

ANTOLOGÍA BÁSICA

EL NIÑO, LA ESCUELA Y LA NATURALEZA

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN

PLAN 94

INDICE

	pág.
PRESENTACION	4
UNIDAD II. ¿PONEN LAS ESTRELLAS SOLO DE NOCHE?.....	5
Dimensiones conceptuales de la idea de concepción personal (A. Giordan y G. de Vecchi)	6 - 7
Construir el conocimiento escolar: la investigación de alumnos y alumnas en interacción con el medio (R. Porlán) ...	10 - 2
Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias (R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien)	17 -
Metodología (A. Giordan y G. de Vecchi)	24 - 1
UNIDAD III. PRINCIPIOS, PLANES, ESTRATEGIAS Y TACTICAS	34
¿Qué es la educación ambiental? (L. Bojórquez Castro)	35 - 2
Principios metodológicos básicos" (L. Bojórquez Castro)	37 - 6
Comentarios de un maestro sobre una visita con sus alumnos al mercado (Hernández, Javier)	43 -
Comentarios sobre una clase de ciencias naturales: la reproducción de las plantas (N. Venegas)	45 - 10
Algunas características de la ideas de los niños y sus implicaciones en la enseñanza (R. Driver y otros)	55 - 8
Fuerzas y pesos en cuarto curso elemental (M. Arcá, P. Guidoni y P. Mazzoli)	63 - 10
Introducción (M. Benlloch)	73 - 18
¡Poca cosa queda dentro! (M. Benlloch)	91 - 18
UNIDAD IV. "LOS DATILES SECOS PROVOCAN JAQUECAS, PERO EL PLACER DE UN DATIL REGOCIJA EL CORAZON".....	109
Cultura, ciencia y desarrollo (A. Azuela).....	110 - 7
Así pues, la ciencia es mucho más semejante al mito de lo que cualquier filosofía científica está dispuesta a reconocer. (P. Feyerabend)	119 - 9
La aventura técnica (D. de Rougemont)	128 - 23

Agricultura (S. Morley)	141 - 14
La enseñanza de la ciencia: ¿mito o realidad? (A. Giordan) ..	155 - 5
Educación científica y estilos de enseñanza (M. Arcà)	160 - 41
Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico (D. Gil Pérez)	164 - 14

PRESENTACION

Los textos que componen esta Antología Básica mantienen entre sí una vinculación estrecha, ya que permiten al profesor-alumno la construcción de un marco referencial congruente con la línea conceptual del curso.

La lectura de los textos de la Unidad II (André Giordan y Gerard de Vecchi, Rafael Forlán y Rosalinde Driver) ofrecen diversos puntos de vista sobre lo que significa "concepción personal" a partir de diferentes niveles de análisis. De igual manera, los textos de la Unidad III (SEP, Hernández, Driver, Arca y Venegas) brindan elementos para desenmarañar las cabezas con las que el profesor-alumno trabaja, como son: la intervención de la percepción en la construcción de aprendizajes significativos, experiencias en el aula a propósito de la enseñanza de la ciencia, etc. Elementos a partir de los cuales se propone una metodología para acercar a los niños al conocimiento de la naturaleza. Los textos incluidos en la Unidad IV permiten abordar las relaciones que se establecen entre la ciencia, la cultura y la "realidad", y cómo se manifiestan estas relaciones en el aula, de modo específico en la enseñanza de la ciencia en la escuela.

Se espera que la realización de estas lecturas, la efectuar de las actividades de la Guía del Estudiante y la reflexión personal de los profesores-alumnos, contribuyan no sólo al mejoramiento de la enseñanza de la ciencia en la escuela, sino al fomento de una actitud crítica frente a los productos de la ciencia y de otras formas de conocimiento de la naturaleza, así como a la revaloración de formas no cognitivas de relación con la naturaleza en los profesores-alumnos.

UNIDAD II. ¿PONEN LAS ESTRELLAS SOLO DE NOCHE?

Los textos propuestos para esta unidad abordan distintos puntos de vista acerca de las concepciones de los niños sobre el medio natural y la importancia de considerar estas concepciones en la enseñanza.

3.3. Dimensiones conceptuales de la idea de "concepción personal"

(. . .) El término más empleado para traducir esta idea es el de "representación". Es necesario precisar ante todo que éste es, como poco, ambiguo. Tiene diferentes connotaciones según las escuelas que lo utilicen, tanto en psicología (genética, social, experimental o diferencial), filología, lingüística, etnología y filosofía, como en pedagogía o en didáctica. Hemos encontrado 28 calificativos que van desde "representaciones previas remanentes" a "requisitos previos", y 27 sinónimos desde "dejà-là" ("ya ahí", como traducción literal, queriendo significar algo que el individuo ya posee. N. de T.) a "paradigmas personales de los alumnos" (en el original, "pupil's paradigmes". N. de T.), sin que añadan mayor precisión.

Esta variedad de términos hace que éste sea un concepto "vago", de definición imprecisa, por no decir sencillamente que es una palabra enmascaradora, semejante a las que denunciábamos cuando eran utilizadas por los alumnos en el marco de la enseñanza científica. Hoy, faltos de una definición común o de poder referirnos a una teoría general del aprendizaje, es deseable, para avanzar, sugerir la utilización de un concepto operatorio, especie de red cuyas mallas permitan filtrar los hechos didácticos en nuestro poder.

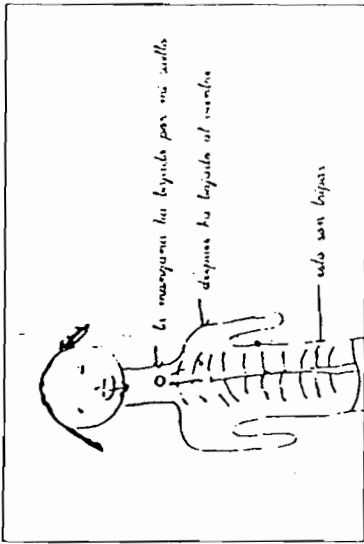
Así, preferimos, por razones de claridad, frente al término "representación", el de "concepción" o "constructo". El primero enfatiza el hecho de que se trata, en un primer nivel, de un conjunto de ideas coordinadas e imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por las personas que aprenden para razonar frente a situaciones-problema, y sobre todo evidencia la idea de que este conjunto traduce una estructura mental subyacente responsable de estas manifestaciones contextuales.

En cuanto al segundo, da valor a la idea, esencial desde nuestro punto de vista, de elemento motor en la construcción de un saber, permitiendo incluso las transformaciones necesarias.

Pero más que intentar dar otra definición de este nuevo concepto, vamos a intentar enunciar algunas ideas que permitan clarificarlo.

1ª *Una concepción se corresponde con una estructura subyacente.*

A la pregunta "¿en qué se convierte la manzana que te has comido?", Catherine responde produciendo el siguiente documento:



Catherine quiere expresar la idea de progresión del alimento que atraviesa el cuerpo. Ha estudiado antes el esqueleto; parece que la columna vertebral se ha asimilado a un "tubo digestivo" y algunas costillas a "tripas" (confirmado por una entrevista posterior).

¿Dónde está la concepción? Catherine, que necesita interpretar el camino del alimento, utiliza los órganos que conoce; para ella, un órgano no se define en relación a su función; no está adaptado, no hay relación entre estructura y función, sólo la localización es lo importante. Lo que ha escrito y dibujado esta alumna no es sino la emergencia de una representación; la concepción propiamente dicha corresponde a una estructura subyacente; emergencia y concepción propiamente dicha no deben ser confundidas.⁽⁴⁷⁾

Incluso en una afirmación de este tipo: "No me gusta el cordero, sabe a la hierba que come" se sobreentiende lo difícil que es, para quien lo dice, concebir que la hierba pueda transformarse en carne (conceptos de reacción química y asimilación no construidos)(48).

(48) Las características que presentamos previamente deben distinguirse, por motivos pragmáticos, de los conceptos propiamente dichos. Existen, entre estos diferentes niveles, tipos de discontinuidades, traducibles en emergencias o en obstáculos, según el punto de vista con que se les examine. En resumen, esto quiere decir que la apropiación del saber se hace (volvemos sobre ello en el capítulo siguiente) no por el simple paso de una a otra concepción, sino bajo la forma de oscilaciones y alternancias, a través de cierto número de rupturas que reorganizan las representaciones individuales.

Así, desde la primera observación, se ve que existe el riesgo de que nazcan, y sobre todo de que se mantengan, cierto número de malentendidos. Las concepciones no son pues sólo un "producto", una producción: se corresponden en primer lugar con un "proceso" que se desprende de una actividad elaboradora. Dependen de un sistema subyacente que constituye su marco de significación.

Examinemos por ejemplo lo que puede representar el movimiento para alumnos de 16 años, como ejemplifica este cuadro adjunto(49):

1.	EL MOVIMIENTO ES
	- el hecho de "moverse", "animarse", "agitarse".
2.	UN OBJETO ESTA INMOVIL CUANDO
	- "no se mueve", "no se agita", "está inanimado".
	- su aspecto no cambia o no "se le ve desplazarse".
	- es inactivo, pasivo y no hace nada.
	- no recibe ninguna influencia del exterior o del interior o ninguna fuerza actúa sobre él.
3.	UN OBJETO ESTA EN MOVIMIENTO CUANDO
	- "se mueve", "se agita", "se anima".
	- "cambia de aspecto".
	- muestra un signo de actividad, está activo.
	- se desplaza a causa de un elemento natural, material o humano o una fuerza que actúa sobre él.

Podemos así evidenciar algunos tipos de enunciados frecuentes en los alumnos. Pero lo importante de la concepción no es lo que se expresa directamente, es lo que podemos inferir sobre el funcionamiento mental del que aprende. Este moviliza ciertas nociones o esquemas, en el transcurso de la actividad representativa, a partir de los cuales podemos inferir una concepción y podemos explicitarla mediante contraposiciones:

MOVIMIENTO	DIFERENCIAS	REPOSO
moverse, correr, levantarse		no moverse, dormir, estar sin conocimiento
hacer algo		no hacer nada
atributo de los seres vivos		no da ningún signo de vida
acción, proceso, transformación activa		estado, resultado, estabilidad pasiva
presencia de esfuerzo		ausencia de esfuerzo
puede tener diferentes velocidades		sin velocidades diferentes
menos gravedad		sin gravedad
desplazamiento		ausencia de desplazamiento
		ningún cuerpo está en reposo, pues la Tierra gira alrededor

(49) B. VUILLIUMIER, Conceptions d'élèves à propos du mouvement (hypothèses pour études ultérieures), Documente interno I.D.E.S., Universidad de Ginebra.

Vemos ahora mejor lo que piensan de modo intuitivo estos alumnos(50):

- movimiento y percepción están íntimamente ligados.
- piensan en primer lugar en los seres vivos cuando se habla de movimiento y utilizan los verbos moverse, agitarse, animarse, para definirlo.
- consideran el movimiento como una actividad que precisa de esfuerzo y el reposo como una actividad pasiva.
- están persuadidos de que si no actúa ninguna fuerza sobre un objeto, éste se encuentra inmóvil, y de que es necesaria una fuerza resultante para que éste se mueva.
- consideran a la Tierra como inmóvil.

Cuando en realidad:

- la visión no basta para establecer la inmovilidad o el movimiento.
- los seres vivos no son los únicos que se mueven.
- el hecho de ser pasivos o activos no tiene nada que ver, generalmente, con el reposo o el movimiento.
- un objeto puede estar en movimiento sin que ninguna fuerza resultante actúe sobre él e inmóvil existiendo fuerzas que actúan sobre él.
- la Tierra gira sobre ella misma y alrededor del Sol.

2º Una concepción es un modelo explicativo.

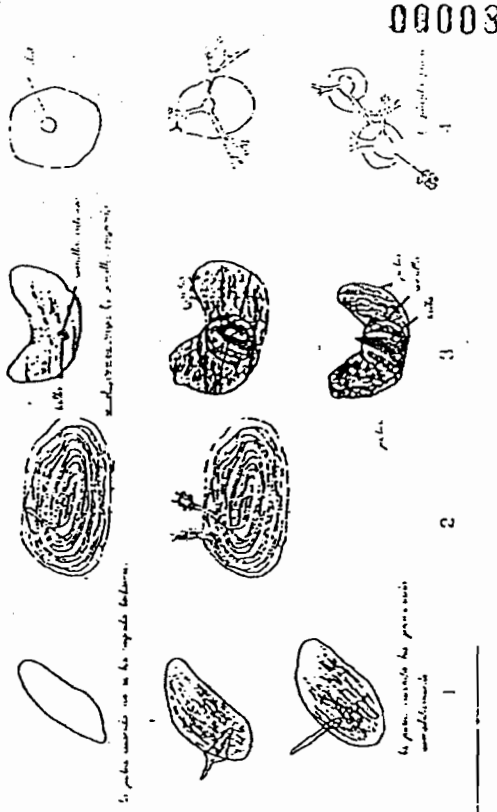
Algunos niños ven el tubo digestivo como un conjunto de tubos (y bolsas) del tipo de "cámaras de fontanero". En efecto, los tubos están vacíos, los alimentos "caen", "pueden taponarse", los alimentos no pueden descender más que hacia abajo... Una representación es, pues, un modelo explicativo organizado, sencillo, lógico, utilizado a menudo por analogía. Los niños poseen cierto número de modelos de este tipo con los que intentan interpretar su medio.

Una concepción se actualiza siempre por la situación vivida, por las preguntas planteadas... Puede depender de la secuencia pedagógica en marcha, del contexto en el que emerge (por ejemplo, en relación con la sexualidad, no se emplean las mismas palabras en clase, en casa, en el patio de recreo o en la calle, y todos sabemos de que forma los términos utilizados en este campo tienen connotaciones ideológicas y afectivas...) Se trata en efecto de movilizar lo que se sabe y

(50) De hecho se encuentran estas concepciones generalizadas en la población: Vemos todos los días numerosos seres vivientes en movimiento, activos. Cuando nos desplazamos a pie, montamos bicicletas, hacemos un esfuerzo. Por el contrario, cuando estamos sentados, estamos pasivos y no realizamos ningún esfuerzo. Cuando queremos desplazar un objeto, debemos empujarlo, tirar de él o levantarlo, es decir, ejercer una fuerza sobre él. No percibimos el movimiento de la Tierra.

adaptarlo a la situación que se vive(51). Gran parte de los primeros modelos explicativos en biología son antropomórficos: si un animal carnívoro, por ejemplo come carne, es porque "prefiere" la carne a las verduras... como nosotros preferimos un filete a las espinacas; por lo tanto podemos obligarlo a comer otros alimentos". Un niño que habla de un animal "carnívoro" puede no haber integrado el concepto de régimen alimenticio. Esta noción, y la concepción antropomórfica precedente, pueden incluso caminar paralelamente sin llegar a reunirse jamás. Nos encontramos en este ejemplo con las representaciones subyacentes citadas con anterioridad: no hay relación entre estructura y función, no hay idea de adaptación (confusión entre obligación, necesidad, aptencia).

Del mismo modo, en relación a las semillas de las plantas, nos podemos encontrar, como ejemplifican los esquemas adjuntos, cuatro tipos de desarrollo que se corresponden con otras tantas formas fundamentales de razonamiento. Los primeros, "espontaneístas", hacen proceder la planta de una especie de generación espontánea. Los segundos, "preformulistas", la hacen existir previamente bajo una forma definitiva. Los terceros, "puntuualistas", postulan que la planta procede de un elemento inicial que posee una gran potencialidad (traducida por palabras con gran carga: gérmen interior, célula, molécula). Los cuartos, "sexualistas", hacen intervenir un acoplamiento: "las raíces de la semilla Mamá se entrelazan con las de la semilla Papá".



(51) Este punto debe tenerse en cuenta de manera muy formal, sobre todo a nivel metodológico: la situación de interrogatorio puede provocar artefactos (que se pueden detectar muy fácilmente en el caso de entrevistas de tipo clínico).

Por detrás se perfilan sin embargo las verdaderas preguntas que inducen estas producciones (no siempre implícitas para los niños o los adultos a los que hemos preguntado) -¿cómo produce estructuras la materia inerte?, ¿cómo evolucionan las estructuras?, etc... - o incluso mecanismos conocidos por su eficacia en otros contextos (aparición de protozoos en un medio, acoplamiento, etc. . .), así como ideas sobre lo vivo y sus propiedades.

De hecho, constatamos que, frente a una situación, el alumno pone en marcha un verdadero proceso que incorpora toda una serie de elementos:

- ideas, habilidades intelectuales;
 - modos de razonar;
 - sistemas de decodificación de una situación (incluida la forma de preguntar);
 - sistemas simbólicos de respuesta.
- Este conjunto coordinado le permitirá dar una respuesta explicativa -la más coherente con respecto a este contexto- o, en otras condiciones, razonar para resolver un problema, realizar una predicción, o tomar una decisión.

En otros términos, diremos, pues, que existe "concepción", o incluso actividad de conceptualización, cuando un objeto o cuando los elementos de una serie de objetos, se encuentran expresados, figurados y traducidos bajo la forma de un nuevo conjunto de elementos, y cuando se establece una correspondencia directa entre los elementos de partida y la estructura que le ha dado un sentido, es decir, la red semántica(52). Esta correspondencia se traduce en concreto por las relaciones que unen entre ellos a los elementos que son objeto de la representación. Esto se manifiesta sobre todo en los procedimientos figurativos de representación como el dibujo, el esquema, etc. . . , pero es también cierto para las formas gráficas que pueden tomar ciertas concepciones. La red semántica da, pues, la medida de lo que una persona puede integrar en un campo dado.

Esta idea fundamental de red semántica está siempre equilibrada por otra no igualmente crítica, la de operación, es decir de transformación aplicada a través del proceso de estructuración del conocimiento. Existe, en efecto, un cambio que hace que la naturaleza de los productos o de los procesos de conceptualización sea cualitativamente distinta de la de los objetos de salida. Esta actividad es el resultado de actividades de codificación, mediante las cuales una información de determinada naturaleza es puesta en relación con otras y expresada bajo una nueva forma. La codificación puesta en marcha, aunque llegue a representar una nueva forma, se manifiesta siempre por una cierta pérdida de información, lo que es propio de todos los procesos de abstracción.

