la apantallamos? No nos olvidemos que la experiencia de los chicos les dice que las velas se apagan soplando. Es posible también que los alumnos hayan partido de hipótesis tales como que la vela que más durará es la de mayor tamaño, la de mecha más larga, la más gorda, u otras variables que ellos establecen aun sin saberlo. El observar que la vela del frasco más grande duró más tiempo no necesariamente pone en conflicto estas hipótesis, por lo tanto, esas hipótesis perdurarán en su interpretación del fenómeno. Ellos están leyendo la experiencia desde sus preconceptos.

La experiencia en la investigación científica

Forma parte del proceso de construcción de las teorías científicas, o de los conocimientos que las integran.

El investigador parte de saberes que pertenecen al campo de la ciencia, ya construidos, y tiene disponibles saberes de temas que pueden influir en el asunto sobre el que trabaja.

Las hipótesis del investigador parten de inferencias realizadas sobre conocimientos aceptados científicamente como verdaderos.

El investigador selecciona las variables que pondrá en juego con absoluto conocimiento de lo que está haciendo.

La experimentación en el aula

Forma parte del proceso de enseñanza y aprendizaje, con el objetivo de facilitar el acercamiento particular de cada chico a los saberes científicos.

El alumno parte de sus saberes previos, no siempre correctos desde el punto de vista científico, y desde allí analiza los fenómenos. A su vez, esos saberes previos están disponibles para el alumno en la situación particular en la que se encuentre.

Las hipótesis de los chicos parten de su experiencia sensible y personal con el mundo, y de su intercambio o confrontación con otras experiencias sensibles y personales.

El recorte de las variables no está en manos del alumno, por lo tanto no podrá tenerlas en cuenta.



## ¿Por qué investigar en el aula?



J. Eduardo García  
Francisco F. García



### Una propuesta de actuación en el aula basada en el tratamiento de problemas

En nuestra actividad cotidiana nos enfrentamos tanto a situaciones conocidas, en las que actuamos de manera *automática*, como a situaciones que, por su novedad, requieren una respuesta mucho más elaborada. Utilizaremos el término *problema* para designar a ese segundo tipo de situaciones en las que predomina la incertidumbre respecto a cómo debemos actuar, de forma que nos vemos obligados a utilizar un tratamiento distinto a la mera aplicación de un procedimiento rutinario.

Si admitimos que nuestras concepciones sobre la realidad evolucionan en la medida en que procesamos información nueva, resulta evidente que la resolución de problemas tiene gran importancia para el conocimiento y la intervención en esa realidad. En efecto, todo problema da lugar a la formación, a partir de las concepciones preexistentes, de nuevas concepciones más acordes con las circunstancias planteadas. En ese sentido, podríamos decir que aprendemos en cuanto que resolvemos los problemas que se originan en un entorno siempre diverso y cambiante.

Aun más, parece que el ser humano no sólo se adapta bien y aprende de la novedad, sino que ade-

más presenta una marcada tendencia a buscarla. La curiosidad, las conductas exploratorias, la indagación de lo desconocido, están presentes en la acción humana, conformando una actitud activa que nos sitúa continuamente ante situaciones-problema. Por ello, habría que considerar que no sólo es importante la resolución del problema sino también los aspectos relativos a la búsqueda y reconocimiento del mismo. Dado que el término *resolución* obvia esos aspectos y presupone que todo problema ha de tener forzosamente solución, preferimos unas denominaciones menos finalistas y más centradas en el proceso: tratar, enfrentar, trabajar con problemas. En definitiva, se trata de no primar el producto del proceso sino el proceso mismo, pues interesa más la dinamización de las ideas referidas a la temática del problema que llegar a una determinada solución.

De hecho, el cuestionamiento de nuestras propias concepciones comienza cuando reconocemos una situación como problema. Así, hay muchas situaciones que, por su cotidianidad, no ponen en juego nuestras ideas sobre la naturaleza de las cosas, y, sin embargo, a partir de ellas, podrían plantearse problemas. Es el caso, por ejemplo, del distinto comportamiento del azúcar y del aceite frente al agua. El simple hecho de preguntarnos: ¿por qué *desaparece* el azúcar y no el

Tomado de *Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación*, Sevilla, Díada, 1995, pp. 10-18.



aceite? puede movilizar nuestras ideas acerca de conceptos como la naturaleza de la materia, la disolución de un compuesto químico, las propiedades físico-químicas de los objetos, los enlaces químicos, etcétera.

Vemos, por tanto, que el trabajo con problemas es un proceso complejo, que comprende distintos momentos: la exploración de nuestro entorno, el reconocimiento de una situación como problema, la formulación más precisa del mismo, la puesta en marcha de un conjunto de actividades para su resolución, la frecuente reestructuración de las concepciones implicadas, la posible consecución de una respuesta al problema, etcétera. Creemos que el término *investigación* es el más apropiado para designar al conjunto de esos procesos. Dado que ese término presenta muy diversos significados, conviene aclarar en qué sentido lo utilizamos. La investigación, como estrategia de formulación y tratamiento de problemas, sería pues, una estrategia de conocimiento y actuación en la realidad propia del comportamiento de nuestra especie, común al conjunto de la población humana y con un claro valor adaptativo para el individuo. Desde esa perspectiva estaría presente tanto en la actividad científica como en la práctica cotidiana, variando, en cada caso, el tipo de problemas planteados y los procedimientos utilizados en su resolución.

Pero *¿cuándo puede considerarse científico un problema?* Los problemas serán considerados científicos cuando se planteen enmarcados en las teorías y marcos conceptuales característicos de la ciencia y se

centren en la descripción y explicación de la realidad. En igual medida la investigación será científica si se refiere a ese tipo de problemas y si emplea la metodología aceptada por la comunidad científica. Por otra parte, serán problemas del quehacer cotidiano los que se planteen enmarcados en el conocimiento ordinario de cada individuo, teniendo como objetivo la actuación en su realidad inmediata.

No obstante, y a pesar de las diferencias entre uno y otro tipo de investigación, planteamientos recientes de la epistemología y de la psicología señalan que la separación entre conocimiento científico y conocimiento cotidiano no es tan tajante. De hecho, existen pautas psicológicas comunes a ambos y una dinámica similar en la evolución de los conceptos. También el conocimiento científico tiene sus raíces en el conocimiento cotidiano, tanto en lo que se refiere al proceso histórico de construcción de la ciencia como a la génesis personal del saber. Todo ello nos permite considerar, en el medio escolar, formas de conocimiento *intermedias* y aproximaciones graduales desde el conocimiento cotidiano al conocimiento científico.