De hecho, una concepción puede evolucionar al tiempo que se construye el

(52) Hay que señalar que, muy a menudo, el alumno no es consciente de esta ligazón. Del mismo modo, en numerosas ocasiones, el sujeto no tiene una respuesta para un problema que se le ha planteado. Estas "respuestas sin respuestas", o afirmaciones paralelas, podrían, sin embargo, ser utilizadas con objeto de hacerle tomar conciencia del estado de inmadurez de su concepción y de su marco de referencia.

conocimiento. Hablamos de "evolución" y no de "destrucción": una explicación clara y detallada (para el formador) rara vez acaba con una representación falsa. Así mismo, hemos escrito "se construye" y no "es proporcionada a la persona"; en efecto, a esta debe proporcionarse una situación en la que se apropie del saber "descortezándolo", elaborando personalmente relaciones entre los diferentes conocimientos puntuales, aunque deba ayudarse en esta labor. Volvemos a hablar más tarde sobre este importante problema(53). Reiteramos que las concepciones pueden evolucionar, a través de las etapas de desarrollo mental, hacia una conceptualización más avanzada, lo que se traduce a menudo, bien por una complejidad creciente de la argumentación, bien por un cambio de preocupación.

3º Las concepciones tienen una génesis del tiempo individual y social.

Por concepción entendemos un proceso personal, por el cual un individuo estructura su saber a medida que integra los conocimientos. Este saber se elabora en la gran mayoría de los casos, durante un período bastante amplio de la vida, a partir de su arqueología, es decir, de la acción cultural parental, de la práctica social de niño en la escuela, de la influencia de los diversos medios de comunicación y, más tarde, de la actividad profesional y social de adulto (club, familia, asociación, etc. . .).

Los niños y adolescentes, si bien no tienen práctica profesional como sus mayores, tienen sin embargo la experiencia de su medio social. Ciertos trabajos han mostrado de forma notable cómo los alumnos poseen un conocimiento cierto de la economía doméstica (consumo familiar) y que los adolescentes son capaces de hablar de economía aunque sus discursos aparezcan fuertemente influidos por valores y nociones sociales(54). Petit(55) señala que es lógico pensar que los hijos de los agricultores no serán, por lo general, "analfabetos" en los distintos campos del conocimiento abordados con ellos en la enseñanza agrícola. Más que otras categorías sociales quizás, habrán adquirido un conjunto de saberes prácticos (intelectuales, afectivos, gestuales) por observación o imitación de los padres o del medio social inmediato y por su propia práctica sobre la explotación agrícola familiar. Pero entran también en liza otros elementos, como las percepciones directas de los fenómenos naturales (se ve "levantarse" y "ponerse" al sol, el jabón resbala, el agua y el aceite se separan en dos capas superpuestas...) así como el conjunto de procedimientos empíricos aplicados a diferentes actividades (por ejemplo el bricolaje). A esto se añaden por último las informaciones transmitidas por los medios de divulgación científica que, aunque exactas, se encuentran muy frecuentemente separadas de su contexto, siendo, por lo tanto, muy difíciles de asimilar(56). Estos elementos, desconectados de la situación que los ha aportado, van a servir como base para la elaboración de nuevos sistemas explicativos que serán utilizados por la persona, como soporte de sus conductas y como instrumentos de análisis del medio ambiente.

(53) Desearíamos desembarazar a la idea de construcción de sus connotaciones, aún excesivamente behavioristas, de acumulación de saber "adritillo a adritillo"; en este tipo de construcción existen, de hecho, en diferentes niveles, reconstrucciones totales, encontrándose los antiguos elementos relacionados en otros sistemas, al ser el punto de enfoque diferente en sí mismo.

(54) J. M. ALBERTINI, A. SILLIEM, L'information économique, *Le courrier du CNRS*, Julio de 1977.

(55) P. PETIT, Représentation et formation scientifique et technique, *Bulletin INRAP N°60*, 1964.

CONSTRUIR EL CONOCIMIENTO ESCOLAR. la investigación de alumnos y alumnas en interacción con el medio.

El conocimiento personal de los alumnos como referente continuo del conocimiento escolar

Al hablar del conocimiento escolar tendemos, con frecuencia, a pensar en términos del conocimiento con mayúsculas, es decir del conjunto de saberes socialmente organizados en disciplinas. Sin embargo, en lo que sigue, nos vamos a referir fundamentalmente a las características básicas del conocimiento personal de los alumnos. Y esto es así, porque, desde un punto de vista educativo, se trabaja desde y para el conocimiento que tienen, generan y construyen los alumnos.

Sin embargo, esta afirmación no es tan obvia como parece. De hecho, una parte importante de las actividades educativas escolares y extra-escolares funcionan ignorando el conocimiento personal; bien porque se pretende, en la mayoría de los casos, enseñar directamente los contenidos disciplinares, bien porque se busca que el sujeto descubra e incorpore espontáneamente los conocimientos que están en la realidad. Todo ello, como si la mente del que aprende fuera un contenedor vacío que discrecionalmente podemos rellenar.

No es ésta nuestra posición. Si enfatizamos desde el principio el conocimiento personal es porque estamos indicando con ello que enseñar es favorecer que los alumnos y alumnas, individual y grupalmente, tomen el control y la responsabilidad de su propio conocimiento, de la evolución del mismo y de su relación con la toma de decisiones prácticas en el aula.

En este sentido, recordaremos en lo que sigue, algunas de las características básicas del conocimiento personal:

1. *El conocimiento cotidiano y personal, al igual que todo conocimiento, está guiado por el interés*

No hay conocimiento sin interés, ni interés que no esté vinculado a determinados conocimientos (Habermas, 1968). La curiosidad natural de los seres humanos, el sentido adaptativo de la búsqueda, la capacidad de reconocer

CONSTRUIR EL CONOCIMIENTO ESCOLAR. la investigación de alumnos y alumnas en interacción con el medio.

El conocimiento personal de los alumnos como referente continuo del conocimiento escolar

Al hablar del conocimiento escolar tendemos, con frecuencia, a pensar en términos del conocimiento con mayúsculas, es decir del conjunto de saberes socialmente organizados en disciplinas. Sin embargo, en lo que sigue, nos vamos a referir fundamentalmente a las características básicas del conocimiento personal de los alumnos. Y esto es así, porque, *desde un punto de vista educativo, se trabaja desde y para el conocimiento que tienen, generan y construyen los alumnos.*

Sin embargo, esta afirmación no es tan obvia como parece. De hecho, una parte importante de las actividades educativas escolares y extra-escolares funcionan ignorando el conocimiento personal; bien porque se pretende, en la mayoría de los casos, enseñar directamente los contenidos disciplinares, bien porque se busca que el sujeto descubra e incorpore espontáneamente los conocimientos que están en la realidad. Todo ello, como si la mente del que aprende fuera un contenedor vacío que discrecionalmente podemos rellenar.

No es ésta nuestra posición. Si enfatizamos desde el principio el conocimiento personal es porque estamos indicando con ello que enseñar es favorecer que los alumnos y alumnas, individual y grupalmente, tomen el control y la responsabilidad de su propio conocimiento, de la evolución del mismo y de su relación con la toma de decisiones prácticas en el aula.

En este sentido, recordaremos en lo que sigue, algunas de las características básicas del conocimiento personal:

1. *El conocimiento cotidiano y personal, al igual que todo conocimiento, está guiado por el interés*

No hay conocimiento sin interés, ni interés que no esté vinculado a determinados conocimientos (Habermas, 1968). La curiosidad natural de los seres humanos, el sentido adaptativo de la búsqueda, la capacidad de reconocer

problemas y de elaborar estrategias creativas para abordarlos, la defensa de los lazos grupales y sociales, la búsqueda de la afectividad, la capacidad de generar y abordar conflictos, etc. son algunos aspectos relacionados con el interés.

Podrá haber intereses legítimos o ilegítimos, éticamente reprochables o aceptables, y ello siempre dependiendo de determinados juicios de valor, pero lo que parece indudable es que el interés, cualquier interés, moviliza alguna forma de conocimiento y que todo conocimiento lleva consigo algún tipo de interés. Dejaremos para más adelante las importantes repercusiones didácticas de este principio, en relación con la motivación.

2. *El conocimiento personal de los alumnos está compuesto por un sistema de significados experienciales, de diferentes grados de abstracción, con el que interpretan el medio, y con el que dirigen su comportamiento en él, según unos determinados intereses.*

El conocimiento cotidiano de los alumnos es idiosincrático, es decir, es el resultado de una interacción constructiva, aunque no siempre consciente, entre los significados personales y la experiencia. De tal manera, que el conjunto de los significados personales de cualquier alumno, su *teoría personal*, le permite sólo una determinada *visión del mundo* y, por tanto, un campo de actuación limitado y limitante. Al mismo tiempo, su experiencia está cargada de situaciones que percibe como confirmatorias de su teoría personal, pero también lo está de incongruencias y conflictos, como resultado del inevitable desajuste que se produce entre sus expectativas prácticas y los acontecimientos que realmente vive. Este desajuste provoca la emergencia de nuevos significados que interaccionarán con los preexistentes, influyendo en su evolución y reelaboración (Claxton, 1984).

Así, podemos definir el conocimiento personal de los alumnos como un sistema abierto y evolutivo de significados experienciales.

3. *Este conocimiento, no obstante, está socialmente condicionado y es un conocimiento parcialmente compartido.*

El carácter idiosincrático y personal del conocimiento cotidiano no se contradice con su naturaleza social. Cuando nuestros significados interaccionan con la experiencia no lo hacen sólo, ni fundamentalmente, en un plano físico (interacción con objetos) e individual, sino que normalmente lo hacen en contextos comunicacionales, cargados de mensajes y significados más o menos compartidos y de estereotipos sociales.

Por tanto, los desajustes entre los significados personales de los alumnos y la experiencia, lo son también con respecto a los significados explícitos o implícitos de los otros, en cuanto que son parte de dicha experiencia. De ahí que *la comunicación sea siempre un proceso incierto y relativo*. Podemos

comunicarnos, es decir, podemos compartir significados como parte de la experiencia común, pero sólo podemos hacerlo parcialmente, porque la dimensión idiosincrática de los significados personales provoca cierto nivel de *mutuos y deformaciones* en la comunicación.

La experiencia compartida, el diálogo, la reflexión colectiva, la proximidad cultural, el nivel de edad, etc., son factores que favorecen la construcción de sistemas de significados libremente compartidos. Los procesos contrarios a los enumerados, sin embargo, tienden a formas de *imposición social de significados y de denominación y alienación conceptual*.

Los intereses, como los significados, también presentan una dimensión individual y otra social. Cuando los intereses no son libremente compartidos, y con frecuencia esto ocurre en la escuela, emergen estructuras sociales de dominación, a través de las cuales se imponen unos determinados intereses y los significados que éstos generan. De tal manera esto es así que una parte importante del conocimiento personal está compuesto por estereotipos sociales interiorizados a través de nuestra experiencia social, por un proceso de ajuste entre nuestras conductas y opiniones y aquellas otras consideradas socialmente como *normales, adecuadas y correctas*.

Hasta cierto punto, este proceso es necesario para regular la convivencia social (pensemos, por ejemplo, en la renección de unos padres ante un hijo o una hija que agrede a su hermano o que golpea a un animal). Sin embargo, muchos de los significados supuestamente compartidos, no lo son como resultado de una construcción colectiva en el contexto de una convivencia entre iguales, sino que lo son en la medida en que dichos significados no cuestionan ciertas estructuras sociales y ciertas formas de relación sociedad-naturaleza. *En síntesis, podemos afirmar que la comunicación, así como la interacción social y ecológica son la matriz de todo conocimiento, pero también que estos procesos, al estar frecuentemente mediatizados por estructuras de dominación, provocan la compartición alienada de determinados significados no construidos colectivamente* (Berslein, 1990).

4. *Los sistemas de significados personales tienen una dimensión tácita e implícita y otra simbólica y explícita.*

Afirmamos con Novack y Gowln (1984) que la mayoría de los seres humanos *no saben todo lo que saben*. Como ya hemos dicho, la estructura de significados personales se manifiesta en dos planos relativamente interrelacionados (Claxton, 1984). Uno, más intuitivo, vinculado directamente a la experiencia en un nivel de abstracción primario, que incluye un conjunto de aspectos conceptuales, sensoriales y afectivos organizados en esquemas sencillos por asociaciones espacio-temporales (categorías físicas, estructura de sucesos, rutinas de actuación, etc.). Este plano representa la dimen-

sión táctica de nuestros significados personales y de gran parte de nuestro comportamiento cotidiano (*hago cosas que no quiero hacer, hago cosas que no sé por qué las hago, hago cosas sin pararme a pensar si quiero y debo hacerlas, sé cosas pero no sé expresarlas, intuyo cosas, etc.*).

Y otro, más racional, de un nivel de abstracción secundario y vinculado a nuestra capacidad lingüístico-verbal. A través del lenguaje organizamos, interpretamos y explicitamos simbólicamente nuestra experiencia. Y lo hacemos de tal manera que, durante la infancia, este nivel mantiene una estrecha relación y vinculación con el anterior, vinculación que se pierde progresivamente a medida que dicha experiencia aumenta (*creo en cosas que se contradicen con mi forma de actuar, hablo de cosas sin necesidad de conocerlas directamente, creo saber cosas pero no sé cómo llevarlas a la práctica, me planteo que debo hacer cosas que luego no hago, invento e imagino cosas, etc.*).

De tal manera esto es así, que no sólo construimos y reconstruimos nuestros significados en un diálogo interactivo con el medio natural y social, sino que también dialogamos (*reflexionamos*) con nosotros mismos para encontrar explicaciones a nuestras incongruencias, contradicciones y conflictos interiores.

Lo implícito y lo explícito de los significados personales se organiza en dos subsistemas más o menos autónomos, pero fuertemente interrelacionados, que complementan los procesos de construcción del conocimiento personal.

5. Los sistemas de significados personales se organizan en la memoria en forma de esquemas y redes semánticas de naturaleza idiosincrática.

Los sistemas de significados no se organizan por conjuntos acumulativos de conocimientos, como se podría deducir de ciertos enfoques educativos basados exclusivamente en la transmisión verbal, los significados personales, precisamente por su carácter netivo, constructivo y evolutivo, presentan una estructura organizativa basada en *esquemas de conocimiento* (Norman, 1982).

Los esquemas son estructuras semánticas relativas a un dominio determinado, formadas por núcleos de conocimientos y por interacciones entre los mismos. Los núcleos representan elementos con un significado específico (creencias, conceptos de diferente grado de amplitud, datos, experiencias sensoriales y afectivas vinculadas a hechos u objetos, habilidades y técnicas procedimentales, etc.), y las interacciones representan las relaciones significativas entre los elementos del esquema. Atendiendo al carácter más o menos tácito o explícito del esquema, el conjunto de estas relaciones pueden reflejar los significados asociados a determinados acontecimientos, procesos y fenómenos de la experiencia empírica o simbólica de

los individuos. Así mismo, pueden reflejar también la capacidad de operar mentalmente (relacionar, comparar, clasificar, analizar, sintetizar, etc.) que posee un individuo en el ámbito de dicho esquema (Giordan y De Vecchi, 1987).

Como en cualquier estructura sistémica, los esquemas tienen propiedades emergentes e idiosincráticas como consecuencia de la estructura peculiar de cada uno, pero también pueden presentarse, y de hecho presentan, niveles importantes de coincidencias al comparar esquemas de personas diferentes en dominios o ámbitos muy próximos.

Al mismo tiempo, el significado específico de cada elemento del esquema no viene dado sólo por los aspectos intrínsecos al mismo, sino también por el lugar que ocupa en el conjunto de la *malta de interacciones*. Son las relaciones entre elementos las que definen el significado de cada uno de ellos. Utilizando una analogía ecológica, podríamos decir que cada concepto concreto, o unidad de información, ocupa un determinado *niche conceptual* en el esquema.

Por otro lado, los esquemas mantienen entre sí un cierto grado de relación, los hay que podrían considerarse totalmente integrados en una *red semántica* y los hay que no mantienen con el resto ninguna conexión. En cualquier caso, el conjunto de los esquemas de conocimientos configuran una estructura compleja y tridimensional, que actúa a modo de *teoría personal* y que puede incluir zonas de mayor densidad de información (*memoria semántica*), zonas de bajo nivel de información, e incluso zonas periféricas no conectadas, constituidas por esquemas muy simples de carácter episódico y funcional (*memoria episódica*) (un número de teléfono para recordar mañana una cita, una instrucción para manejar circunstancialmente un programa de ordenador desconocido, los contenidos de un examen preparados el día anterior, etc.).

Esta estructura de esquemas más o menos relacionados entre sí constituye el conjunto de significados propios o, lo que es lo mismo, el conocimiento de una persona en un momento determinado. La manera como está organizada dicha estructura permite explicar la facilidad con que recordamos aquellos aprendizajes que han sido muy significativos en nuestra vida, ya que probablemente han respondido a nuestros intereses del momento y han supuesto la construcción de nuevos significados e interacciones, así como la facilidad con que olvidamos aquellos otros que no nos interesaron excesivamente y que probablemente generaron esquemas muy simples, de carácter funcional (una regla nemotécnica, una definición o una fórmula memorizada pero no comprendida, etc.) sin conexiones con las zonas más densas y significativas de la estructura general.

La evolución del conocimiento personal de los alumnos: un proceso individual y social de transformación de significados

Conviene recordar que estamos utilizando la acepción *conocimiento personal* en el sentido del conocimiento que construyen las personas, en este caso los alumnos, como opuesto al conocimiento socialmente organizado en disciplinas. No nos estamos refiriendo, por tanto, a una visión *individualista* del conocimiento, puesto que hemos definido el conocimiento personal como un conocimiento compartido. Nuestra preocupación, en el fondo, es obviar un análisis de carácter lógico, en el sentido de la lógica de cada disciplina, para centrarnos en un análisis didáctico del conocimiento escolar.

En el apartado anterior hemos recordado aquellos rasgos más característicos del conocimiento personal de los alumnos. En éste, haremos lo mismo en relación con la dinámica de su proceso de construcción.

1. Dado un conjunto más o menos amplio de personas interesadas, un contexto ambiental determinado y una problemática socio-natural significativa para dichas personas, existirán una diversidad de concepciones personales referidas a dicho problema, de entre las cuales es posible seleccionar, por criterios racionales y críticos, aquellas con más poder de resolución del problema planteado (Toulmin, 1972).

Si aceptamos la idea de que los alumnos piensan y actúan en función de sus concepciones personales, y si aceptamos también que dichas concepciones han sido construidas activamente en un marco social y que son, por tanto, susceptibles de ser modificadas en el futuro por el mismo proceso constructivo y comunicativo (Coll, 1990 y Cheung y Taylor, 1991). El problema central que debemos plantearnos es el siguiente: ¿atendiendo a qué criterios los alumnos deciden, o deberían decidir, la pertinencia de un cambio en sus concepciones?, ¿hacia dónde se ha de dirigir cualquier proceso de construcción y a través de qué cambio?, ¿cómo decidir cuáles son las concepciones más valiosas para abordar y resolver determinados problemas concretos?

Frente a la idea, analizada en el primer epílogo, de que existen determinadas formulaciones del conocimiento consideradas como verdaderas, y ciertos criterios objetivos y universales para evaluar dicha veracidad (*tabularius-epistemológica*), y frente a la idea, contrapuesta a la anterior, de que es imposible determinar la mayor o menor veracidad de unos conocimientos respecto de otros, debido a la enorme diversidad de concepciones y a la ausencia de unos criterios universales de racionalidad (*relativismo epistemológico radical*), frente a estas dos ideas antagónicas se defiende la conveniencia de

un *relativismo moderado* que, si bien tenga en cuenta la diversidad de concepciones posibles, tenga así mismo en cuenta la posibilidad de establecer colectivamente criterios racionales y críticos, para elegir, con carácter provisional, aquellas concepciones con mayor potencialidad para dar respuesta a los problemas considerados como relevantes (Toulmin, 1972).

2. *En el plano individual cada alumno es responsable de su proceso de cambio y evolución. En relación con esto, tenderá a transformar sus concepciones personales si se encuentra insatisfecho con ellas y si considera las concepciones seleccionadas colectivamente más potentes y útiles que las propias* (Posner y otros, 1982).

La selección social del conocimiento es condición necesaria, pero no suficiente, para generar procesos fiables de construcción. Al mismo tiempo, cada alumno, en concreto, cambiará sus puntos de vista si ha entrado en contacto con ellos y si siente la necesidad de cambiarlos. Pero tampoco esto es suficiente. Sólo será capaz de construir aquellos significados que resuelvan sus conflictos cognitivos si comprende las nuevas informaciones que han sido consideradas valiosas por la colectividad y si las considera realmente pertinentes y útiles para integrarlas en sus propios esquemas.

El conjunto de los esquemas de conocimiento del alumno define su capacidad para interpretar la realidad y para intervenir en ella. Más en concreto, dependiendo de la densidad y significados de su estructura de conocimientos, presentará capacidades diferentes para abordar y resolver unos problemas u otros según de qué aspecto de la experiencia se trate. Habrá dominios o ámbitos donde el bagaje experiencial sea muy amplio y para los que la estructura de significados sea muy potente, y habrá otros en los que ocurra precisamente lo contrario.

Todos los alumnos tienen, en las diferentes ámbitos de su experiencia, un cierto nivel de desarrollo y una zona de desarrollo potencial (Vigotski, 1978). Dentro de ella es posible la construcción de conocimiento. Las nuevas informaciones serán valiosas cuando su nivel de formulación sea próximo, aunque algo más complejo, al que se posee. Si el nivel de formulación de los conocimientos está por encima de la zona de desarrollo potencial de un sujeto concreto, no serán comprensibles para él o, lo que es lo mismo, no podrá establecer con ellas relaciones significativas.

Mientras que, si el nivel de formulación está dentro de dicha zona, el sujeto podrá comprender la información, valorar su utilidad y decidir o no incorporarla a su proceso de construcción.

3. *El cambio y la evolución de los esquemas se regula por una relación constructiva entre el esquema preexistente y la nueva información* (Ausbuhl,

1968). *El esquema modifica dicha información para asimilarla y ésta, al establecer relaciones novedosas con ciertos elementos del esquema, provoca una reestructuración más o menos amplia del mismo.*

Hemos descrito las condiciones sociales e individuales para el cambio de concepciones, ahora pretendemos describir lo que ocurre en un determinado esquema al entrar en relación con nueva información que el sujeto considera significativa. De hecho se pueden presentar cuatro tipos de situaciones constructivas de menor a mayor complejidad (Kelly, 1955; Norman, 1982 y Toulmin, 1972):

a) *El alumno puede simplemente rechazar la información porque no reúne alguno de los requisitos hasta ahora descritos (no responde a sus demandas, no sea comprensible, sea excesivamente compleja, etc.).*
b) *El alumno puede incorporar la información a su estructura de significados produciendo leves modificaciones tanto en dicha información, como en sus propios esquemas. Es el caso de informaciones que confirman las predicciones del individuo o que aportan datos complementarios sobre un fenómeno con acierto. Digamos que en estos casos la integración de la información no requiere de grandes reestructuraciones porque encaja con facilidad. La información modifica cuantitativamente el esquema, pero no cualitativamente. Este proceso se da de manera continua y provoca un efecto de ajuste fino (Norman, 1982) mediante el cual los esquemas evolucionan lenta y continuamente para adaptarse a la experiencia.*

c) *El alumno, en ciertos casos, puede incorporar la información produciendo modificaciones importantes en la información (asimilación) y en los esquemas (acomodación).*
Es el caso de esquemas que acumulan fuertes anomalías internas, y que, al abordar una problemática potente, y enfrentados a informaciones muy relevantes y significativas, entran en procesos cualitativos de reestructuración que afectarán también a los esquemas adyacentes.

d) *Por último, el alumno puede enfrentarse en determinadas ocasiones de su vida a experiencias problemáticas que afecten a zonas amplias y muy significativas de su estructura de significados. No se trata ya de la activación de uno o varios esquemas, sino de una parte sustancial de su teoría personal. Nos referimos a problemáticas vinculadas a intereses muy básicos. Si además la teoría personal presenta anomalías y conflictos de carácter general, el sujeto entra en una situación de crisis que le obligará a reorganizar radicalmente el mundo de sus significados y a realizar un cambio revolucionario en el conjunto de sus concepciones personales. (Candy, 1982).*

El tratamiento didáctico de las concepciones de los alumnos: promover y potenciar la investigación crítica de problemas relevantes

Según lo dicho hasta ahora, la construcción de conocimientos en un contexto educativo se debe basar en la negociación de significados. Dicha negociación ha de ser percibida por todos los implicados como un proceso democrático, donde todas las personas tienen las mismas posibilidades de emitir juicios críticos sobre el conocimiento.

Dejamos en otro lugar de este capítulo que cuando hay conflictos de intereses vinculados a determinados conocimientos se tiende a generar y a mantener estructuras de poder que imponen autoritariamente algunos de ellos. Esto ocurre con frecuencia en la escuela, donde, a las diferencias de intereses siempre presentes en cualquier grupo humano, hay que añadir las relativas a la condición de niño, adolescente o adulto, y aquellas otras asociadas a los diferentes papeles que la institución asigna al hecho de ser estudiante.

Por consiguiente, es condición indispensable para poder compartir los significados personales y para poder trabajar con ellos que la vida del aula se base en los principios de *libertad de expresión* y de *respeto a las opiniones ajenas*. Esto no es fácil de conseguir de manera inmediata y con todas sus consecuencias, por eso es conveniente, al principio, dedicar tiempo al diseño y la experimentación de actividades específicas que favorezcan el cambio de los papeles escolares estandarizados, y enriquezcan la libertad y la democracia en el aula.

A partir de aquí, para abordar didácticamente las concepciones de los alumnos, los enseñantes, deben desarrollar una *doble dimensión de su profesionalidad*. Por un lado, la de ser *facilitadores del aprendizaje* de sus alumnos y, por otro, la de investigar su propia actividad profesional (Porlán, 1987a y Autores Varios, 1991).

Ambas funciones son complementarias. Si, como hemos dicho, la responsabilidad de hacer evolucionar las concepciones es del sujeto que aprende, la responsabilidad del profesor ha de ser la de dinamizar, apoyar, y facilitar este proceso. Al mismo tiempo, si no existen unos conocimientos impuestos que hay que aprender, sino una dinámica colectiva de reflexión, negociación y evolución de significados, entonces el profesor ha de investigar los procesos del aula para ajustar permanentemente su diseño didáctico a los acontecimientos que en ella se dan, de manera que funcione como una *hipótesis circular* a experimentar.

En este sentido, el enseñante ha de alejarse, en lo posible, de dos tendencias didácticas extremas que impiden un desarrollo cualitativo de las concepciones de los alumnos: *el directivismo autoritario*, que impide la autonomía de los alumnos (práctica habitual en las escuelas) y *el activismo irreflexivo* que ignora la necesidad del trabajo didáctico con *clhas* concepciones. Este nuevo papel del profesor permite además un crecimiento significativo de su profesionalidad, al no delegar en agentes externos (administración, editoriales, etc.) la toma de decisiones que le corresponde acerca del qué y cómo enseñar, y del qué y cómo evaluar.

El *curriculum* escolar, por tanto, ha de ser el resultado de un proceso de interacción y negociación. El profesor ha de aportar una hipótesis del conocimiento que sería deseable construir y un conjunto de problemáticas potentes y relevantes que interesa investigar. Los alumnos, por su parte, han de aportar su mundo de experiencias, concepciones personales, intereses, problemas y expectativas concretas.

Se trata de aceptar desde el principio que un colectivo que aprende en libertad genera situaciones, dilemas e iniciativas que son imprevisibles. Esto no quiere decir, en absoluto, que el profesor ha de inhibirse y renunciar a incidir en el proceso. El que se tengan relaciones de igualdad no quiere decir que los papeles sean idénticos. El profesor tiene la responsabilidad de definir una hipótesis curricular fundamentada, y ha de hacerla desde su propio modo de lo didáctico, pero sin pretender sustituir con ello el proceso de aprendizaje de los alumnos, y sin forzar los resultados finales esperados. Siguiendo la metáfora de Claxton (1984) para el conocimiento humano, *el profesor ha de tener un mapa para guiarse (el diseño), pero eso no quiere decir que confunda el mapa con el territorio (la dinámica del aula)*.

Los alumnos, al mismo tiempo, tienen también sus propias expectativas e intereses. Evidentemente no es su responsabilidad planificar la actividad del curso, ellos no tienen un mapa sistemático de la situación, pero sí es de su competencia, si se les deja, el argumentar sus posibles propuestas, el responsabilizarse de las actividades que se acuerden, el asumir progresivamente tareas concretas en beneficio del grupo, el responder de los compromisos contraídos, el expresar sus puntos de vistas, el manifestar su desacuerdo, etc.

Desde un enfoque constructivista, los conocimientos deseables para los alumnos han de diseñarse como una síntesis integradora de diferentes aportaciones. Ha de tenerse en cuenta el análisis histórico y epistemológico de los conceptos y modelos disciplinares, el análisis de la problemática socio-ambiental y cultural más relevante, el análisis de las concepciones de los alumnos y el análisis de los procedimientos y valores deseables (Grupo Investigador en la Escuela, 1991).

Desde nuestro punto de vista, el que enseñar no es una relación más o menos rigurosa de contenidos seleccionados a partir de las diferentes disciplinas científicas y ordenados atendiendo a la lógica de cada una de ellas. *El conocimiento a generar y construir en la escuela tiene un estatus epistemológico propio* (Purán, 1989a) y *ha de ser el resultado del análisis didáctico de diferentes fuentes de información*.

Las hipótesis sobre el qué enseñar y el qué aprender son hipótesis genéricamente didácticas y se rigen por criterios distintos a los de cada disciplina científica. Estas hipótesis han de tener en cuenta que:

- a) en el aula se trabaja con y desde el conocimiento personal de los alumnos (por lo tanto conviene conocerlo y analizarlo),
- b) para formar ciudadanos autónomos, libres y solidarios en un contexto socio-ambiental problemático,
- c) teniendo en cuenta las aportaciones de los diferentes saberes culturales (cultura científica, popular, estética, filosófica, etc...), y
- d) para promover la construcción libre y significativa de conceptos, procedimientos y valores.

En este sentido, parecen necesarios tres grupos de hipótesis acerca del *conocimiento escolar deseable* (Grupo Investigador en la Escuela, 1991 y García y García, 1992):

- a) *Un conjunto de metaconceptos, capacidades generales y valores* que actúen permanentemente como ejes articuladores de las otras dos hipótesis.
- b) *Un conjunto de temas generales de conocimientos* que integren, en el sentido profundo del término, elementos procedentes de las disciplinas y de la problemática socio-ambiental. Dichos temas deberían presentarse con diferentes niveles de formulación de menor a mayor complejidad, teniendo en cuenta los *obstáculos* conocidos en el proceso de aprendizaje y en el desarrollo histórico de los conceptos disciplinares (Astolfi, 1984, 1992).
- c) *Una relación abierta de ámbitos de investigación escolar*, concebidos cada uno de ellos como un conjunto relacionado de problemas concretos para investigar en el aula.

Evidentemente, dependiendo de la amplitud temporal del diseño (semana, curso, nivel educativo, etc...) será necesario concretar en mayor o menor medida cada uno de estos grupos de hipótesis sobre el conocimiento escolar deseable.

Al mismo tiempo, el cómo enseñar y aprender ha de concebirse como un proceso abierto y circular en el que partiendo de *problemas* concretos, interesantes y próximos a los alumnos, éstos pongan en juego sus concepciones personales (*hipótesis sobre el problema*), las comparen entre sí, las sometan a contraste crítico con otras informaciones (experiencias, observaciones, lec-

turas, informaciones verbales del profesor, debates, etc.), las reestructuren y las pongan en práctica (García y García, 1989).

Se trata de *facilitar el proceso de construcción de conceptos, procedimientos y valores a través del tratamiento y la investigación de problemas relevantes*. Investigar, en términos generales, es abordar un problema con rigor. Para ello, han de activarse y explicitarse los esquemas de conocimientos que guardan relación con la situación problemática.

Definir, comprender y dar respuestas iniciales a un problema, o debatir entre los alumnos los diferentes puntos de vista que aparecen, son actividades que implican ya un cierto nivel de reelaboración y construcción conceptual. Las concepciones que los alumnos van expresando son fruto de la interacción entre los esquemas de conocimientos (los significados) y el contexto concreto de activación (Astolfi, 1992). No responderá lo mismo una alumna en un examen, en una entrevista, o en un debate en clase, aun cuando en todas estas situaciones se aborde la misma problemática. Las ideas y concepciones explícitas de los alumnos han de concebirse más como un proceso que como un producto acabado. Son manifestaciones del estado de reconstrucción y evolución de sus esquemas de conocimientos (Giordan y De Vecchi, 1987).

Durante la investigación de los alumnos, el profesor deberá realizar, al menos, tres tipos de tareas fuertemente relacionadas (Porlán, 1991b):

a) *Deberá sistematizar la información que posee acerca de las concepciones de los estudiantes* (Cubero, 1989). Además de observar y anotar, cuando sea posible, las intervenciones en clase, deberá diseñar actividades específicas para conocer mejor las ideas que están poniéndose en juego durante el desarrollo de las actividades (test, preguntas abiertas, dibujos, entrevistas semi-estructuradas, etc.).

Esta información deberá recogerse y analizarse en diversos momentos del proceso de enseñanza-aprendizaje con objeto de identificar las pautas o tendencias generales de las concepciones, determinar los estudios o niveles de formulación que se reflejan, inferir los obstáculos actitudinales, metodológicos y conceptuales que puedan estar presentes y detectar los procesos de cambio y evolución que se están desarrollando (Hand y Thagust, 1991).

b) *El profesor deberá también comparar la información anterior con los temas de conocimiento escolar deseable que él ha elaborado en relación con los problemas que se investigan en la clase*. Esta comparación le permitirá establecer o modificar *temas didácticos* que partan de las concepciones de sus alumnos y se adecuen de manera realista a un conocimiento de complejidad superior. Deberá establecer niveles de formulación progresivos de los conocimientos implicados, lo que le permitirá orientar la reflexión y la investigación de los alumnos, así como atender la diversidad de niveles que puede haber.

c) Por último, teniendo en cuenta los dos aspectos anteriores, *deberá reelaborar las actividades diseñadas inicialmente, adaptándolas a los itinerarios didácticos establecidos, de manera que pueda promover adecuadamente las interacciones y reestructuraciones de los conocimientos*.

En concreto, a través de los recursos y las actividades, el profesor deberá, en unos casos, favorecer la superación de los obstáculos detectados (Aste fi, 1993) y, en otros, promover la aparición de conflictos en los esquemas de los alumnos (Driver y otros, 1985).

Por último, la evaluación ha de entenderse como un proceso de investigación a través del cual el profesor contrasta los datos que obtiene sobre la dinámica de la clase con el diseño inicial que elaboró, lo que le permite tomar decisiones para ajustar mejor sus intenciones y expectativas con la realidad, dando cabida en ellas a las finalidades que emergen de la vida del aula.

Desde una visión sistémica del currículum, el qué enseñar, el cómo hacerlo, y el qué y cómo evaluar son tres elementos que se influyen mutuamente. En este sentido, la evaluación ha jugado tradicionalmente un papel selectivo y ha sido el instrumento fundamental para mantener una estructura de dominación en las instituciones educativas.