¿Es factible la introducción de esta perspectiva investigadora en la escuela? Efectivamente, así lo confirma la aparición en estos últimos años de diversas propuestas didácticas que pretenden fomentar la investigación del alumno como la estrategia más adecuada para la construcción de conceptos, procedimientos y actitudes. También se reconoce que la investigación es una característica fundamental del modo en que los profesores abordan y analizan su

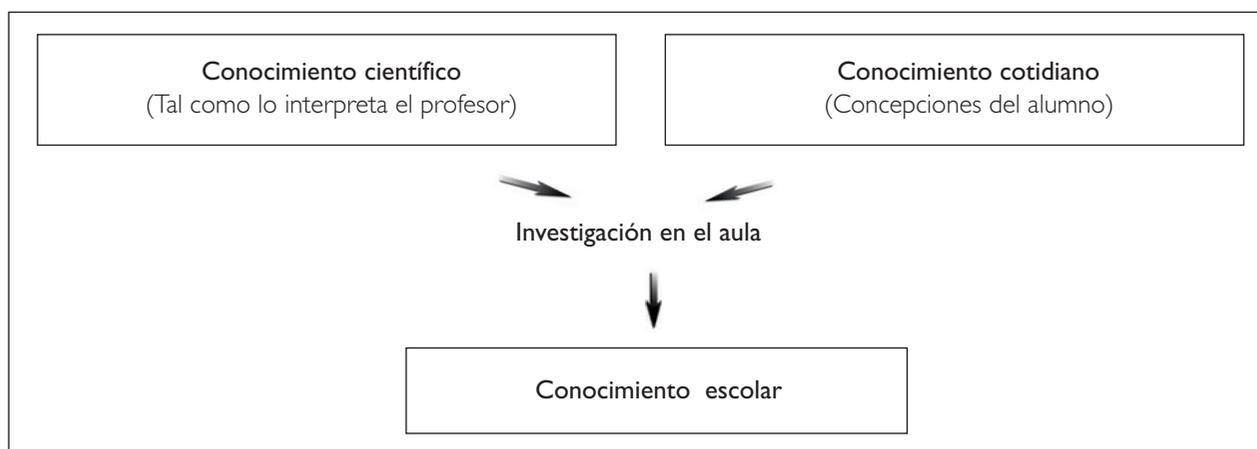


Figura 1. La investigación del alumno en la escuela debe posibilitar la interacción del conocimiento científico con el saber cotidiano, para facilitar así la construcción del conocimiento escolar.



## ¿Por qué investigar en el aula?

Conocimiento cotidiano	Conocimiento científico
Centrado en problemas relevantes para cada sujeto concreto (subjetividad, superficialidad, intereses personales). La función del saber es resolver los problemas cotidianos.	Centrado en la investigación sistemática y <i>distanciada</i> de la realidad. La función básica es la descripción y explicación de esa realidad.
Actividad intelectual, común y cotidiana, poco organizada y asistemática. El saber está ligado a la acción.	Actividad organizada y sistemática. Saber organizado en cuerpos de conocimiento y más ligado a la reflexión.
Admite las contradicciones internas y la diversidad de opiniones sin más. Coherencia "psicológica" del saber.	Necesidad de superar las contradicciones y de llegar al <i>consenso</i> entre los científicos. Se busca una coherencia <i>lógica</i> del saber.
Conceptos ambiguos y poco definidos (se asumen unos conceptos prototípicos propios de cada sociedad concreta).	Conceptos más claramente definidos que responden al sentir de la comunidad de científicos.
No hay una comprobación sistemática de las creencias.	Se intenta que las creencias puedan ser verificables y verificadas.
Los métodos y estrategias responden a procesos cognitivos comunes a todos los individuos. Investigación entendida en sentido amplio.	Métodos y estrategias propias de cada comunidad de científicos. Investigación científica.

Aproximación de las concepciones del alumno al saber científico: comparación del conocimiento cotidiano con el conocimiento científico.

tarea, sobre todo cuando se enfrentan a los problemas complejos que se generan en el medio escolar.

La investigación del alumno en la escuela ha de encuadrarse en un modelo general de intervención en el aula e integrar, en forma de saber escolar, las aportaciones del saber cotidiano y del saber científico.

Como se aprecia, optamos por un tipo de investigación que, partiendo del conocimiento cotidiano y de la resolución de problemas prácticos, propicia el que el alumno vaya aproximando sus concepciones al saber científico (figura 1).

Esa aproximación debe realizarse considerando a la ciencia como un marco de referencia que orienta el aprendizaje del alumno pero sin hacer una traslación directa de los fines, contenidos y métodos de la ciencia a la realidad educativa. Hay que diferenciar claramente, pues, la investigación, como estrategia de actuación de la persona, de la investigación científica. En la tabla de arriba se exponen diversos argumentos que ilustran esa diferencia.

### Investigación y construcción del conocimiento

*¿Cómo aprende el alumno?* Hoy se admite, de forma generalizada, que el aprendizaje es un proceso constructivo, entendiéndose por tal aquel proceso en el que se adquieren nuevos conocimientos mediante la interacción de las estructuras presentes en el individuo con la nueva información que le llega; de forma que los nuevos datos, en cuanto que se articulan con la información preexistente, adquieren un sentido y un significado para el sujeto que aprende. Así, el saber se construye a través de la reestructuración activa y continua de la interpretación que se tiene del mundo. A este aprendizaje, opuesto al tradicional aprendizaje *memorístico*, le llamamos *aprendizaje significativo*.

Desde esa perspectiva, cualquier situación novedosa puede iniciar una reelaboración de las ideas del individuo y dar lugar a la construcción del conocimiento. En efecto, cuando el alumno se enfrenta a un pro-

blema intenta afrontarlo con las concepciones que tiene en ese momento. Si esas concepciones no le sirven para interpretar la situación ni para elaborar estrategias de actuación se darán las condiciones idóneas para iniciar un proceso de reestructuración, en el que posiblemente cambien sus ideas acerca de la temática presente en el problema.