De la misma manera que una visión enciclopédica del conocimiento escolar es incompatible con una metodología investigativa, *una evaluación cotidiana tradicional es totalmente contraproducente para la construcción significativa de conceptos, procedimientos y valores en el aula*.

Si los alumnos se perciben a sí mismos como personas sujetas a una posible valoración o sanción, tenderán a ocultar sus propias ideas, a no expresar sus intereses y a buscar los indicadores que les permitan saber qué es lo que el profesor espera de ellos y qué conductas han de mostrar para ser considerados positivamente. ¡Nada más lejos del ambiente necesario para comparar, negociar y modificar significados a través de la investigación!!

Driver, R., E. Guesne y A. Tiberghien. "Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias", en: Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Ministerio de Educación y Ciencia-Morata, Madrid, 1989. pp.19-30.

Las ideas de los niños y el aprendizaje de las ciencias

Por Rosalind DRIVER, Edith GUESNE y Andrée TIBERGHEN

Dos niños de 11 años, Tim y Ricky, estudian cómo se alarga un muelle a medida que añaden canicas al recipiente de poliestireno que cuelga del mismo. Ricky deposita cada canica y mide la nueva longitud del muelle antes de añadir la siguiente. Tim lo observa; entonces le interrumpe: "Espera. ¿Qué pasa si lo subimos más arriba?"

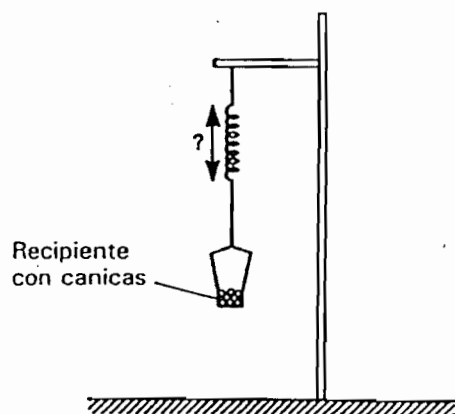


Figura 1.1.

Descuelga el muelle, lo eleva y mide de nuevo su longitud. **Aparentemente satisfecho de que la longitud no haya variado, continúa el experimento.** Más tarde, cuando se le pidió que explicase la razón para hacer esto, Tim cogió dos canicas, sosteniendo una más alta que la otra y dijo:

"Ésta está más arriba y la gravedad tira de ella más fuerte que de la otra. Cuanto más elevada, mayor es el efecto de la gravedad porque si te pones de pie allí y alguien le lanza una piedra, le daría, pero no le haría daño. Pero si la lanza desde un avión, se aceleraría cada vez más y cuando le diese a alguien en la cabeza lo mataría".

La idea de Tim sobre el incremento del peso cuando los objetos se elevan, alejándose de la superficie de la Tierra no es irracional, como indica su argumento (aunque desde el punto de vista del científico parece referirse aquí a la energía potencial gravitatoria).

Como Tim, muchos niños llegan a sus clases de ciencias con ideas e interpretaciones de los fenómenos que estudian, aunque no hayan recibido ninguna enseñanza sistemática al respecto. Los niños crean estas ideas e interpretaciones a partir de las experiencias cotidianas en todos los aspectos de sus vidas: a través de actividades físicas prácticas, de las conversaciones con otras personas acerca de aquellas y de los medios de comunicación.

Este libro presenta las concepciones descubiertas en niños de edades comprendidas entre 10 y 16 años, en diferentes aspectos físicos, y señala su importancia para los profesores y para aquellas otras personas relacionadas con la educación científica.

¿Qué podemos decir en relación con esas ideas?

¿Las ideas de los niños representan modelos coherentes de los fenómenos que se presentan con frecuencia en los ambientes de clase? Los profesores experimentados comprobaban que los estudiantes tienen sus propias concepciones sobre los fenómenos, aunque a veces éstas puedan parecer incoherentes, al menos desde el punto de vista del pro-

fesor. Asimismo, se comprueba que a menudo persisten aun- que no concuerden con los resultados experimentales o con la explicación del docente. En otras palabras, pueden ser ideas estables. Expondremos ahora con mayor detalle esas características de las ideas de los niños: su naturaleza personal, su coherencia y su estabilidad.

Estas ideas son personales

Cuando los niños de una clase escriben sobre el mismo experimento pueden hacer diversas interpretaciones. Cada uno lo ha "visto" e interpretado a su modo. Nuestra propia conducta es semejante: cuando leemos un texto o discutimos un tema con otra persona, podemos o no modificar nuestro punto de vista. **La medida en que modifiquemos nuestra forma de pensar depende, al menos, tanto de nuestras ideas de partida como de lo escrito o dicho.** Cuando diversas personas escuchan la misma conferencia o leen el mismo libro, incluso un texto científico, no necesariamente aprehenden o retienen los mismos aspectos.

Los sujetos interiorizan su experiencia de una forma propia, al menos parcialmente: construyen sus propios significados. Estas "ideas" personales influyen sobre la manera de adquirir la información. También encontramos esta forma personal de enfocar los fenómenos en el modo de generarse el conocimiento científico. La mayoría de los filósofos de la ciencia aceptan que las hipótesis o teorías no representan los llamados datos "objetivos", sino que constituyen construcciones o productos de la imaginación humana. Según esto, las observaciones de los hechos están influenciadas por las estructuras teóricas del observador. Las observaciones que hacen los niños y sus interpretaciones de las mismas también están influenciadas por sus ideas y expectativas.*

El carácter personal de estas ideas, sean del niño o del científico, no significa necesariamente que no puedan ser compartidas por muchas personas (en la historia de la cien-

* Los números volados remiten a la bibliografía del final del capítulo.

cia ha ocurrido en diversas ocasiones que científicos distintos han desarrollado y utilizado independientemente la misma estructura teórica). Los capítulos siguientes pondrán de manifiesto que los estudiantes, aun de países diferentes, pueden tener las mismas ideas o hacer idénticas interpretaciones de hechos semejantes.

Las ideas personales del niño pueden parecer incoherentes

¿Qué profesor no ha quedado sorprendido por las distintas y a veces contradictorias interpretaciones de fenómenos propuestos por los alumnos en clase? Aun cuando el docente enfrenta a los estudiantes con lo que parecen contradicciones, éstos no se darán necesariamente cuenta de ellas. Además, veremos que el mismo niño puede mantener diferentes concepciones de un determinado tipo de fenómeno, empleando a veces argumentos distintos que conducen a predicciones opuestas en situaciones que son equivalentes desde el punto de vista del científico e, incluso, cambiando de uno a otro tipo de explicación del mismo fenómeno. A lo largo de este libro veremos muchos ejemplos de estas contradicciones del pensamiento de los estudiantes. ¿Por qué se producen? La necesidad de coherencia y los criterios para la misma, tal y como los perciben los estudiantes, no son los mismos del científico: el niño no dispone de un modelo único que incluya el conjunto de fenómenos que el científico considera equivalentes. Por otra parte, no siente indefectiblemente la necesidad de una perspectiva coherente, pues todo que puede parecer que las interpretaciones y predicciones *ad hoc* acerca de los hechos naturales funcionan perfectamente en la práctica.

Estas ideas son estables

Con frecuencia podemos apreciar que, incluso después de enseñada una cuestión, los estudiantes no modifican sus ideas a pesar de los intentos del profesor para combatirlas

mediante pruebas en contra de las mismas. En los capítulos que siguen aparecen unos cuantos ejemplos que ilustran el problema: los niños pueden ignorar las pruebas en contra, o interpretarlas de acuerdo con sus ideas antecedentes. Aun que las nociones infantiles pueden ser persistentes, como hemos manifestado ya, el estudiante no tiene por qué tener un modelo completamente coherente del fenómeno presentado, al menos en el sentido científico de la palabra "coherente". Sus interpretaciones y concepciones son a menudo contradictorias, pero no menos estables.

¿Cómo afectan estas ideas al proceso de aprendizaje?
Un posible modelo

Las mentes de los niños no son tablas rasas capaces de recibir la enseñanza de modo neutral; por el contrario, se acercan a las experiencias de las clases de ciencias con nociones previamente adquiridas que influyen sobre lo aprendido a partir de las nuevas experiencias de formas diversas. Esas nuevas experiencias abarcan las observaciones de hechos, las interpretaciones ofrecidas sobre esas observaciones y las estrategias que utilizan los estudiantes para adquirir nueva información, incluyendo la lectura de textos y la experimentación.

El niño, aun cuando es muy pequeño, tiene ideas sobre las cosas, y esas ideas desempeñan un papel propio en las experiencias de aprendizaje. Muchos autores, como AUSUBEL, PIAGET y WALLON, incluyeron esta noción como elemento integrante de sus teorías. Lo que los niños son capaces de aprender depende, al menos en parte, de "lo que tienen en la cabeza", así como del contexto de aprendizaje en el que se encuentren.

El modelo introducido por los científicos cognitivos se ajusta bastante bien a lo que conocemos de la interacción entre las distintas ideas del niño y la forma de evolución que experimentan con la enseñanza. Este modelo se basa en la hipótesis de que la información se almacena en la memoria de diferentes formas y de que todo lo que decimos y hace-

más depende de los elementos o grupos de elementos de esta información almacenada, que han sido denominados "esquemas".* Un esquema puede referirse al conocimiento del sujeto acerca de un fenómeno específico (por ejemplo, a la sensación de frío suscitada por un objeto metálico), o a una estructura de razonamiento más compleja (por ejemplo, la asociación de una variable con otra que lleva a que algunos niños prevean que "cuanto más brille la bombilla, mayor será la sombra"). Por tanto, el término "esquema" denota las diversas cosas almacenadas e interrelacionadas en la memoria. Asimismo, estos esquemas influyen sobre la forma de comportarse y de actuar una persona con el ambiente y, a su vez, puede ser influida mediante retroalimentación (feedback) por ese mismo ambiente.

Ilustraremos la idea de "esquema" utilizando como ejemplo la noción que un sujeto tiene de un Instituto de Bachillerato². Este esquema puede incluir relaciones entre hechos o situaciones comprendidas en él y que son, ellas mismas, esquemas. Algunas representan características físicas, p. ej.: uno o más edificios, escaleras, pasillos, salas, campo de deportes; o personas, incluyendo gran cantidad de estudiantes, profesores, técnicos, limpiadoras y un director.

Otros aspectos del esquema general del sujeto pueden incluir los tipos de relaciones o actitudes presentes entre las personas implicadas, como amistad, sumisión y poder, y las actividades de estas personas, como subir o bajar las escaleras, escribir, hablar, tocar instrumentos musicales y enseñar.

Por tanto, este "esquema" relativamente sencillo del instituto contiene diferentes elementos organizados entre sí para formar una estructura. Ésta puede hallarse ligada a esquemas de otras estructuras (por ejemplo, profesores, estudiantes, educación, etc.).

En la teoría científica hay algunos "esquemas" muy ela-

* Aquí el término "esquema" no tiene el sentido que le atribuye PIAGET, sino más bien el derivado de los estudios sobre la memoria y el proceso de información.

borados que representan el conocimiento correspondiente a un campo concreto como mecánica, luz o reacciones químicas. Estos "esquemas" científicos, integrados en estructuras, se componen, de manera similar, de elementos y de relaciones entre ellos. Sin embargo, difieren del ejemplo del instituto antes utilizado en que algunos elementos de una teoría científica no corresponden a percepciones directas.

Estos modelos de la organización de esquemas integrados en estructuras pueden ser utilizados para describir el aprendizaje o la adquisición de una nueva porción de conocimientos. En primer lugar, consideremos una analogía con la agrupación de los estudiantes de una clase. Éstos se relacionan entre sí y forman grupos para actividades distintas, como deportes, teatro o ciencias. Estos grupos no son estáticos, sino que se modifican cuando cambian las amplitudes y los intereses; algunos estudiantes puede que no se relacionen con los otros y permanezcan aislados. Pensemos en lo que sucede al incorporarse un nuevo alumno. Cuando llega, pueden darse varias posibilidades: puede no relacionarse con ninguno de los otros alumnos, permaneciendo aislado; puede unirse a un grupo ya existente, o su presencia puede provocar la reorganización general de los grupos de amigos. El mismo estudiante se integrará de forma distinta según la clase que lo acoja.

La analogía con el aprendizaje es clara: el modo de asimilación de un nuevo elemento de información depende tanto de la naturaleza de dicha información como de la estructura del aprendizaje de "esquemas". Por tanto, la misma experiencia facilitada a los estudiantes en sus clases de ciencias puede ser asimilada de manera muy distinta por cada sujeto.

Estas imágenes de la organización de esquemas y de la adquisición de otros nuevos puede dar cuenta de la existencia de estas ideas personales, contradictorias y estables. Cada uno de nosotros tiene una organización característica de esquemas. La información adquirida está ligada a otra información y, aunque la nueva sea idéntica para varias personas, hay pocas probabilidades de que el enlace establecido entre esta información adquirida y la ya almacenada sea el mismo para dos personas distintas.

El motor de cambio con un
planteamiento, no significa
cambio en los esquemas.

Cuando un estudiante manifiesta diversos conceptos contradictorios, se ponen en juego diferentes esquemas; estas ideas pueden ser estables todas ellas en tanto en cuanto los esquemas las mantengan integradas en estructuras, de manera que el cambio de una de ellas requiera la modificación de una estructura y no meramente de un elemento de la misma.

Al aprender ciencias, un alumno puede darse cuenta de que un hecho se opone a sus expectativas, de que no se ajusta a sus esquemas. Sin embargo, la simple comprobación de esta discrepancia no implica necesariamente la reestructuración de las ideas del estudiante; esa reestructuración requiere tiempo y circunstancias favorables. Para ayudar a los niños a llevar a cabo esta reestructuración de su pensamiento acerca de los fenómenos naturales, la enseñanza de las ciencias puede desarrollar un importante papel para proporcionar a los alumnos una amplia muestra de experiencias relacionadas con determinadas ideas clave. En capítulos posteriores se ilustra esta cuestión, especialmente en cuanto a las ideas de los niños respecto a la transferencia de calor (Capítulo IV) y sobre los gases (Capítulo VI). En ambos casos, se presentan y comentan ejemplos que ilustran los "esquemas" conceptuales utilizados por los estudiantes en las clases, señalando que los cambios habidos en algunas de estas ideas no se producen rápidamente, a pesar de las actividades prácticas realizadas por los niños.

¿Qué ganamos al comprender las ideas de los estudiantes?

Una de las estrategias, si bien no es la única, que permite adaptar mejor la enseñanza a los estudiantes consiste en tener en cuenta sus ideas previas. Esta adaptación puede darse de diversos modos:

(1) La elección de los conceptos que se enseñarán. En ciertos esquemas de enseñanza utilizados con alumnos de secundaria, algunos conceptos se consideran obvios y se dan por sabidos al planificar el curso. Sin embargo, como indi-

110 22 de 22

can los descubrimientos de los Capítulos IV y VIII, el estudio de las ideas de los niños sugiere que incluso nociones aparentemente tan sencillas como la conservación de la materia o la naturaleza intensiva de la temperatura pueden no ser captadas por muchos estudiantes de secundaria. La incompreensión de estas ideas fundamentales puede, en tal caso, llevar a posteriores y más serios problemas de aprendizaje.

(2) La elección de experiencias de aprendizaje. Si conocemos las ideas previas de los estudiantes, podemos atacarlas de modo directo mediante experiencias que entren en conflicto con las expectativas, de manera que les obliguen a reconsiderarlas. No obstante, no es suficiente, para promover tal cambio, ponerlas en tela de juicio; hay que presentar otras alternativas, que han de ser consideradas por los estudiantes no sólo como necesarias, sino como razonables y plausibles. El conocimiento de las ideas infantiles nos permite escoger actividades de aprendizaje que puedan ser interpretadas más fácilmente por los estudiantes en el sentido que pretendemos. Tenemos un ejemplo en el caso de la reflexión de la luz por los objetos, descrito en el Capítulo II. La mayoría de los niños de 13 y 14 años reconocen que un espejo tiene la propiedad de reflejar la luz, pero piensan que los otros objetos no lo hacen. En apoyo de esta idea, manifiestan que con un espejo podemos iluminar un objeto o lanzar ráfagas hacia alguien. El profesor puede proponer experiencias semejantes para convencerles de que la luz es reflejada por los objetos corrientes. A mediodía, en verano, un trozo de papel blanco deslumbra cuando recibe la luz del sol. En una habitación oscura, podemos percibir con facilidad un objeto ligeramente coloreado cuando lo iluminamos mediante la luz reflejada por una hoja de papel blanco. Por otra parte, vemos también que el conocimiento de las concepciones de los niños nos permite rechazar algunos experimentos clásicos de la enseñanza que no son interpretados por el niño en el sentido deseado.

(3) La presentación de los objetivos de las actividades propuestas. Al formular los objetivos de las tareas de aprendi-

zaje es importante tener en cuenta que los alumnos pueden reinterpretar las intenciones del profesor a su modo. El siguiente ejemplo, de unas alumnas de enseñanza secundaria que seguan la programación de una serie de actividades en fichas de trabajo, ilustra esta cuestión. Un grupo de niñas realizaba un experimento en el que se colocaba un calentador por inmersión en bloques de igual peso, pero de diferentes metales (Figura 1.2). El experimento pretendía demostrar la variación del calor específico entre los distintos metales. Las alumnas tenían que dibujar un gráfico que relacionara temperatura y tiempo cuando calentasen cada bloque. Hacia el final de la clase, se pidió a las niñas que mirasen los gráficos y los comparasen, proponiendo una explicación de lo observado en ellos. La profesora (P) toma parte en la conversación.

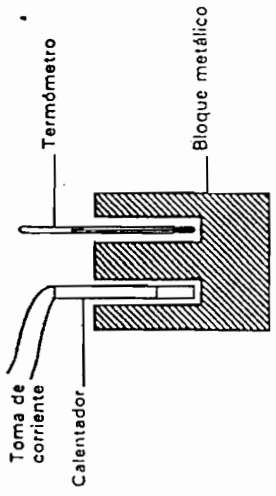


Figura 1.2.

- P: ¿Qué os muestra el experimento?
- A2: Que los diferentes... mm..., que los materiales diferentes y que... vamos cómo pueda viajar el calor a través de ellos.
- P: ¿Qué habéis descubierto?
- A1: Bueno... pues... que el calor iba a través del... del... hierro más fácilmente que a través del esto...
- A2: Aluminio.

Las alumnas habían tenido una experiencia directa: recogieron los datos, pero los habían incorporado a un esquema relacionado con la conductividad, en vez de al que se pretendía.

Si bien es necesario tener en cuenta las ideas de los alumnos al enseñar, ciertamente no es fácil llevar esta exigencia a la práctica. El profesor tiene la responsabilidad de la clase como un todo y puede considerar poco realista prestar atención a las distintas nociones de cada estudiante.

Una de las ideas que aparecen reiteradamente en los estudios revisados en los capítulos siguientes es que, aunque los conceptos que los alumnos emplean para interpretar los fenómenos son diferentes, existen ciertas pautas generales en los tipos de ideas que tienden a utilizar los niños de diversas edades. Los estudios de las concepciones infantiles relativas a cierta cantidad de temas científicos se han realizado en distintas partes del mundo con niños cuya experiencia de enseñanza formal de ciencias variaba considerablemente. A pesar de ello, estudios de investigación independientes entre sí han mostrado que los niños mantienen pautas semejantes de ideas. Por ejemplo, los estudios efectuados en el área de las concepciones de los alumnos sobre la dinámica (Capítulo V), sobre sus puntos de vista acerca de la Tierra (Capítulo IX) y acerca del calor (Capítulo IV) se han realizado en países distintos y los resultados muestran un cuadro coherente con la afirmación de que las experiencias previas de los niños con los fenómenos dominan su pensamiento. Los estudios mencionados en relación con la teoría de partículas de la materia en los Capítulos VII y VIII muestran lo difícil que resulta para muchos estudiantes asimilar aspectos de ese modelo, a pesar del cuidado puesto en el diseño de las secuencias de enseñanza. El informe sobre las ideas de los niños en cuanto a la electricidad del Capítulo III muestra un hallazgo bastante perturbador: domina a lo largo de la enseñanza secundaria la proporción de estudiantes que utilizan un modelo de "secuencia" de corriente eléctrica incorrecto.

Los estudios de este tipo muestran que, a pesar de la aparente variedad de ideas sugeridas en las clases de ciencias, puede ser útil tratar de tener en cuenta las tendencias generales del pensamiento infantil, tanto para planificar las actividades de aprendizaje como para mejorar la comunicación interna de la clase.

Los conceptos representan diverso grado de dificultad en su aprendizaje y comprensión, a veces los diversos argumentos teóricos

En este capítulo, hemos subrayado una perspectiva particular del aprendizaje; en la que consideramos que éste tiene lugar en la interacción entre, por una parte, las experiencias del aprendiz y, por otra, las "entidades mentales", las "ideas" o "esquemas", utilizados para interpretar y dar sentido a aquellas experiencias.

A lo largo de los capítulos siguientes, utilizaremos diversos términos para describir estas "entidades mentales", y cada uno con connotaciones ligeramente distintas. Algunos términos, como "noción intuitiva" o "intuición" se refieren a los orígenes de las ideas; otros, como "concepción", "regla" o "visión prototípica", se relacionan con la generalidad del uso de las ideas. En ciertos casos, la organización de las ideas y la relación entre ellas se realiza mediante el empleo de expresiones como "estructura cognitiva", "estructuras" o "modelos de los niños". En otros casos, el término empleado se califica con la palabra "alternativo" (p. ej., "concepción alternativa", "estructura alternativa"), haciendo hincapié en la diferencia entre las ideas de los niños y la teoría científica aceptada.

A nuestro parecer, esta pluralidad de términos refleja tanto la naturaleza polifacética como la variabilidad que caracterizan las ideas infantiles; variabilidad que se manifiesta de un tipo de fenómeno a otro, entre contextos y entre los mismos niños.

No hemos tratado, por tanto, de imponer una terminología común a lo largo de los siguientes capítulos. Como en el cuento del ciego que describe un elefante, cada término utilizado refleja algunos aspectos del tema central de este libro: la descripción del pensamiento de los niños acerca de los fenómenos del mundo natural.

Bibliografía

- ¹Driver, R. (1983). *The Pupil as Scientist?* Open University Press: Milton Keynes.
- ²Tiberghien, A. (1980). "Quel rapport y a-t-il entre ce que les élèves 'ont dans la tête' et ce qu'ils font ou disent"? En *Sciences Physiques*, pp. 197-202. Livre du Professeur 3^{ème} coll Libres Parcours, Hachette, Paris.

Giordan, André y Gerard de Vecchi. "Metodología", en: Los
orígenes del saber. Díada, Sevilla, 1988. (Colección
Investigación y Enseñanza). pp. 107-123.

METODOLOGIA

La inadecuación e insatisfacción parcial en la que nos dejan los trabajos cognitivos clásicos nos ha llevado a definir nuevos marcos teóricos y a promover una metodología original para abordar estos problemas didácticos. En efecto, los obstáculos con los que se encuentra el aprendizaje no son ni evidentes, ni transparentes. Deben ser inferidos a partir de los elementos observables disponibles, o que eventualmente podamos provocar: acciones y observaciones de los alumnos, sus producciones (formulaciones escritas, dibujos, esquemas, . . .), y siempre teniendo en cuenta el contexto definido por la situación vital (escuela, medio de comunicación, . . .). Lo que sigue pretende ser un resumen de todo ello.

Esta metodología se apoya en dos momentos que se encuentran frecuentemente en interacción: la información debe ser primero recogida y después tratada.

4.1. Recogida de la información.

En esta fase, con el fin de obtener un conjunto de elementos fiables sobre los que podamos basarnos, deben resaltarse tres aspectos: la necesidad de recurrir a diversos métodos, la construcción de situaciones que sean suficientemente significativas para el alumno y la importancia de los momentos de observación (por ejemplo, en clase).

Algunos piensan que las representaciones son evidentes, que su descubrimiento puede ser inmediato y que basta con pasar un cuestionario en clase para

obtener su inventario; esta hipótesis nos parece demasiado fuerte. Las "concepciones" son modelos explicativos subyacentes, y no sólo sus emergencias; por esto, parece claro que evidenciarlas puede no ser tan fácil; en efecto, muy a menudo, hay que inferirlas a partir de afloramientos a veces parciales y a veces, incluso, contradictorios. Esto sólo puede ser clarificado utilizando una combinación de métodos: única forma que nos permite obtener un número de datos suficiente. El uso de un único instrumento didáctico nos parece muy artificial y, de todos modos, excesivamente pobre para dar cuenta de una concepción precisa. Además, los elementos recogidos no son siempre significativos, como puede demostrar un ejemplo tomado de un alumno de diez años que trata del tubo digestivo y su función: En su dibujo, los alimentos van a una bolsa por medio de un tubo, no vuelven a salir y no son transformados. En el texto que lo acompaña, estos alimentos pasan únicamente por "tubos", "se transforman en papilla" y "son arrojados". Con este ejemplo, se pueden valorar las conclusiones emitidas a partir de un único método de acercamiento.

La metodología que promovemos intenta hacer surgir lo que es significativo para la persona y no los artefactos nacidos de la situación vital o ligados a una dificultad de expresión. Para estudiar las concepciones de los alumnos y su evolución dentro de una situación escolar, por ejemplo, hemos utilizado el siguiente procedimiento:

Pretest: cuestionario escrito (situación que puede ser estandarizada), seguido de una corta entrevista con algunos niños para hacerles explicitar sus textos o dibujos, y de discusiones con el grupo-clase, siendo ésta grabada en magnetofón o vídeo, lo que aporta la posibilidad de analizar mejor las concepciones que van a surgir.
 A continuación el desarrollo de la acción pedagógica, variable según el tipo de trabajo; (volveremos a tocar este punto).
 Postest: retomando las preocupaciones que se han suscitado en el pretest (cuestionario escrito y/o dibujo).
 Comparación de los dos tests (diferencias en los niveles de formulación relacionados con un concepto) y entrevistas con algunos alumnos aislados, lo que permite afinar las respuestas al postest, cuando éstas nos parezcan ambiguas o particularmente interesantes.

Vemos ahora detalladamente las características de tal enfoque. Los cuestionarios y las entrevistas son, la mayoría de las veces, utilizados como instrumentos complementarios. El cuestionario permite obtener algunas informaciones de un gran número de alumnos, mientras que la entrevista, más onerosa en tiempo, ayu-

da a clarificar algunas explicaciones delicadas. Las representaciones recogidas pueden estar relacionadas con problemas que se plantean los niños, y que sería interesante ayudarlos a resolver.

La continuación del trabajo de los alumnos se realiza a partir de métodos centrados en la evolución (o ausencia de evolución) de sus concepciones. Ello consiste en poner a prueba estas concepciones en una situación de confrontación real; una grabación de la acción pedagógica (sonido-imagen) facilitará el análisis posterior.

A veces, se pone también en marcha una evaluación formativa para 2, 3 alumnos o pequeños equipos. En estos casos, se graba el conjunto de las actividades de la clase y unos observadores externos siguen las acciones y las realizaciones de algunos sujetos, releen sus escritos (borradores, diferentes producciones) y, en su caso, al final les entrevistarán(1). De este modo, si algún problema emerge, puede realizarse el análisis del proceso de investigación de los alumnos. Además, pueden hacerse pequeños inventarios parciales, materializados, por ejemplo, en una pregunta escrita propuesta al conjunto de los alumnos en un momento oportuno, o bien en grabaciones de secuencias de puesta en común de las investigaciones o de estructuración de los conocimientos, lo que permitirá conocer el momento evolutivo de apropiación de un saber en un instante dado.

El continuo de situaciones de aprendizaje, y, sobre todo, las observaciones de clase, sin ser la panacea, constituyen un buen método de aproximación que permite descubrir un conjunto de fenómenos específicos y, en concreto, las dificultades que deben ser analizadas. Proporcionan también un conjunto de elementos que habrán de ser confrontados con otros, surgidos de otras fuentes de información. Del mismo modo, permiten dar un sentido didáctico a hechos descritos por otros métodos.

Sin embargo, se trata de una técnica que no está aún puesta a punto totalmente y que debe ser utilizada con todo tipo de precauciones. Vergnaud muestra que plantea problemas análogos al método de entrevista clínica, que la escuela de Piaget, en su momento, superó. No tiene sentido si no se define previamente lo que se quiere observar, si la problemática y las hipótesis de trabajo no están claras y si no se interpretan los datos recogidos en función de las condiciones didácticas en que nacen. Además, este método no puede ser utilizado en todos los contextos; en el caso de los museos y de ciertos medios de comunicación, hemos recurrido únicamente a una comparación entre pretest y postest.

(1) Se trata, en estos últimos casos, de métodos muy onerosos en tiempo, pero que permiten, con mayor precisión, dejar a un lado las respuestas anecdóticas (las "no importa que", "se respundan", "puedo dar ejemplo..."), los artefactos (respuestas sugeridas...) y al otro lado las concepciones realmente significativas. Proporcionan al mismo tiempo cierto número de elementos acerca de las situaciones didácticas y de las intervenciones del enseñante que pueden ser facilitadas por el contrario, en mascaradoras o desmotivantes.

Modo de elaboración de los distintos instrumentos utilizados.

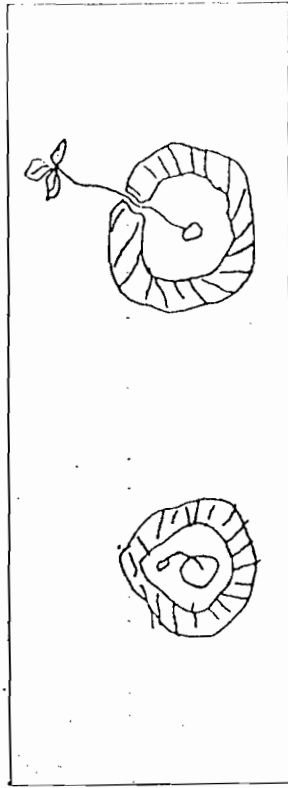
Hemos precisado ya, que, según nuestro parecer, un trabajo de investigación de este tipo debe utilizar, de manera conjunta, el mayor número posible de instrumentos didácticos; veamos ahora cómo los hemos construido.

Los cuestionarios pueden ser directivos o semidirectivos, de preguntas abiertas, cerradas o de elección múltiple, y ser propuestos en distintos momentos del proceso pedagógico (pretests, miniventarios intermedios, postests inmediatos a la actividad o planteados, por ejemplo, uno o tres meses después). Se pueden presentar todas las preguntas a la vez o poco a poco, siguiendo una progresión decidida de antemano. Pueden realizarse después de la presentación de documentos escritos, audiovisuales o experimentales, o tras algunas observaciones de los alumnos. Podrán dirigirse a toda la clase, a pequeños grupos o a alumnos aislados. La utilización de dibujos puede ser voluntaria u obligatoria. Por último, nos parece importante no "dejar caer" un cuestionario sobre una clase sin crear una motivación previa unida al sujeto proponente dicho o a la situación pedagógica creada(2).

En cuanto a la elaboración propiamente dicha de estos cuestionarios escritos, hemos sido muy cuidadosos con el tipo de preguntas planteadas, con los símbolos utilizados, así como con el orden de presentación.

En la elección del tipo de preguntas, es interesante poner en juego situaciones familiares, con el fin de unir la construcción de los conocimientos de las personas con su práctica (por ejemplo: "¿por qué las semillas no germinan cuando están dentro del saco, en la semillera?"). La mayoría de las veces, cuando se trata de hacer emerger las concepciones, las cuestiones planteadas han de situarse en un plano bastante general, lo que provoca respuestas de contenido descriptivo. Si se cree interesante, se pueden plantear preguntas acerca de la explicación de hechos o elementos más puntuales; ello nos aleja de la creencia según la cual un fenómeno bien descrito es un fenómeno bien interpretado. Con el fin de verificar esto, hemos planteado a menudo, por escrito u oralmente, preguntas complementarias. Pongamos un ejemplo para aclararlo: ante la pregunta: "Intenta explicar todo lo que pasa cuando germina una semilla". Patricia, de 8 años, realiza el siguiente dibujo:

(2) "Toute avancement part de une demande, sea ésta un choque brutal contra una farola, una pregunta de examen o una trampa elaborada por el encuestador", en L. VIENNOT, *Le raisonnement spontané et dynamique élémentaire*, París, Hermann, 1979.



Esta producción puede parecernos bastante satisfactoria. Encontramos la presencia de un tegumento y de un gérmen, la rotura de este tegumento, el desarrollo de la plántula y la disminución de volumen de la parte central, como si se agotaran las reservas... Y, sin embargo, he aquí lo que una entrevista complementaria sacó a la luz:

M (nosotros): intenta explicar cómo la semilla ha podido convertirse en lo que está en el segundo dibujo.

P (Patricia): para que la semilla pueda germinar tiene que haberse tragado tierra húmeda.

M: ¿la semilla tiene boca?

P: ¡no!, es el agua la que le hace un agujero a la sustancia.

M: ¿qué es la sustancia?

P: es esto (señalando la envoltura de la semilla de su dibujo explicativo), es como una especie de muro de piedra que impide que la semilla crezca y el agua va a hacer un agujero para que la semilla pueda salir.

M: ¿entonces, la sustancia no pertenece a la semilla?

P: (duda) no, está alrededor.

M: ¡ah!, ¿y en qué se convierte cuando la semilla ha germinado?

P: se hunde en la tierra porque la planta se apoya sobre ella para crecer(3).

Por lo tanto, somos partidarios de las preguntas abiertas, pues permiten al investigador, entre otras cosas, no revelar sus propias motivaciones y representaciones; y que las respuestas, en muchos casos, sean retomadas y explicitadas en detalle.

Esto nos ha llevado a construir cada cuestionario en etapas sucesivas. Veamos, por ejemplo, como podemos elaborar un pretest. Después de haber emitido algunas hipótesis sobre la posible existencia de concepciones previas relativas a un concepto, podemos proponer a los alumnos de una clase un cuestionario muy general, seguido de una discusión colectiva y de algunas entrevistas individuales.

(3) Observación de G. DE VECCHI - niños de 8-9 años - 1983, Tesis del 3er ciclo, Universidad de París VII, París, 1984.

El análisis de las informaciones recogidas afina las hipótesis emitidas en relación con las representaciones subyacentes, lo que permitirá la elaboración de un segundo cuestionario, en el que se incluirán peticiones más precisas, propuestas a los mismos alumnos. Al tener en cuenta las respuestas de éstos, nos podemos ver obligados a modificar las preguntas en función de su impacto real; algunas incluso habrán de ser eliminadas. El nuevo cuestionario se pasará en otra clase. Las peticiones se afinarán progresivamente hasta que resulten realmente pertinentes. El pretest podrá proponerse ahora a otras clases, lo que permitirá obtener resultados realmente significativos. Sólo cuando manifieste cierta homogeneidad en las respuestas, podrá ponerse en marcha una acción pedagógica y evaluar su eficacia.