Por tanto, el tratamiento de problemas propicia el aprendizaje significativo en la medida en que:

- Facilita que se expliciten y pongan a prueba las concepciones del alumno implicadas en la situación-problema.
- Fuerza la interacción de esas concepciones con otras informaciones procedentes de su entorno físico y social.
- Posibilita el que, en esa interacción, se reestructuren las concepciones del alumno.
- Favorece la reflexión sobre el propio aprendizaje y la evaluación de las estrategias utilizadas y de los resultados obtenidos.

Es evidente que esas potencialidades pueden traducirse en unas ciertas pautas metodológicas y en una determinada forma de intervenir en clase, aspectos que desarrollaremos extensamente en el apartado 3.

Pero, ¿es el aprendizaje un proceso puramente individual? Hasta ahora hemos hablado del aprendizaje como si fuera únicamente un proceso individual. Sin embargo, si asumimos que es la interacción con otras informaciones la que permite la reestructuración de las concepciones del alumno, resulta indudable la importancia que tiene en el aprendizaje la comunicación social. Por ello, nos unimos a la opinión, mantenida por muchos psicólogos y didactas, de que se aprende en cuanto que se establece un *conocimiento compartido*, una comprensión conjunta de la temática trabajada y del contexto en que se elabora dicha temática. El núcleo básico del aprendizaje escolar se sitúa en el intercambio de información entre los individuos que conviven en el aula y en la construcción colectiva de los significados, de manera que es en la relación del alumno con el profesor o con sus compañeros donde se genera el aprendizaje.

Este postulado resulta coherente con los planteamientos de la *investigación en el aula*, pues toda investiga-

ción supone un trabajo en equipo, una búsqueda de nuevas aportaciones, un debate continuo de las hipótesis propuestas, etcétera.

### La investigación como principio didáctico

La introducción de la investigación del alumno en el medio escolar es coherente con toda una tradición pedagógica centrada en el papel activo del niño en su propio aprendizaje (Rousseau, Pestalozzi, Dewey, Claparède, Freinet...) y con aportaciones más recientes de las ciencias relacionadas con la educación. De ahí que entendamos que la investigación en el aula se refiere no sólo a unas estrategias concretas de enseñanza sino, sobre todo, a una cierta manera global de enfocar los procesos de enseñanza-aprendizaje caracterizada por:

- Reconocer la importancia de la actitud exploradora y curiosa, así como del componente espontáneo en el aprendizaje humano.
- Ser compatible y adecuada con una concepción constructivista de la adquisición del conocimiento.
- Incorporar las aportaciones psicosociológicas relativas a la relevancia de la interacción social en el aprendizaje escolar y a la necesidad de facilitar los procesos comunicativos en el aula.
- Proporcionar un ámbito especialmente adecuado para el fomento de la autonomía y la creatividad.
- Propiciar el uso didáctico de las concepciones del alumno.
- Dar un nuevo contenido a las metodologías consideradas, hasta ahora, genéricamente, como *activas*.
- Ser especialmente coherente con los postulados de la Educación Ambiental, dotando de mayores posibilidades didácticas a la *investigación del medio*.

Vemos, por tanto, que la investigación en el aula afecta al conjunto de la intervención educativa, pudiéndose equiparar a uno de esos *principios didácticos* que, en la tradición pedagógica, sirven como resumen y síntesis de toda una concepción de la educación.

Como tal principio, la investigación orientaría la toma de decisiones en el aula, proporcionando coherencia a la labor del enseñante. En la figura 2 concretamos el carácter organizador de la investigación con respecto a otros principios didácticos y a otros componentes curriculares.

En resumen, creemos que la investigación en el aula define tanto una metodología de trabajo como un marco teórico (modelo *didáctico*) para la actuación que integra las aportaciones de la psicología constructivista con una concepción compleja de la realidad educativa.



Figura 2. La investigación como principio didáctico vertebrador de la acción educativa.





## La enseñanza por proyectos: ¿mito o reto?



Aurora LaCueva



Aunque a veces se considera una moda o, peor aún, se convierte en un mito, la enseñanza por proyectos resulta una estrategia imprescindible para lograr un aprendizaje escolar significativo y pertinente. En este artículo se intenta precisar características, ventajas, fases más genéricas y peligros que deben evitarse en esta clase de iniciativa. También se señalan tres tipos recomendables de proyectos de investigación estudiantil y otras actividades que pueden acompañar e interactuar fecundamente con ellos. El trabajo considera aspectos correspondientes al espacio entre las grandes declaraciones de principios y la práctica diaria en las aulas, intentando dar orientaciones útiles a maestros y a formadores de maestros.

### Proyectos y actividades acompañantes

No hay un único modelo de proyecto ni una definición muy acotada de lo que debe ser un proyecto estudiantil, pero sí podemos decir que es un trabajo educativo más o menos prolongado (de tres a cuatro o más semanas de duración), con fuerte participación de los niños y las niñas en su planteamiento, en su diseño y en su seguimiento, y propiciador de la indagación infantil en una labor autopropulsada condu-

cente a resultados propios (Freinet, 1975, 1977; ICEM, 1980; LaCueva, 1997b). Un proyecto combina el estudio empírico con la consulta bibliográfica y, como luego explicaremos, puede incluir propuestas y/o acciones de cambio en el ámbito social.

Concebimos a los proyectos como el eje de la enseñanza escolar, aunque entrelazados con otras clases de actividades: las experiencias desencadenantes, los trabajos cortos y fértiles, y las fichas autocorrectivas (LaCueva, 1996). Las experiencias desencadenantes son actividades amplias y bastante informales que tienen como propósito familiarizar a los niños y niñas con múltiples realidades del mundo en que viven. Entre ellas están las visitas, los diálogos con expertos, las conversaciones sobre objetos o seres vivos llevados por los estudiantes al aula, el trabajo con textos libres, las lecturas libres, la observación de videos... Creemos que estas experiencias pueden ir despertando inquietudes e interrogantes en los pequeños, muchas de las cuales pueden servir de punto de partida a proyectos de investigación.

Por su parte, los trabajos cortos y fértiles son tareas más acotadas en el tiempo y más guiadas desde afuera, aunque siempre deben permitir cierta participación de los aprendices en su delimitación y desarro-



Tomado de *Revista Iberoamericana de Educación*, núm. 16, enero-abril, Madrid, OEI, 1998, pp. 165-187.