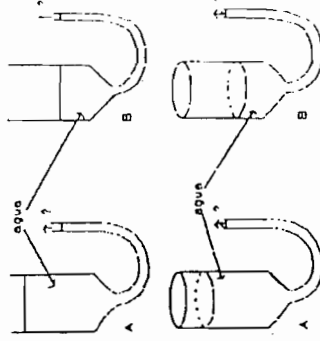
Si es necesario eliminar ciertas preguntas en el proceso de elaboración de un pretest, es porque a menudo tienen una respuesta múltiple, suscitan únicamente respuestas estereotipadas o pueden "cortocircuitar" una etapa de la senda intelectual de los alumnos. Por otro lado, unas buenas observaciones de los niños pueden provocar discusiones verbales interesantes, pero es posible que no conduzcan siempre a preguntas escritas que sean pertinentes; algunas preguntas, aisladas por completo de la situación vital en la que se originaron, no presentan ningún interés. Por último, otras son en exceso complejas, para ser entendidas por los alumnos y éstos, sintiéndose obligados a contestarlas, producen textos que guardan poca o ninguna relación con sus concepciones subyacentes. Otras preguntas deben transformarse, pues pueden dar lugar a diferentes interpretaciones y llevar a fórmulas "de compromiso". Por ejemplo, "¿para qué sirve el estómago?" lleva a gran número de respuestas del tipo: "para vivir", "para digerir", etc. Otra formulación, del tipo: "¿cómo funciona tu estómago?" nos parece bastante más rica. Por último, queremos señalar que es mejor utilizar con prudencia los cuestionarios con ítems; comportan con excesiva frecuencia respuestas exactas, pero basadas a menudo en argumentos falsos que quedan ocultos para el investigador.

La elección de las palabras también nos parece fundamental. Deben ser sencillas y precisas, para evitar toda ambigüedad. Algunos términos pueden ser adoptados: un función de su significado para el alumno, aunque científicamente no se correspondan con la elección más pertinente. No hay que soslayar la repetición de ciertos términos, evitando abusar de ellos; de este modo las formulaciones parecen estar más claras, sobre todo para los más pequeños. A veces pueden darse algunas explicaciones complementarias de viva voz, que no deben tratar jamás sobre el "fondo" de la pregunta, sino acerca del significado exacto de ciertos términos. El hecho de comprobar las cuestiones puede permitir hacerlas más concretas. Así hemos presentado algunas bajo dos formulaciones alternativas, con el fin de seleccionar la que nos pareciera más apropiada. Por último, y en la medida de lo posible, deben evitarse los "por qué", favorecen en exceso el finalismo, por ejemplo en Biología.

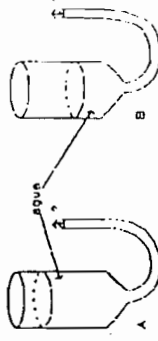
La elección de los símbolos debe realizarse también con cuidado. Por ejemplo, los esquemas deben ser comprobados de antemano. Veamos, como ejemplo, cómo hemos elaborado de forma progresiva la presentación de una pregunta que incluía un montaje experimental(4). Se pedía a los alumnos que anticiparan los resultados de un experimento (véase cuadro adjunto). Nos decidimos por no presentar el montaje real, pues el resultado hubiera sido inmediato; la construcción y experimentación fueron realizadas con posterioridad.

"He aquí dos montajes experimentales; ¿saldrá el agua por el orificio donde está colocada la flecha? ¿Cómo lo explicas?"

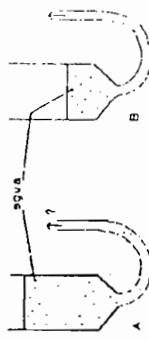
1er esquema propuesto:



2º esquema propuesto:



3er esquema propuesto (propuesta definitiva):
"He aquí el esquema de dos experimentos:"



¿Hasta que altura puede llegar el agua en los dos tubos más finos? (ayúdale coloreando el agua). ¿Saldrá el agua por los dos orificios donde se encuentran colocadas las flechas? ¿Cómo te lo explicas?"

El análisis de los resultados obtenidos nos lleva a hacer varias observaciones. El hecho de haber materializado la altura del agua en el tubo fino planeó probable a numerosos niños: consideraron que los niveles representados eran fijos, sin pensar que podían corresponder a un estado inicial únicamente. El líquido no podía salir. Decidimos, en la siguiente presentación del test, no indicar ya la altura del agua en el tubo fino. Algunos alumnos no se dieron cuenta de que el nivel del

(4) Investigación de G. DE VECCHII -distintas clases de niños de 9-11 años 1984. Tesis de: Sorbonne Universidad de París VII, París, 1984

agua en el tubo grueso, era más elevado; su respuesta, no pudo ser tomada en cuenta, pues, para acercarnos al concepto de presión. Por último, otros niños tuvieron dificultades para pasar de un esquema plano a una realidad en tres dimensiones.

Teniendo en cuenta estas diferentes observaciones, construimos un segundo esquema y lo propusimos a otros alumnos. Nos dimos cuenta de que las modificaciones adoptadas no mejoraban en nada la comprensión; por un lado, la representación de la pequeña abertura había materializado, para algunos, el nivel del agua en el tubo fino, y por otro lado algunos niños habían interpretado el montaje como constituido por dos tubos cerrados en los dos extremos. Elaboramos un tercer esquema; hicimos la precisión, al presentarlo a los alumnos, de que los dos tubos estaban abiertos y que la altura del líquido en el tubo fino no se había representado. Los niños consideraron todos, en efecto, que los tubos estaban abiertos; el nivel en el tubo ancho fue tenido en cuenta, pero el hecho de que faltaran los puntos en el otro lado influyó, a pesar de todo, en algunos. Para mejorar el enunciado, transformamos también el texto (ver propuesta definitiva). El hecho de colorear el líquido favoreció que tomaran conciencia de la diferencia de nivel existente entre los dos tubos anchos; permitió también una mejor comprensión del problema de la ausencia de puntos en la rama derecha de los montajes. Esta presentación se mostró eficaz; por lo tanto fue adoptada.

Pero, ¿hasta todo esto para eliminar las preocupaciones "parásitas", permitiendo a cada niño discernir adecuadamente la noción que debía analizar? No lo creemos; ¿Qué podríamos decir de esta observación de un alumno: "y los tubos, ¿cómo se sostienen?, ¿se sostienen solos?". Este tipo de trabajos nos ha permitido, una vez más, tomar conciencia del hecho de que lo "evidente" para un adulto puede no serlo en absoluto para un niño.

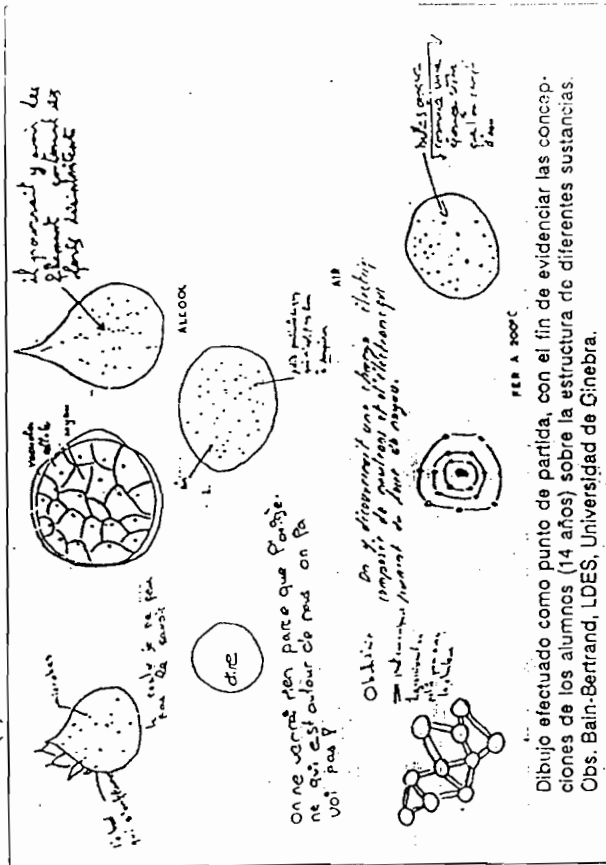
Aunque la mayoría de las veces el investigador analice de forma individual los resultados de cada una de las distintas cuestiones, la elección del orden de las preguntas no debe descuidarse. Debe ser determinado de forma rigurosa, no sólo en relación con un enfoque que se considere lógico en la construcción de los conceptos, sino sobre todo al separar claramente una pregunta que pudiera hacer surgir otra.

La utilización de los dibujos constituye un segundo método de aproximación que permite descubrir las concepciones de los alumnos. Es interesante ayudarse de este instrumento didáctico, especialmente con alumnos pequeños, pues se muestran interesados por este tipo de producciones y es un lenguaje adaptado a sus medios de expresión, lo que lo hace con frecuencia más accesible que el discurso.

Un dibujo infantil depende del contexto en el que se ha realizado(5). Es, pues,

(5) P. BLOUQUET, *L'interprétation des dessins d'enfants*, Bruxelles, Charles Dessart, 1965

importante precisar al alumno, al menos al principio, que pedimos un dibujo explicativo, con el fin de que no haya confusión con una obra de imaginación o de creación, como las que los maestros suelen pedir en plástica, por ejemplo. Además, Luquet resalta que, para los niños pequeños (hasta al menos los 7-8 años), "una figura explicativa no es un dibujo" pues éste "se caracteriza por su inutilidad"; cita a un niño que dice: "Esto no es un dibujo, es algo para explicar cómo está hecho"(6).



Dibujo efectuado como punto de partida, con el fin de evidenciar las concepciones de los alumnos (14 años) sobre la estructura de diferentes sustancias. Obs. Bain-Bertrand, LDES, Universidad de Ginebra.

"El dibujo infantil, como cualquier otro sistema de imagen, no es el reflejo de la realidad sensible, sino su transcripción simbólica(7). A primera vista, esto podría representar un obstáculo para el investigador, pero cuando, por ejemplo, se aborda el tema del interior del propio cuerpo, las personas pueden transmitir gran número de informaciones. El niño, incluso desde muy pequeño, es capaz, en efecto, de utilizar procedimientos que van en contra del realismo visual, al no estar preocupados por "representar las cosas tal y como son, sino por figurarlas de la forma que las haga lo más fácilmente identificables que le sea posible... Actuando detalles, despreciando la congruencia visual, el niño no acentúa el

(6) G. H. LUQUET, *Le dessin enfantin*, 1ª edición, Alcan, 1927
(7) M. C. DETIENNE, *Le dessin chez les enfants*, París, PUF, 1973

realismo de su dibujo, todo lo contrario. Pero se escuda en lo que podríamos llamar la cantidad de información que contiene su dibujo. Cuantas más cosas quiera decir un dibujo, más interesa al niño⁽⁸⁾. La persona posee pues, desde muy joven, la posibilidad de "esquemmatizar"; el representar un órgano interno, por ejemplo, no le planteará pues ningún problema (fenómeno llamado de "transparencia", estudiado por Luquet⁽⁹⁾). Ello debe unirse al hecho de que, como explica Wallon, "el niño copia poco del natural, en contra de lo que sucede a menudo con el adolescente⁽¹⁰⁾. Parece pues importante incitar a las personas a perseguir, completar y enriquecer sus dibujos, a acumular detalles, aunque lo hagan en contra de la congruencia visual; en efecto, pensamos que de este modo, aunque una producción pierda su realismo, aumenta la cantidad de información puesta a nuestra disposición.

Por último, cada vez que se trata de aprehender la idea que tienen acerca del cuerpo, es interesante pedir a los niños que dibujen el suyo propio, con el que se encuentran más sensibilizados. "La conciencia del esquema corporal propio se establece mucho más fuertemente que la del otro"⁽¹¹⁾.

Las entrevistas están centradas únicamente en una relación verbal investigador-alumno. La técnica utilizada es parecida a la del método clínico de Piaget, definiéndose como una "actitud experimental que no está totalmente estandarizada, pero que intenta adaptarse a cada sujeto, adoptando, en la medida de lo posible, sus conceptos y su representación de la situación"⁽¹²⁾. Puede tratarse de entrevistas semidirectivas, que ofrecen ventajas sobre los cuestionarios: permiten, sobre todo a los niños más pequeños, expresar más ideas. Las entrevistas, al ser verbales, no se consideran como controles, lo que siempre sucede, dentro de ciertas clases, cuando se pide algo por escrito. Favorecen un intercambio más libre, menos limitador, y más adaptado, al estar las peticiones en relación directa con la evolución del pensamiento del niño.

Las preguntas planteadas deben, con la mayor frecuencia posible, presentarse de forma abierta, con el fin de que las respuestas no estén en relación excesivamente directa con las expectativas del investigador. Por otro lado, al tratarse de una entrevista relacionada con un trabajo realizado anteriormente por la persona en cuestión, el entrevistador no debe plantear preguntas estereotipadas, lo que va a permitirle obtener respuestas nuevas pues, como dice Verghnaud, este instru-

(8) D. WIDRISCHER, op. cit.

(9) G. H. LUQUET, op. cit.

Según Widrischer, "este fenómeno llamado transparencia no merece este nombre, pues es al mismo tiempo interior y exterior lo que el niño representa, sin combinar lógicamente estas dos representaciones".

(10) H. WALLON, Entretiens sur le dessin de l'enfant, Cahiers du groupe: Française Minkowska, diciembre 1963.

(11) C. KOHLER, L'image du monde extérieur et de sa propre personne chez l'enfant, Annales médico-psychologiques, Lyon, febrero 1965.

(12) A. COULIBALY y A. GIORDAN, en L'élève et/ou: les connaissances scientifiques, ibid.

mento es válido" con la condición de que las tareas y preguntas presentadas al sujeto sean relativamente inesperadas y no le induzcan, lisa y llanamente, a recordar una lección aprendida⁽¹³⁾. Por último, parece interesante plantear preguntas que se solapen, lo que se corresponde con un artificio técnico que permite conocer mejor el pensamiento del que responde.

4.2. Tratamiento de la información.

El análisis de la información es una labor exigente; si se quiere llegar a hechos didácticos, dicho análisis debe utilizar técnicas contrastadas y estar basado sobre la posibilidad de repetición de los hechos. En el estado actual de la investigación en nuestro campo, es imposible satisfacer completamente este principio (de hecho ocurre lo mismo con gran número de ramas científicas). Pero intentaremos aproximarnos a ello por medio de la confrontación de ciertos elementos y gracias a la construcción de algunos instrumentos específicos (indicadores, tramas de análisis, etc.).

Su comprobación se realiza a partir de las diferentes fuentes de información mencionadas anteriormente, y sobre la base de las interpretaciones que provienen de varios analistas que trabajan sobre estos mismos elementos. Se enriquecen, y su fiabilidad se refuerza, cuando los observadores pertenecen a diferentes categorías: enseñantes, psicólogos, científicos y, en su caso, epistemólogos, historiadores de la ciencia...

Con el fin de identificar y clarificar el aspecto repetitivo de ciertas concepciones y de las operaciones utilizadas, por lo tanto, los obstáculos que aparecen, han sido elaborados diferentes instrumentos. Se trata, bien de simples listas de indicadores que caracterizan el comportamiento, las operaciones realizadas o el marco de referencia utilizado, bien de tramas de análisis más complejas que categorizan estos indicadores. Estas tramas de análisis permiten por lo general filtrar los resultados obtenidos en el seno de una población de personas. Sin embargo, con el fin de precisar el pensamiento de un individuo en concreto, pueden construirse cuadros de representaciones por analogía con los estudios de casos (psicología clínica). Estos se elaboran a partir del reagrupamiento de los elementos significativos surgidos de las entrevistas, entrevistas clínicas y producciones escritas. Se trata de una interpretación, o más bien de una metainterpretación, surgida de un análisis a "varias voces". Estas tramas permiten observar con detalle numerosos fenómenos relativos al marco de referencia, la formulación, la explicación y

(13) G. VERNAUD, Didactique et psychologie. Problèmes et méthodes. Actes de las segundas jornadas sobre la Educación Científica, Chamonix, febrero 1980.

las transformaciones posibles de estos elementos; cuando no existe evolución significativa, nos encontramos en presencia de un obstáculo que deberemos definir de forma precisa.

Por razones prácticas, nos parece importante precisar algunos aspectos relativos al tratamiento de la información.

La terminología utilizada por las personas debe ser a veces, "decodificada". Por ejemplo, a la pregunta: "Cuando echamos una pizca de sal en un vaso lleno de agua, la sal desaparece. Si ya no vemos la sal, ¿sigue existiendo?", algunos niños responden que "la sal no existe ya" (14).

Si se aceptan las respuestas tal y como se dan, se puede deducir que, para algunos, la conservación de la materia no es un hecho adquirido aún, lo que coincide con los trabajos de Piaget. Sin embargo, cuando hacemos que se expliquen los autores de estas respuestas, nos damos cuenta de que todos, al hablar de la inexistencia de la sal, no la entienden como pérdida de su existencia, sino como desaparición visual. De hecho, en nuestro lenguaje, sucede que "desaparecer" o "dejar de existir" pueden tener el mismo significado (morir). Esta confusión fue confirmada por la observación de otro alumno: "mi padre me ha dicho que la sal desaparece, pero yo se que sigue existiendo". Es esencial llevar a cabo, lo más a menudo posible, este tipo de análisis, con el fin de no caer en errores que llevarían, sin remedio, a falsas interpretaciones (15).

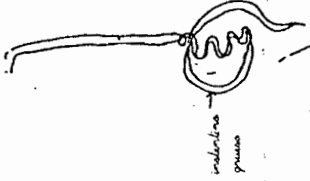
Ciertos obstáculos pueden enmascarar los conocimientos. Cuando se trata, por ejemplo, de representar mediante un dibujo el camino recorrido por el alimento dentro del cuerpo, tanto en la escuela elemental como en el colegio (incluso en clases de 3º, 14-15 años), nos encontramos con gran número de alumnos que no hacen salir de nuevo una parte de los alimentos bajo la forma de desechos; esto se encuentra tanto en niños que ya han estudiado el tubo digestivo como en otros que aún no lo han estudiado.

Ahí también, si los dejamos expresarse, nos damos cuenta de que la mayoría no están equivocados, que se dan cuenta de la relación directa existente entre la toma de alimentos y la eyección de excrementos - e incluso a veces de la orina; pero no "se atreven" o "no saben cómo decirlo".

(14) Entrevista de G. DE VECCHI, niños de 9-10 años, Escuela Ris-Orangis, 1983

(15) Cuando hemos abordado este tema, el objetivo de esta pregunta no estaba en relación con la idea de la conservación de la materia, sino más bien con la de representación del estado de disolución; y si las respuestas más frecuentes han sido "la sal se funde", "abordamos posteriormente la diferencia entre fusión y disolución" y "la sal existe todavía" ("si probamos el agua, sabe salada"), hemos recogido sin embargo otras afirmaciones al menos interesantes: "el agua hace que la sal sea cada vez más fina y por lo tanto desaparece" (Valérie R., 10 años) - "sí, existe todavía pero el agua se la ha llevado" (Frédérique, 9 años) - "mi papá (químico) me ha dicho que la sal estaba formada por dos partes que se separaban en el agua, eso es lo que la hace desaparecer" (Valérie C., 9 años) - "sí, existe todavía porque cuando se echa sal al agua, la sal se bebe el agua y se queda como está" (Christophie, 10 años)

Observemos el siguiente dibujo:



El tubo digestivo es cada vez más fino hasta que "desaparece"... lo que, de hecho, al mismo tiempo, hace desaparecer el problema de los excrementos (representación que nos encontramos muy a menudo). Hay que decir también que en la clase de Severine la personalidad de la maestra ha tenido como efecto probable, en muchos niños, la "esterilización" de su representación del tubo digestivo, más que su enriquecimiento con conocimientos reutilizables; en efecto, cierto ambiente de falta de naturalidad ha impedido a los alumnos expresarse con toda espontaneidad. Pero esto no impide que, en las clases de niños más pequeños, hayamos encontrado niños que dibujan, "de buena fe" al parecer, el tubo digestivo como un "calleción sin salida", o incluso órganos diversos sin unión entre ellos; pero en cada uno de los casos las entrevistas han demostrado que tenían conciencia clara de que "la caca viene de lo que se come" (Muriel, 7 años); es la relación entre el tubo digestivo y los excrementos lo que puede que no sea tan evidente. En este ejemplo, nos damos cuenta una vez más de que no debe analizarse las respuestas en primer grado; de hecho, todo lo que se relaciona con el cuerpo del niño está fuertemente cargado de afectividad. Este fenómeno está bastante generalizado; Jacques Lalanne escribe, por ejemplo, que es difícil a veces "deslindar lo que es debido al antropomorfismo, originado en las pulsiones profundas del niño, de lo que es debido al lenguaje y a su bloqueo sobre el pensamiento infantil" (16).

Las informaciones obtenidas se encuentran a veces condicionadas por el hecho de que el niño está más preocupado por responder que por explicarse; es preciso tener en cuenta el sentido profundo de este problema; "mediante sus respuestas en una situación de entrevista, el niño manifiesta tanto, si no más, su preocupación por colmar las expectativas del interlocutor, como por manifestar

(16) J. LALANNE, *Contribution à l'étude du développement de la pensée scientifique (en situation sociologique) chez les enfants de 6 à 14 ans*. Tesis del 3er ciclo, Universidad de Bordeaux II, 1983

su pensamiento o su búsqueda de la comprensión. Sus respuestas están marcadas por la intención que atribuye a su destinatario o al menos por la imagen que tiene de ella" (17).

Además, es posible, según la situación vivida, asignar un sentido diferente a la pregunta planteada: "Entre el niño y el adulto la mayor diferencia, en un primer nivel, en todo caso, es quizás el sentido de la pregunta. Es verosímil que el "por qué" infantil sea ante todo un instrumento para establecer un diálogo, una relación; el término "por qué" es susceptible de mantener el curso de la conversación con el interlocutor adulto, y, en ciertos medios, de provocar toda una avalancha de palabras por su parte: ¡qué eficaz!, puede ser el medio de atraer la atención, de compartir el asombro, de hacer una especie de poesía, cuando el adulto lo que provoca, en principio, es la explicación de una relación de casualidad y es en este sentido en el que responderá generalmente al niño" (18). Resaltamos, de todo esto, que las respuestas de los alumnos no son siempre tan espontáneas, inocentes y claras como algunos podrían pensar.

En cuanto al análisis de los dibujos infantiles son igualmente importantes ciertas observaciones. A partir de los 4 ó 5 años, se alcanza el estadio del "realismo intelectual", descrito por Luquet; se caracteriza por la necesidad de significar la realidad utilizando esquemas gráficos. Pero es necesario adoptar una actitud prudente, por el hecho de que el dibujo "si no es una imagen", corresponde a "un modo de escritura complejo". Daniel Widlocher (19) precisa que hay, en efecto, diferentes enfoques posibles: "contemplarlo en función de la materialidad de los signos, buscar en su estilo general la proyección de una personalidad, no observar sino el tema figurado o descubrir en él el testimonio de una actividad psíquica inconsciente en el sentido freudiano del término". En relación con nuestro tema, lo adecuado es hacer únicamente una lectura ligada a los contenidos conceptuales. No se trata de aprehender el efecto global producido por el dibujo, sino de analizar los detalles acumulados intentando esclarecer las relaciones que presentan con el conocimiento. Es interesante apuntar que la acumulación de detalles representados aumenta con la edad y no depende únicamente de las nuevas adquisiciones; es también función del desarrollo mental de la persona. A menudo los detalles de un dibujo se relacionan con la huella de la vida emocional; por ejemplo, Marie-Claire Dubienne subraya que las niñas dibujan más los cabellos que los niños, pues constituyen un elemento importante de sus personas. Además, el dibujo no es una imagen separable de su contexto; es un mensaje destinado al otro (20). Es laborado atendiendo a una solicitud externa; siendo conscientes de

ello, será útil incitar a las personas a representar el máximo de informaciones explicativas, lo que no dejará de enriquecer nuestro análisis. Hay que tener en cuenta el hecho de que, como escribe Luquet, "cuando el enseñante solicita cierta respuesta de los alumnos... fundamenta de hecho su expectativa de respuesta en una referencia más o menos precisa al curso de su propia formación". En existente sobre el objeto estudiado en el transcurso de su propia formación. En efecto, es delicado comprender lo que un niño ha querido expresar al emplear éste un código que nos puede hacer pensar en "errores científicos", cuando es en otro sentido en el que hay que hacer el análisis.

En un cierto momento, los dibujos corresponden a un "tipo" ("tipo" como sinónimo de "prototipo", "modelo", N. de T.), y estos tipos son persistentes; es interesante subrayar que esto no deja de recordarnos lo que sucede con las concepciones previas. Hablando de alumnos de edad más avanzada, Luquet escribe: "las sugerencias extrañas, entre ellas las que puede recibir el niño en la escuela, si bien pueden ejercer una acción momentánea, no aportan modificaciones duraderas a estos tipos espontáneos. A veces la modificación aportada al tipo es aceptada al menos para ese dibujo, y puede no conservarse en los siguientes, pero el dibujo es completado de forma que concilie la innovación con la conservación del tipo: lo nuevo se hace un lugar al lado de lo antiguo sin intentar suplantarlo... Esta conservación de lo antiguo junto a lo nuevo conlleva una curiosa consecuencia: sucede a veces que un detalle único en un objeto real sea incluido 2 veces en el dibujo, sin que por ello el autor se sienta en absoluto molesto" (21). Por esto, cuando un alumno dibuja para su maestro, adopta provisionalmente, para esa ocasión, los tipos de dibujo de esa persona en lugar de los suyos propios (22). Sucede con frecuencia que nos encontramos con diferencias significativas entre los borradores y las producciones definitivas de los alumnos cuando efectúan la representación gráfica de montajes experimentales en el espacio, por ejemplo; a veces, en el cuerpo humano, son los mismos órganos los que se reproducen de dos formas distintas en el mismo dibujo. Luquet denomina a este fenómeno la "duplicidad de los tipos".

Es por este conjunto de motivos por lo que pensamos que una sola evidencia no basta para concluir, y que la búsqueda de las concepciones subyacentes a las producciones de las personas implica, en cierta medida, considerar las interpretaciones sólo como hipótesis que deberían verificarse realizando, por ejemplo, una entrevista complementaria con los autores de algunos dibujos.

Esto iluminaría al investigador acerca de ciertos "códigos" que podrían haber-

(17) A. N. PERRÉC-CLERMONT, Des conditions psychosociales d'émergence des connaissances scientifiques (du chercheur adulte à l'élève). Actes de la 1^{re} Journée Internationale sur la Éducation Scientifique, Cham-nix 1983

(18) A. N. PERRÉC-CLERMONT, op. cit.

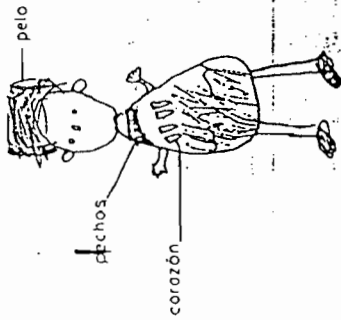
(19) D. WIDLOCHER, op. cit.

(20) Idea sobre la que insiste J. BOUTONNIER en *Les destins d'enfants*, París, Ed. Sarrailh, 1933

(21) G. H. LUQUET, op. cit.

(22) Fenómeno ya constatado por A. KERLAN y G. COTTE-EMARD en *L'enfant et son corps*, Bouchon, CRDP, 1979

se inducido a error, como este dibujo de René:



Varios corazones en el mismo dibujo no quieren decir que haya varios, sino que el corazón late.
(Obs. G. DE VECCHI)

Inversamente, sobre todo en lo que respecta al acercamiento al cuerpo, no hay que interpretar ciertos elementos ausentes o únicamente esbozados (por ejemplo: trazo dubitativo, órgano inacabado...) como resultado sistemático de un desconocimiento; Henri Wallon (23) insiste sobre el hecho de que el estado emocional del niño es indisoluble de su producción. Por último, es peligroso seleccionar automáticamente lo que emerge en un momento dado, pues hemos obtenido a veces dibujos muy diferentes realizados por el mismo alumno en momentos distintos. Es necesario no contentarse con "impresiones" (sobre todo si corroboran nuestras hipótesis).

La interpretación de las entrevistas y de las observaciones en clase deben ser también meticolosas. Deben realizarse muchas entrevistas individuales. Se utilizarán concretamente para complementar la información o para verificar determinadas hipótesis interpretativas, como ya decíamos anteriormente. Sin embargo, el análisis de las entrevistas no está exento de peligros; citemos algunas frases del nº 106 de las Recherches pédagogiques del INRP (24): "existen interacciones, influencias recíprocas entre el encuestador y el encuestado... Piaget señala dos peligros más...: atribuir a todo lo que dice el niño bien su valor máximo, bien su valor mínimo. Dicho de otra manera, creerlo todo, "tragárselo todo" o no aceptar

(23) H. WALLON, La Kinesthésie et l'image visuelle du corps propre chez l'enfant, *Bulletin de psychologie de la Universidad de París*, 1954
(24) I.N.R.P., Activités éducatives scientifiques à l'école élémentaire: V. Démarches pédagogiques en initiation, physique et technologique, *Recherches pédagogiques*, nº 106, 1980

nada como material significativo. Al contrario, es importante situar cada respuesta en su contexto mental, lo que implica un diagnóstico verdadero de las reacciones individuales (rechazo del niño, juego infantil en el que responde sin pensar, respuesta sugerida, etc...). Piaget distingue 5 tipos de reacciones observables... El "noimportaquismo": este término, poco elegante, se debe a Binet-Simon... La *fabulación*: el niño responde sin pensar a la pregunta inventando una historia en la que no cree o en la que cree por simple arrastre verbal. La *respuesta sugerida*:... el niño hace un esfuerzo por responder a la pregunta, pero la pregunta es sugerente y el niño intenta únicamente contentar al adulto considerado como un examinador... La *creencia provocada*: cuando el niño responde después de reflexionar, extrayendo la respuesta de su propio interior, sin sugerencias, siendo la pregunta nueva para él... La *creencia espontánea*: el niño no tiene necesidad de razonar para responder a la pregunta, puede dar una respuesta preparada por que ya ha sido formulada o es formulable... es el fruto de una reflexión anterior original...

Cambiando las preguntas, como sugiere Piaget, es como podemos distinguir estas cinco categorías de respuestas; esto no es tan difícil pues, si las entrevistas están bien llevadas, la mayoría de las afirmaciones de los niños se sitúan en las dos últimas categorías.

En cuanto a las observaciones en clase, parece difícil utilizar las tramas de análisis del tipo de Landsheere, Flanders, Postic, etc., al haber sido elaboradas éstas más bien en la perspectiva de evaluar la pedagogía, en tanto que suma de elementos adquiridos por los alumnos, o de examinar las prestaciones del docente; esto no se corresponde con el objeto buscado aquí. Nuestro objetivo esencial debe ser el de recoger un conjunto de formulaciones de los alumnos, ver cuáles son las representaciones subyacentes, con cuál (es) concepto(s) se relacionan, y analizar si las concepciones, que se suceden durante un tema de estudio, pueden evolucionar en relación con un concepto definido previamente. Será el estudio sistemático de los distintos niveles de formulación y de aquello que llamaremos más tarde "rellanos de integración", lo que podrá permitirnos medir esta evolución, y son los pasos atrás los que nos ayudarán, a veces, a identificar el (los) elemento(s) responsables. En lugar de utilizar sistemáticamente una evaluación sumativa (comparación pretest-postest), es más enriquecedor seguir continuamente el proceso de los alumnos (evaluación formativa); además, las relaciones establecidas entre los resultados de varias clases, en las mismas condiciones (situaciones estándar), nos permiten aventurar cierto número de conclusiones generalizables.

Como resumen: la recogida y el tratamiento de la información tienen como objetivo evidenciar cierto número de elementos característicos que llamaremos "indicadores"; éstos permitirán inferir las dificultades con las que se encuentran las personas. Insistimos en el hecho de que los obstáculos, en ciencias, no pueden ser definidos directamente a partir de situaciones clínicas sencillas (estudios de

Los orígenes del saber

casos), sino que es indispensable confrontar cierto número de datos cuyo origen sea diverso. Son estos solapamientos de información los que permitirán inventariar y caracterizar los obstáculos significativos y seguir la evolución de la construcción del saber de las personas.

UNIDAD III. PRINCIPIOS, PLANES, ESTRATEGIAS Y TACTICAS

En los textos incluidos en esta unidad se enuncian algunos principios metodológicos para la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela primaria, a partir de un enfoque constructivista. En algunos casos (como el texto de M. Arca), se describen experiencias concretas de enseñanza.

Qué es la Educación Ambiental

A lo largo de su historia los grupos humanos han mantenido una profunda relación con la naturaleza. Se dice que la historia de la humanidad y la cultura han sido expresión y producto de las diversas maneras como los seres humanos se han relacionado entre sí y con la naturaleza de la cual forman parte.

La relación entre los grupos humanos y la naturaleza es tan diversa como diversas han sido las formas de organización social, el modo de vida y la cultura de los pueblos en diferentes momentos de la historia. Pero paulatinamente se han ido imponiendo los propósitos de controlar los fenómenos naturales, adaptar las condiciones del ambiente a las necesidades propias del estilo de vida de las sociedades y utilizar los ecosistemas como fuente de recursos. Al mismo tiempo, los humanos han sido modificados por la naturaleza. Desde el desarrollo y estado de su cuerpo, hasta las formas de organización social y las relaciones con otros grupos, han sido influidos por las condiciones del medio en que se desarrolla la historia de cada pueblo.

El momento actual se caracteriza por el predominio de un sistema social cuya cultura concibe al ambiente como un espacio que debe ser dominado por los humanos y lo explota como si fuera una fuente inagotable de recursos. Como resultado de esa visión y esa forma de relación con la naturaleza, la humanidad se enfrenta actualmente con varios problemas que representan un serio peligro para la vida en la Tierra.



Los problemas del medio ambiente, provocados por la sociedad, exigen acciones inmediatas y urgentes. Esas acciones no se pueden llevar a cabo si los miembros de la sociedad siguen pensando que la naturaleza es un depósito de recursos que sólo están ahí para sacar el máximo provecho de ellos.

Sobre todo en los últimos veinte años se ha hecho clara la necesidad de modificar la relación entre la sociedad y el ambiente. Entre otras cosas, esto implica desarrollar procesos educativos que generen una manera diferente de entender la relación que establecen las personas con el ambiente del cual forman parte.

La Educación Ambiental es un proceso que forma a la persona para participar en la construcción de una relación armónica entre su sociedad y el ambiente. Este proceso desarrolla conceptos, actitudes y capacidades que permiten comprender, evaluar y transformar las relaciones entre una sociedad, su cultura y el medio.

Las *actitudes* que desarrolla la Educación Ambiental promueven la toma de conciencia sobre la necesidad de buscar una relación más armónica entre la sociedad y la naturaleza. También promueven la adquisición de valores y hábitos de participación en la protección y mejoramiento del medio.