## La enseñanza de las ciencias naturales

llo. Las consideramos parte de un “menú de degustación” que la escuela ha de ofrecer a las niñas y niños; breves encuentros con la cultura que pueden conducir a empresas más complejas como los proyectos investigativos: observaciones, experimentos semiestructurales, demostraciones, análisis de lecturas asignadas, simulaciones y sociodramas...

Por último, las fichas autocorrectivas permiten a cada estudiante avanzar a su propio ritmo en la consolidación de ciertos conocimientos o habilidades. Por ejemplo, realización de gráficos, uso de claves taxonómicas, dominio de conceptos o clasificaciones... Aunque pueden ser elaboradas artesanalmente por los propios docentes, convendría disponer además de una gama de productos más *industrializados* para asegurar mayor variedad, mejor presentación, mayor control de calidad, etcétera. La adaptación informática de las fichas les hace ganar en flexibilidad y dinamismo.

De la combinación inteligente de estos cuatro tipos de actividades resulta un atractivo y educador paquete de opciones para el trabajo infantil. Y los proyectos pueden iniciarse más fácilmente y desarrollarse mejor si están apoyados y reforzados por las restantes posibilidades.

### Falsos proyectos

Conviene estar atentos a actividades que a veces se llaman *proyectos* o *investigaciones*, sin que lo sean de verdad. Entre esos falsos proyectos podemos mencionar:

- Las tareas para la casa, que consisten en buscar información sobre un tema señalado por el docente, copiando de los libros sin mayor procesamiento ni análisis.
- Las experiencias de laboratorio, en las que los niños siguen instrucciones paso a paso, sin más.
- Las encuestas elaboradas por el docente o el texto, que los estudiantes se limitan a pasar y procesar bajo instrucciones externas.
- Las observaciones hechas por mandato, rellenando guías entregadas al efecto.
- Las indagaciones realizadas a partir de problemas que se plantea el docente, un equipo de docentes o el programa oficial, y para las cuales

se correlacionan contenidos programáticos de manera más o menos forzada.

En fin, no son proyectos todas aquellas actividades en las que el problema y la metodología ya vienen dados y donde las niñas y niños se limitan a actuar, en todo caso, como *ayudantes de investigación*. A veces, algunas de estas labores pueden resultar valiosas, pero no las clasificamos como proyectos sino, si califican, como trabajos cortos. Para ser proyectos les falta la fuerza de la iniciativa y de la autogestión infantil.

### Tres posibles tipos de proyectos

Desde el punto de vista de nuestra especialidad, la enseñanza de las ciencias naturales, estimamos útil destacar tres posibles tipos de proyectos: los científicos, los tecnológicos y los de investigación ciudadana o proyectos ciudadanos (LaCueva, 1996). Esta clasificación, con variaciones, también puede emplearse para los proyectos que surjan en otras áreas, especialmente en la de ciencias sociales.

En los *proyectos científicos*, los niños realizan investigaciones similares, hasta donde lo permiten sus condiciones, a las de los científicos adultos: indagaciones descriptivas o explicativas sobre fenómenos naturales (Harlen, 1989; Giordan, 1985). Serían ejemplos de proyectos científicos: hacer una colección de minerales de la región, predecir y comprobar las reacciones de las lombrices de tierra ante ciertos estímulos, estudiar la luz experimentando con espejos, prismas, lupas, diversos recipientes llenos de líquidos, linternas, velas...

En los *proyectos tecnológicos*, los niños desarrollan o evalúan un proceso o un producto de utilidad práctica, imitando así la labor de los tecnólogos. Tales serían los casos, por ejemplo, de construir aeroplanos con papel y cartulina, de inventar recetas de ensaladas y canapés, o de evaluar la calidad de varias marcas de lápices (Acevedo Díaz, 1996; Aitken y Mills, 1994; Waddington, 1987).

Finalmente, en los *proyectos ciudadanos*, los estudiantes actúan como ciudadanos inquietos y críticos, que solidariamente consideran los problemas que los afectan, se informan, proponen soluciones y, de ser posible, las ponen en práctica o las difun-



den, así sea a pequeña escala. Como ejemplos de este tipo de proyectos podemos mencionar el estudio de hábitos nutricionales de compañeros del plantel, la investigación sobre posibilidades recreativas para niños en la comunidad, o la detección de fuentes de contaminación en la periferia de la escuela (Hurd, 1982; Aikenhead, 1996; Fensham, 1997).

Los distintos tipos de proyectos facilitan a los aprendices el desarrollo de diferentes clases de conocimientos y de habilidades, aunque tengan en común ser actividades investigativas. Así, según circunstancias, intereses y recursos, el docente puede ayudar a los estudiantes a perfilar un proyecto más hacia lo científico, lo tecnológico o lo ciudadano. Por otra parte, las conclusiones de un proyecto de cualquier tipo pueden llevar a nuevos proyectos, de similar o diferente naturaleza.

Ahora bien, esta tipología es de carácter indicativo y no debe asumirse estrictamente. Muchos proyectos concretos no serán puros y compartirán rasgos de dos o más de los tipos aquí presentados, o bien varios niños y niñas podrán trabajar juntos en un proyecto integrado que implique para cada uno asumir un cierto y distinto rol (algunos alumnos serían *científicos* y otros *tecnólogos* o, por ejemplo, trabajando conjuntamente para lograr un fin). No obstante, tomada sin rigidez, la clasificación nos parece útil para evidenciar y precisar posibilidades didácticas, pues ayuda a pensar con mayor apertura en la diversificada naturaleza de las investigaciones posibles.

### **Fases en la realización de un proyecto**

Aunque cada tipo de proyecto plantea etapas particulares en su desarrollo, podemos señalar algunas fases genéricas presentes habitualmente en un trabajo investigativo, cualquiera que sea su naturaleza. En síntesis, son las fases de preparación, desarrollo y comunicación.

En la fase de *preparación* se realizan las primeras conversaciones e intercambios que plantean un posible tema de proyecto y lo van perfilando. También pertenecen a ella los momentos ya más precisos de planificación infantil, cuando se especifican el asunto, el propósito, las posibles actividades a desarrollar y los recursos necesarios. Les tenemos miedo a las

planificaciones demasiado minuciosas, pues cierran prematuramente posibilidades y, además, resultan pesadas para los pequeños investigadores por sus exigencias de exhaustivo registro escrito de lo que se va a hacer, a menudo siguiendo patrones muy rígidos y estereotipados. Preferimos planificaciones más sencillas, al alcance de los niños, pero siempre exigimos reflexión y previsión sobre el proyecto. El educador debe saber valorar en cada caso hasta dónde pueden llegar sus deseos investigadores. Conviene tener presente que, a menudo, los niños pequeños no prevén series largas de acciones, a no ser que les sean muy familiares, sino que tienden a ir pensando en lo que hacen mientras lo hacen (Harlen, 1989); por ello, puede ser recomendable que empiecen planificando sólo la primera etapa de su investigación, y luego, tras su resultado, se planteen la siguiente, y así sucesivamente.

La fase de *desarrollo* implica la efectiva puesta en práctica del proyecto. Los diversos equipos necesitan espacios y tiempos para poder ir realizando su trabajo: equipos que trabajen muy juntos y sin condiciones ambientales ni recursos suficientes, no podrán cumplir satisfactoriamente su labor. No nos extendemos aquí en el tema de la base material necesaria para la investigación infantil, pero se trata de un asunto fundamental y le hemos dedicado atención en otros escritos (LaCueva, 1985).

Las actividades que hay que cumplir pueden ser muy variadas, de acuerdo con el tipo de proyecto y el tema elegido: trabajos de campo, encuestas, entrevistas, experimentos, visitas, acciones en la comunidad escolar o más allá de ella... La consulta bibliográfica debe estar siempre presente, en mayor o menor medida, a lo largo del proceso.

Es importante que los mismos alumnos vayan realizando el seguimiento de su labor, reservando para ello algunos minutos del tiempo de clase, y contando con el apoyo del docente. Maestros con experiencia en este enfoque recomiendan que cada grupo tenga una hoja grande de papel, donde se puedan ir anotando con palabras y flechas las actividades que se van cumpliendo dentro de su proyecto. Cuando diversos equipos realicen proyectos en un área común, es posible que entre todos elaboren un pliego donde se vaya viendo, en forma resumida y de conjunto, la marcha de las diversas investigaciones; de esta ma-



## La enseñanza de las ciencias naturales

nera se tiene siempre al alcance de todos el conocimiento global y el panorama relacionado de las indagaciones que se están llevando a cabo. El seguimiento y el control, especialmente los realizados por los propios niños, son necesarios porque ayudan a no perder de vista las finalidades del trabajo y a corregir errores por el camino. Sin embargo, tampoco deben crecer tanto y ganar tanto peso que aplasten la alegría y la espontaneidad del trabajo, en un hacer demasiado vigilado y supervisado.

La fase de *comunicación* a veces se olvida, o bien se rutiniza en una breve exposición oral ante los compañeros. Es importante valorar esta fase, tan relevante en toda investigación, y ofrecer diversos cauces para la misma, variables según circunstancias e inclinaciones de cada equipo. Algunos autores (véase, por ejemplo, Gethins, 1990) diferencian entre la *puesta en común*, una sencilla comunicación a los compañeros de los resultados de un proyecto, y otra denominada *presentación/celebración*, que implica una comunicación más allá de la clase, con mayor amplitud y diversidad de mecanismos, utilizando medios que pueden ser desde poemas y canciones hasta carteles, modelos o grabaciones.

Comunicar la investigación realizada no es sólo una acción *hacia afuera* sino también *hacia adentro*, en el sentido de que ayuda a los niños a poner más en orden sus pensamientos y a completar y perfeccionar las reflexiones ya hechas. La expresión escrita y/o gráfica de resultados, las exposiciones orales organizadas y otras vías de comunicación, representan niveles más formales y exigentes de manifestación de ideas y observaciones. Por otra parte, el diálogo con los interlocutores permite avanzar aún más en ese proceso. Al comunicar los resultados a otros se da pie también a la evaluación externa del trabajo, paso beneficioso porque ayuda a laborar con rigor y atención y se ofrece retroalimentación útil.

### ¿Por qué los proyectos?

Los proyectos son las *actividades-reinas* del ámbito escolar. Son las actividades que estimulan a los niños a interrogarse sobre las cosas y a no conformarse con la primera respuesta, problematizando así la realidad. Son las actividades que, también, permiten a los ni-

ños diseñar sus procesos de trabajo activo y les orientan a relacionarse de modo más independiente con la cultura y con el mundo natural y sociotecnológico que habitan. Son las actividades que conducen a los niños a poner sobre la mesa lo que de verdad piensan sobre los diversos temas. Son las actividades que con mayor fuerza hacen entrar en juego las ideas y la inventiva de los niños, llevándolos a movilizar sus *miniteorías* y a confrontarlas con otros y con la experiencia, contribuyendo de ese modo al mayor desarrollo de las concepciones infantiles. Son las actividades que mayor espacio abren a los intereses de los estudiantes y a su creciente capacidad de participar conscientemente en la conducción de sus procesos de aprendizaje.

Los logros afectivos y cognitivos de los proyectos, interrelacionados, no pueden alcanzarse cabalmente por otras vías. Creemos que la escuela sin proyectos es, lamentablemente, una escuela incompleta, que deja de ofrecer a las niñas y niños las experiencias más preciosas que debería ofrecer.

Cualquiera, niño, joven o adulto, que haya tenido la oportunidad de desarrollar de manera auténtica (esto es, autónoma) una investigación, por pequeña que haya sido, podrá darse cuenta de que esta actividad produce en quien la sigue una gran satisfacción, y estimula a conocer más, a seguir profundizando en lo investigado, como no puede hacerlo ninguna otra actividad escolar.

Podemos precisar algunas de las características positivas de los proyectos:

- Valoran los saberes y las experiencias de los niños y niñas, puesto que es a partir de ellos y gracias a ellos que se inclinan y desarrollan las actividades indagatorias.
- A su vez, el cumplimiento de los proyectos acrecienta los saberes y experiencias infantiles.

En efecto, tratando de resolver los problemas de sus investigaciones, los niños se plantean la necesidad de saber más, lo que les estimula a la consulta de textos e impresos, a la conversación con expertos, a la discusión con docentes y compañeros, a la reflexión, a la observación, a la experimentación y a la acción práctica:



## La enseñanza por proyectos: ¿mito o reto?

- Van abriendo nuevos horizontes y planteando nuevas exigencias a los estudiantes. La respuesta a una pregunta desencadena nuevas preguntas. El logro de una habilidad mueve al niño a *subir el listón* y a proponerse alcanzar otras habilidades más exigentes.
- Acumulan energía por el interés de los niños y niñas, se autopropulsan.
- Producen en los niños y niñas la satisfacción de conducir su propio trabajo, de participar y de lograr objetivos. Ello puede ir creando espirales positivas de desarrollo cultural y afectivo-personal (Hayes, 1990).
- Exigen el dominio de importantes habilidades. Proyectos de diferente tipo fomentan aptitudes distintas, pero de manera genérica podemos mencionar: el manejo de diversas fuentes de información, la realización de planes, la autoevaluación, la participación en grupos autónomos de trabajo y la comunicación efectiva usando variados medios y lenguajes.
- Propician alcanzar actitudes y valores positivos. Entre los más importantes pueden destacarse: la responsabilidad, la reflexividad, el espíritu crítico y la rigurosidad en el trabajo.
- Estimulan a los niños a hacerse preguntas sobre el mundo en que viven, sin tomarlo como algo ya conocido.
- Propician el fortalecimiento de capacidades metacognitivas: capacidades de guiar, regular y favorecer los propios procesos de aprendizaje.
- Fomentan el aprendizaje cooperativo, con sus beneficios en términos cognitivos, socio-afectivos y morales (Fernández y Melero, 1995).
- Permiten el compromiso físico de los niños y niñas, vinculado a la acción intelectual: exigen manipulaciones, movimientos, desplazamientos variados y significativamente controlados por los propios estudiantes, quienes encuentran así la oportunidad de manifestarse corporalmente en la escuela, disfrutando de las posibilidades de su cuerpo y aprendiendo a dominarlo mejor (Alfieri, 1984; LaCueva, 1990).
- Estimulan la creatividad. Conviene tener presente que la creatividad no se manifiesta sólo en la clase de arte o en la hora de *escritura*

*creativa*. Está presente también en las investigaciones científicas, tecnológicas o ciudadanas, que exigen crear ideas novedosas, llevar a cabo propuestas, construir hipótesis, diseñar objetos originales... La imaginación y la inventiva se despliegan en los proyectos, recibiendo después la respuesta de la realidad gracias al experimento, la prueba tecnológica o la acción social.

[...]

### ¿De dónde surgen las ideas para los proyectos?

Las ideas para los proyectos no pueden surgir de una imposición: "Para mañana, investiguen sobre el petróleo" (o sobre la contaminación de las aguas, o sobre los aviones, o sobre la circulación de la sangre...). Los proyectos-tarea, hechos sin interés, por cumplir una obligación, son la antítesis de los verdaderos proyectos.

Por otro lado, no basta con decir que se puede investigar "sobre lo que ustedes quieran". Esta invitación tan laxa deja a los niños sin apoyos y sin herramientas, en un contexto social y escolar que mayoritariamente no los ha estimulado a la indagación.

Los estudiantes requieren un ambiente y ayuda para poder iniciar y consolidar el trabajo por proyectos: la escuela está llamada a ampliar las vivencias infantiles y a presentar a los niños nuevos retos, impulsándolos a que empiecen a hacerse más preguntas y a que tengan de esta manera *material* de donde plantearse proyectos. Los intereses de los niños no han de tomarse como algo dado, que la escuela debe sólo aceptar. Es obligación de la institución escolar contribuir a acrecentar y a diversificar los intereses infantiles, gracias a las experiencias que proponga y a los recursos que acerque al alcance de sus manos. Recordemos que más allá del aula los niños no viven *espontáneamente*, sino que sobre ellos actúan, no siempre de manera positiva, diversos factores y ámbitos sociales: la televisión, el barrio, la familia...

De la escuela de la rutina y de la copia no pueden surgir ideas ni inquietudes. La escuela como medio ambiente rico en recursos y en experiencias es la que permite y apoya las interrogantes y las indagaciones. Por eso nos parecen tan importantes las que hemos llamado *experiencias desencadenantes*: ellas ofrecen vi-



## La enseñanza de las ciencias naturales

vencias ricas que nutren la mente infantil y pueden motivar a los pequeños a plantearse preguntas. También las actividades fértiles, dentro de su mayor estructuración, son labores que pueden contribuir a despertar la curiosidad infantil sobre ciertos asuntos.

La vida de los niños fuera de la escuela es otra posible fuente de ideas para proyectos. Por ello es importante dejarla entrar en el aula, en vez de cerrarle las puertas. Entre las experiencias desencadenantes y las actividades fértiles puede haber unas orientadas a tal efecto. Por ejemplo, los textos libres, los dibujos libres, las carteleras de *Novedades* elaboradas con material que traen alumnos y maestra...

Otra buena idea en esta línea es la agenda de bolsillo del maestro italiano Mario Lodi (mencionada por Tonucci, 1990, p. 63). Este educador lleva siempre consigo una pequeña agenda donde anota temas de conversación que tienen los niños entre sí y que él alcanza a oír. Son ecos de la vida e intereses infantiles que le llegan antes de entrar al aula, en el transcurso de los trabajos de equipo o en los recesos. Lodi va tomando nota, y, después de unos días, analiza lo que tiene. Este material le sirve para conocer mejor a sus alumnos y, eventualmente, para sugerirles temas de proyectos. La experiencia *en bruto* de los niños es tomada y organizada por el educador, quien luego la devuelve a los estudiantes para que sigan trabajando a partir de ella.

La misma actividad investigativa es otra rica cantera de ideas para nuevos proyectos. Una indagación ayuda a responder ciertas preguntas pero a la vez plantea otras, y a medida que permite conocer determinados temas va develando nuevos campos culturales por explorar. Ésta es una gran diferencia entre los proyectos y los ejercicios y actividades que normalmente aparecen en muchos libros de texto: los proyectos no terminan con un final concluyente, sino que se abren a nuevas interrogantes y a nuevas posibilidades de indagación, mientras que los ejercicios de texto son generalmente cerrados y suponen llegar a una serie precisa de resultados y a conclusiones con las cuales acaba el proceso, sin ulteriores desarrollos, sin viabilidad para experiencias nuevas y sin que se abran caminos (Ciari, 1977).

Como ayuda orientadora adicional que contribuya a perfilar indagaciones infantiles, es posible ir re-

copilando sugerencias concretas de las que a menudo aparecen en libros divulgativos y en manuales para maestros de ciencias. Cuando haga falta, pueden servir para que los niños escojan entre ellas lo que quieren hacer, usándolas como un banco de posibilidades a su alcance. No serían una imposición sino un conjunto de invitaciones y de sugerencias. Incluso una propuesta de este banco puede servir como punto de partida, para luego ser considerablemente modificada por los estudiantes investigadores. El educador puede ir construyendo su banco de ideas para proyectos gracias a esas y otras fuentes y a sus propios planteamientos.

## El papel del docente

Defendemos el protagonismo de los niños en los proyectos, pero ello implica a la vez un papel muy activo del docente. El maestro tiene mucho que hacer en la clase investigativa, a pesar de que no lleva el proceso directamente.

Una de sus labores es, como hemos dicho, ayudar a los niños y niñas a ampliar su campo de intereses, proponiéndoles nuevas vivencias y alentándolos en el uso de nuevos recursos. Es importante también que oriente a los estudiantes hacia una mayor profundización de sus inquietudes.

Adicionalmente debe ayudar a perfilar los temas de investigación entre los muchos asuntos que los estudiantes pueden plantear. En ocasiones, los alumnos exponen temas demasiado amplios, cuyo desarrollo llevaría a la frustración. Otras veces, por el contrario, las materias son muy concretas y hay que abrirlas un poco. A partir de los asuntos que los alumnos traigan a colación, conviene canalizar sus proyectos hacia aquéllos más *promisorios*, para que el docente sepa que pueden llevar nuevos y valiosos conocimientos o a la adquisición de importantes habilidades. Así lo señala Ciari (1981), quien destaca también como un criterio relevante la *continuidad*: son positivas las investigaciones que pueden vincularse a algo que ya se ha hecho antes y que representan un desarrollo de lo anterior, basándose en lo alcanzado para seguir adelante. El mismo autor destaca otros dos criterios dignos de tenerse en cuenta: por una parte, el de lo *esencial*, lo que no puede ser igno-



## La enseñanza por proyectos: ¿mito o reto?

rado so pena de una visión limitada del mundo y, por otra, el de lo *típico*, lo que debe conocerse por común y preponderante.

Otro momento importante del trabajo del docente ocurre cuando las niñas y niños están realizando el plan de su proyecto de investigación. En esta fase, compete a la maestra o al maestro revisar los planes infantiles y colaborar para que sean suficientemente realistas y específicos. Como hemos dicho, debe evitarse el peligro de imponer pasos que los estudiantes no han llegado todavía a necesitar, en la búsqueda por parte del educador de una sistematización prematura o de una exhaustividad demasiado temprana. Sería el caso, por ejemplo, cuando se exige a los alumnos que planteen hipótesis o controlen variables de manera forzada, sin haber empezado primero por el tanteo experimental abierto. Es importante acompañar y apuntalar el proceso de los alumnos para irlo haciendo cada vez más completo y riguroso, pero sin que los niños y niñas dejen de considerarlo suyo.

Posteriormente, y a lo largo de la investigación, la educadora o el educador han de velar por el adecuado cumplimiento de las actividades, conversando con los niños investigadores y ayudándolos a que ellos mismos vayan haciéndole el seguimiento a su trabajo. Para concluir, el docente debe alentar a los muchachos a que realicen una buena comunicación del resultado de su labor y contribuir a que reciban útil realimentación sobre la misma.

En el transcurso del trabajo la intervención del educador ha de incitar a los niños a profundizar en sus reflexiones, a pensar de manera más detenida y compleja y a relacionar más. Asimismo, sus explicaciones, más o menos extensas, pueden ofrecer saberes valiosos para el trabajo infantil.

Uno de los principales aportes del educador es el de crear en el aula un clima cálido, de apoyo y aliento a la investigación estudiantil. Investigar implica emprender nuevos caminos, no siempre exitosos, implica equivocarse y volver a empezar, implica llegar en ocasiones a calles sin salida. Repetir lo que hay en el libro no implica riesgo, mientras que buscar cosas nuevas sí. Los alumnos no podrán ser inquietos investigadores si en la clase se castiga el error con acciones que pueden ir desde la burla hasta el punto menos. Tampoco se animarán a realizar indagacio-

nes si de múltiples maneras se les hace ver lo poco que saben y lo torpes que son. La investigación infantil, para prosperar, necesita un ambiente de confianza y apoyo, de comprensión ante los traspies y de reconocimiento de los logros.

Puede apreciarse cómo el educador debe prepararse cada vez más para actuar en la clase investigativa, no sólo desde el punto de vista pedagógico sino también en el dominio de los temas científicos y tecnológicos. No se trata, desde luego, de que deba *saberlo todo* para cada proyecto infantil: allí está el aporte de los libros, de los videos, de los expertos, de la prensa... Pero sí es importante que las profesoras y profesores acrecienten año con año su dominio de los temas de la ciencia y la tecnología, gracias a las lecturas, cursos, seminarios y otras fuentes de formación. El educador debe tener el conocimiento básico que le permita apoyar el trabajo infantil y orientar las adicionales búsquedas de información.

[...]

### La prisa como enemiga

La actividad investigadora infantil necesita tiempo suficiente para poder desarrollarse de manera auténtica. Desconfiamos de los proyectos *de hoy para mañana*, que se plantean y se realizan aceleradamente. La escuela tradicional hace todo de manera muy rápida. En apariencia cumple con las labores, pero si examinamos más a fondo descubrimos que, con frecuencia, los productos son de poca calidad y el trabajo apenas araña la superficie del tema estudiado.

La investigación infantil requiere tiempo: tiempo para escoger el problema, para diseñar el plan de trabajo, para reformularlo si es necesario, para desarrollar lo planificado (con sus rectificaciones, sus idas y venidas, sus calles sin salida), y tiempo para la comunicación de resultados. Apurar el proceso guiando en exceso a los niños resulta contraproducente.

Los proyectos exigen tiempo, y mucho tiempo se puede consumir para resultados que a lo mejor se ven pequeños. Pero es que los proyectos son como *icebergs*: lo que se ve a primera vista es apenas una parte muy pequeña de todo lo logrado. En efecto, el esfuerzo de los muchachos y muchachas en todos los procesos donde se ven involucrados a lo largo de la



## La enseñanza de las ciencias naturales

investigación implica muchas ganancias, más allá de lo observable en el estricto producto final. Docentes acostumbrados a la velocidad de las clases tradicionales, en las cuales un tema se ve en dos horas, pueden encontrar preocupante la lentitud del trabajo. Pero deben considerar que la verdadera formación, aquella que involucra a fondo a los estudiantes y pone en tensión todas sus capacidades, aquella que llega a valiosos avances en muy diversas facetas, es una tarea compleja y prolongada.

El horario tradicional de clase, con sus cortos lapsos compartimentalizados para asignaturas diversas, no favorece el trabajo por proyectos. Conviene dedicarle espacios más grandes de tiempo: una mañana o una tarde completas una o dos veces por semana. De esta manera, los niños pueden trabajar con tranquilidad en tareas que exigen concentración y dedicación, que no son posibles de resolver en 45 minutos. Para los proyectos más complejos puede ser provechoso dedicar adicionalmente lapsos intensivos de labor de dos o tres días seguidos. Recordemos que este tiempo no se "pierde" puesto que gracias a él pueden lograrse aprendizajes de calidad en diversas áreas.

### Bibliografía

- Acevedo Díaz, J. A., "La tecnología en las relaciones CTS. Una aproximación al tema", en *Enseñanza de las Ciencias*, 14(1), 1996, pp. 35-44.
- Aikenhead, Glen S., "Towards a First Nations Cross-Cultural Science and Technology Curriculum for Economic Development, Environmental Responsibility and Cultural Survival", Ponencia presentada en el Octavo Simposio de la International Organization of Science and Technology Education (IOSTE), Alberta, Canadá, Edmonton, agosto de 1996, pp. 17-22.
- Aitken, John y George Mills, *Tecnología creativa*, Madrid, MEC-Morata, 1994.
- Alfieri, Fiorenzo et al., "A la escuela con el cuerpo", en *Cuadernos de Educación*, núm. 113-114, Caracas, Laboratorio Educativo, 1984.
- Ciari, Bruno, *Modos de enseñar*, Barcelona, Avance, 1997.
- , *Nuevas técnicas didácticas*, Barcelona, Reforma de la Escuela, 1981.
- Claxton, Guy, *Educación de mentes curiosas. El reto de la ciencia en la escuela*, Madrid, Visor, 1994 (Aprendizaje).
- Driver, Rosalind, Edith Guesne y Andrée Tiberghien, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid, MEC/Morata, 1989.
- Fensham, P. J., "Changing to a Science, Society and Technology Approach", en Lewis y Kelly, 1987, pp. 67-80.
- Fernández Berrocal, Pablo y María Ángeles Melero Zabal (Comps.), *La interacción social en contextos educativos*, Madrid, Siglo XXI, 1995.
- Freinet, Célestin, *Técnicas Freinet de la Escuela Moderna*, 6ª ed., México, Siglo XXI, 1975.
- , "Por una escuela del pueblo", en *Cuadernos de Educación*, núm. 49-50, Caracas, Laboratorio Educativo, 1977.
- Gethins, Elaine, "Los procesos de escritura en el trabajo por tópicos", en Tann, 1990, pp. 90-102.
- Gimeno Sacristán, José y Ángel I. Pérez Gómez, *Comprender y transformar la enseñanza*, Madrid, Morata, 1992.
- Giordan, André, *La enseñanza de las ciencias*, 2ª edición, Madrid, Siglo XXI, 1985.
- Harlen, Wynne, *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*, Madrid, MEC-Morata, 1989.
- Hayes, Robert, "Promoción de la inventiva de los niños pequeños", en Tann, 1990, pp. 112-122.
- Hierrezuelo, J. y A. Montero, *La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la física y la química*, Sevilla, Díada, 1991.
- Hurd, Paul de Hart, "Biology for life and living: perspectives for the 1980s", en Hickman, Faith M. y Jane B. Kahle (Eds.), *New Directions in Biology Teaching*, Reston, Virginia, National Association of Biology Teachers, 1982.
- ICEM-Cannes, "Un modelo de educación popular", en *Cuadernos de Educación*, núms. 71-72, Caracas, Laboratorio Educativo, 1980.
- LaCueva, Aurora, "Recursos para el aprendizaje y desescolarización en la escuela básica", en *Cuadernos de Educación*, núm. 132, Caracas, Laboratorio Educativo, 1985.



..... **La enseñanza por proyectos: ¿mito o reto?**

- , “El cuerpo del niño en la escuela”, en *Revista de Pedagogía*, XI (21), 1990, pp. 9-14.
- , “Las Ciencias Naturales en la Escuela Básica”, en *Procesos Educativos*, núm. 10, Caracas, Fe y Alegría, 1996.
- , “Por una didáctica a favor del niño”, en *Cuadernos de Educación*, núm. 145, 2ª ed., Caracas, Laboratorio Educativo, 1997a.
- , “Retos y propuestas para una didáctica contextualizada y crítica”, en *Educación y Pedagogía*, IX (18), 1997, pp. 39-82.
- Lewis, J. L. y P. J. Kelly, *Science and Technology Education and Future Human Needs*, vol I, Colección del mismo nombre, Oxford, Pergamon Press, 1987.
- Rico Vercher, Manuel, “Educación ambiental: diseño curricular”, serie *Educación y Futuro*, Monografías para la Reforma, núm. 15, Barcelona, Cincel, 1990.
- Tann, C. Sarah, *Diseño y desarrollo de unidades didácticas en la escuela primaria*, Madrid, MEC-Morata, 1990.
- Tonucci, Francisco, *La escuela como investigación*, 4ª ed. ampliada, Barcelona, Reforma de la Escuela, 1979.
- , *¿Enseñar o aprender?*, Barcelona, Graó, 1990 (Biblioteca del maestro, serie Alternativas).
- Waddington, D. J. (Ed.). “Education Industry and Technology”, en *Science and Technology Education and Future Human Needs*, vol. 3, Oxford, Pergamon Press, 1987.







**La enseñanza de las Ciencias Naturales  
en la escuela primaria. Lecturas**  
se imprimió por encargo de la Comisión Nacional  
de Libros de Texto Gratuitos,  
en los talleres de  
con domicilio en  
el mes de        de 2001.  
El tiraje fue de        ejemplares  
más sobrantes de reposición.