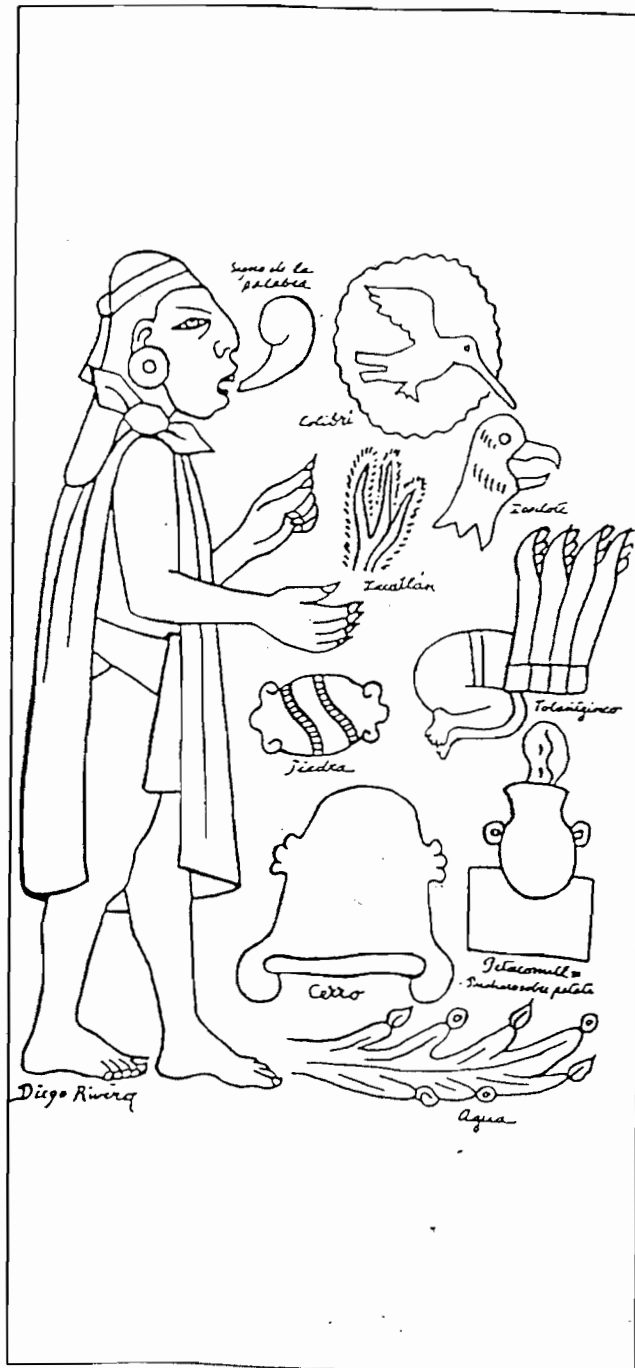
El desarrollo de *capacidades* se refiere a las habilidades que permiten al alumno analizar críticamente su entorno social y natural, y participar en la búsqueda de diversas opciones para enfrentar los problemas del medio ambiente.

El desarrollo de *conceptos* consiste en la adquisición de conocimientos necesarios para comprender en forma global la estructura y funcionamiento del medio ambiente, las acciones del hombre sobre éste y los problemas derivados de la interacción entre ambos.

En la Educación Ambiental se integran enfoques, métodos y conocimientos de diversas disciplinas, ya que lo ambiental no es sólo lo biológico. El medio ambiente incluye a los grupos humanos, las relaciones que establecen entre ellos y las que mantienen con la naturaleza y sus múltiples elementos.

Por estas razones, la Educación Ambiental no puede ser una materia más en el plan de estudios de la educación formal. Para la Escuela Primaria, la Educación Ambiental es un marco de referencia que ayuda a decidir qué conviene enseñar, para qué y cómo enseñarlo.

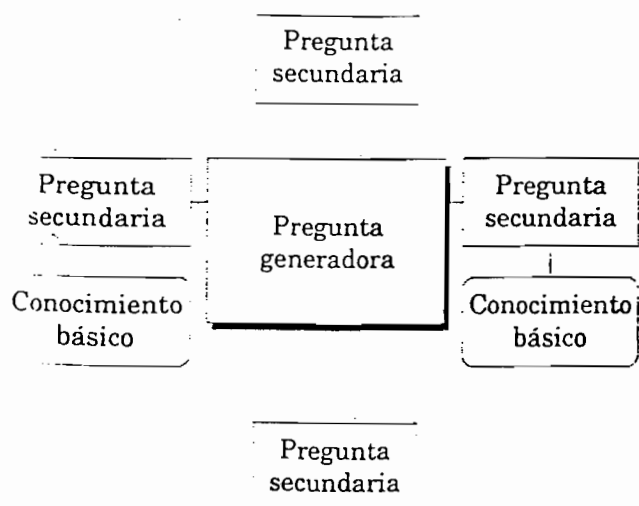
En el programa vigente hay varios contenidos relacionados con el medio, sólo falta el enfoque explícito de la Educación Ambiental. Sin embargo, no es necesario, ni adecuado esperar a la elaboración de un nuevo programa; se puede empezar ya por incorporar el enfoque ambiental en el estudio de las áreas del programa actual. Esta guía es una propuesta para incorporar ese enfoque en el área de Ciencias Naturales.



Principios metodológicos básicos

Los propósitos para la Educación Ambiental, que se señalaron en párrafos anteriores, implican la adquisición de conceptos y valores, así como el desarrollo de capacidades que permitan a los niños participar en la solución de los problemas ambientales durante su escolaridad y en el futuro.

Los conocimientos necesarios para entender la realidad, difícilmente pueden adquirirse sólo a través de los libros. Si bien la comprensión del medio ambiente necesita de la información presente en éstos y en otros materiales bibliográficos, también requiere del trabajo de campo, de la relación directa con la naturaleza o con el medio urbano.



Las actitudes críticas y de indagación, que permiten cuestionar la relación que las sociedades establecen con el medio, sólo pueden desarrollarse si propiciamos que los alumnos ejerzan la crítica e investiguen su realidad.

La formación ética necesaria para valorar y respetar el mundo en que vivimos, se adquiere dentro de un grupo: familiar, escolar, o de otro tipo, que sostenga estos valores y se comprometa en la protección y aprovechamiento adecuado del medio ambiente. El niño asumirá dentro del grupo su propia responsabilidad.

Los propósitos de la Educación Ambiental pueden parecernos ambiciosos si los vemos desde nuestra situación escolar actual, pero son apenas los mínimos indispensables, si nos atrevemos a mirar la crisis ambiental que se vive en nuestro planeta. Alcanzar estos propósitos requiere de una metodología de enseñanza que:

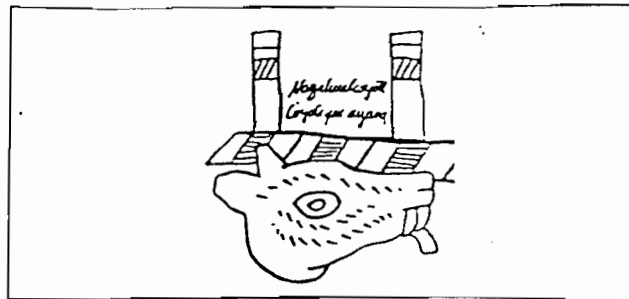
- a) Asegure la vinculación entre los contenidos escolares y la realidad en la que viven los alumnos, organizando las actividades de enseñanza-aprendizaje con base en situaciones problemáticas de interés para los niños.
- b) Permita al maestro abordar los contenidos de acuerdo con los niveles de comprensión de los alumnos, de manera que éstos puedan expresar sus opiniones, relacionar entre sí las ideas, elaborar preguntas y avanzar en sus explicaciones.
- c) Permita analizar los problemas ambientales desde diferentes perspectivas.
- d) Promueva la participación en acciones individuales y colectivas que contribuyan

a resolver los problemas del medio en la localidad, la región, el país o el planeta.

Cómo organizar el proceso de enseñanza-aprendizaje

Para organizar el trabajo y diseñar las estrategias didácticas más adecuadas a los fines que se proponen, es conveniente tener presente los siguientes aspectos:

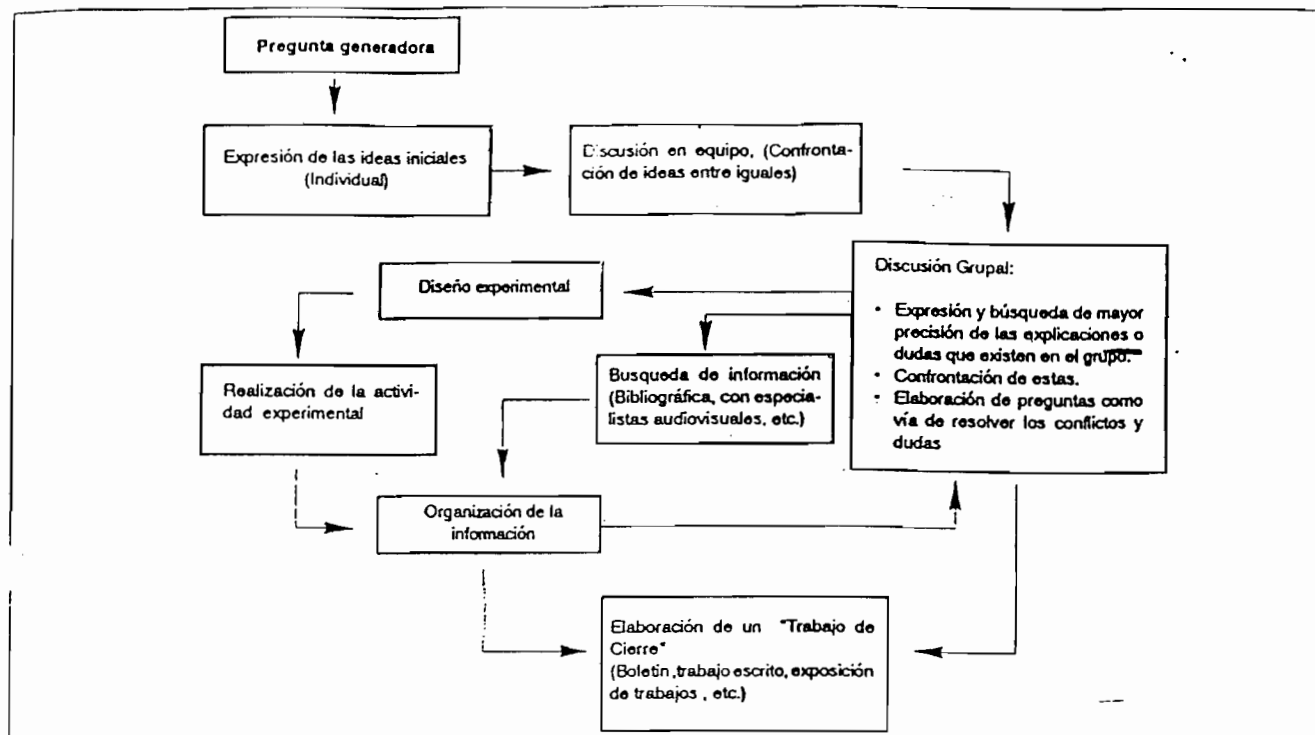
- La metodología se estructura en torno a situaciones problemáticas. Estas pueden definirse a partir de un hecho novedoso para los alumnos, un problema de la localidad, una pregunta de interés para los niños, una situación experimental que contradiga sus ideas o que presente un reto a resolver. Cualquier acontecimiento que motive el interés de los alumnos y que los obligue a poner en juego sus conocimientos y capacidades, les sugiera preguntas, y los haga avanzar en sus explicaciones, es útil para iniciar una situación problemática. En esta guía el punto de partida de las situaciones problemáticas lo expresamos en forma de una pregunta que llamamos: *pregunta generadora*.
- La *pregunta generadora* permite que los alumnos expresen sus ideas sobre el tema y las discutan en el grupo. Las explicaciones que dan los niños, los argumentos que utilizan para apoyar sus ideas y rebatir aquellas con las que no están de acuerdo, las dudas que expresan, son un material muy importante para que el maestro, al analizarlo, conozca el nivel de comprensión que los niños tienen sobre el tema al inicio de las actividades y pueda orientar el rumbo del proceso.



- La discusión sobre la *pregunta generadora* puede llevar a otras preguntas que delimitan más el tema a tratar. En la guía las llamamos preguntas secundarias. Cada una de ellas permite relacionar algunos conocimientos básicos con el problema que se está tratando. De esta manera el maestro tendrá siempre un referente que le permita orientar el trabajo y tratar con sus alumnos los conocimientos básicos que se plantean para cada unidad.
- Para planear las actividades es necesario tomar en cuenta lo que expresaron los niños durante la discusión sobre la *pregunta generadora*, los conocimientos básicos que se pretende trabajar en la unidad y los propósitos de ésta. El maestro puede jugar con estos elementos y dirigir el rumbo del proceso a través de las situaciones didácticas que construya junto con sus alumnos.

Cómo diseñar las actividades

Las situaciones problemáticas son un proceso. Durante éstas los niños expresan sus ideas, las confrontan con las de sus compañeros y las del maestro, aprenden a escuchar y a valorar las opiniones de sus iguales, elaboran preguntas, diseñan experimentos y los realizan, investigan en diferentes fuentes, organizan la información obtenida y plantean nuevas preguntas.



Etapas principales del proceso

Inicio

Se inicia la actividad a partir de la *pregunta generadora* que puede expresarse directamente a los niños o a través de diversas actividades, tales como una excursión al campo o un recorrido por la localidad, lectura de cuentos, leyendas o textos alusivos al tema, entre otros.

Se propicia la expresión de las ideas de los niños sobre el tema. Se pide que las expresen gráficamente a través de dibujos o escritos, dependiendo de su edad y del contenido en cuestión.

En pequeños grupos intercambian puntos de vista sobre los trabajos individuales. El maestro puede pasar a cada uno de los equipos para estimular la discusión.

Los equipos presentan sus conclusiones al grupo y las discuten. Es importante que el

maestro diseñe estrategias que le permitan recuperar las ideas expresadas por los equipos para que sean analizadas colectivamente. El objetivo de esta actividad es que los alumnos precisen sus ideas, las apoyen con argumentos, detecten las que son contradictorias, elaboren preguntas y diseñen las estrategias más adecuadas para buscar la información que necesitan.

Esta actividad puede realizarse en varias sesiones. Y además es conveniente que el maestro tome nota de las explicaciones de los niños y de los sucesos que considere más significativos.

Organización inicial del proceso

Esta etapa tiene dos objetivos centrales: analizar las ideas iniciales de los alumnos y diseñar estrategias didácticas que promuevan el interés y el aprendizaje de los niños.

El maestro, con base en los dibujos o escritos individuales y de equipo y en sus notas, analiza las ideas iniciales de los niños y las organiza en grupos de ideas semejantes, señalando aquellos grupos que son excluyentes entre sí y los que sólo son distintos.

Se revisan los conocimientos básicos que se quieren tratar con los alumnos y los propósitos para el ciclo. El cuadro sobre la situación problemática puede ser de mucha utilidad para esta tarea.

Se diseñan las estrategias didácticas más adecuadas tomando en cuenta las ideas y preguntas iniciales de los alumnos, los conocimientos básicos y propósitos del ciclo; y las características de la escuela y de la localidad.

Las estrategias didácticas promoverán fundamentalmente: el análisis de los puntos de vista expresados por los niños, la búsqueda y registro de información, la organización de la información obtenida, el empleo de la nueva información para: resolver conflictos entre explicaciones opuestas, contestar las preguntas planteadas y formular nuevas.

Las estrategias que se diseñen durante esta etapa podrán o no realizarse, son sólo un plan preliminar que se ajustará a la dinámica del proceso y no el proceso el que se tiene que ajustar a las actividades diseñadas. Por eso es importante que sean flexibles y diversas para que se tenga una gama de actividades y puedan elegirse las más adecuadas en el momento preciso.

Los alumnos también pueden proponer actividades, analizar su viabilidad y organizarse para llevarlas a cabo.

Muchas actividades que el maestro conoce pueden servir para estos propósitos, no es posible enumerarlas aquí. En cada una de las unidades se hacen sugerencias concretas y se

describe con detalle cómo organizar el trabajo con los niños a partir de sus ideas iniciales.

Indagación

El objetivo de esta etapa es que los alumnos obtengan nueva información, la organicen, la analicen colectivamente y la empleen para elaborar explicaciones más avanzadas y plantear nuevas preguntas.

Para iniciar el proceso de indagación el maestro presenta las ideas de los alumnos organizadas en grupos de ideas semejantes, señala las diferencias entre éstos y promueve la expresión de los puntos de vista de los niños.

De acuerdo con la dinámica que se siga en la discusión, el maestro propone alguna de las actividades diseñadas en la etapa anterior adecuándola a la situación.

Los recursos para buscar la información son muy diversos: consulta en Libros de Texto, enciclopedias u otros materiales; recorridos por la localidad, consulta a familiares o personas que conozcan sobre el tema; y actividades experimentales, entre otros.

La organización de la información puede realizarse en pequeños grupos. Se pueden elaborar ficheros, llevar cuaderno de notas, o hacer cualquier otra actividad que permita registrar y estructurar de alguna manera la información.

Las actividades experimentales permiten a los niños confrontar sus explicaciones con la experiencia. Su diseño lo pueden hacer los propios alumnos y la actividad puede realizarse en equipos.

En diferentes momentos del proceso, se pueden realizar discusiones grupales para presentar: información que aporta nuevos

elementos para responder las preguntas planteadas, o para confrontar las diferentes explicaciones que se van construyendo durante las actividades de indagación y plantear las dudas que surgen en el proceso. Habrá preguntas que se consideren resueltas y otras que requieran de más información. Si hay interés de los alumnos, el maestro recupera las nuevas preguntas y reinicia el proceso. Esto puede repetirse tantas veces como los alumnos y el maestro lo deseen.

En el momento en que el maestro observa que el interés y la atención de los niños disminuyen, que no se avanza en el nivel de explicación a pesar de tener nuevas informaciones y que no se expresan nuevos argumentos, es tiempo de terminar el proceso. Para ello, entre todos reflexionan sobre el trabajo realizado, desde la pregunta generadora hasta el momento en que deciden terminarlo. De este modo los alumnos se dan cuenta de los avances logrados.



Actividades de cierre

Para concluir los alumnos elaboran un trabajo individual o colectivo sobre algún aspecto que haya sido de su interés. Puede ser un boletín, periódico mural, exposición o trabajo escrito, o cualquiera de los trabajos que el maestro acostumbra organizar al final de un tema.

Cuál es el papel del maestro en el proceso

- Elabora estrategias para propiciar que los alumnos expresen sus ideas y las analicen colectivamente.
- Escucha las ideas de los niños dando el mismo valor a cada una de ellas y fomentando el respeto ante las diferencias de opinión.
- Estimula el trabajo en pequeños grupos.
- Promueve que se confronten las ideas opuestas y se elaboren preguntas para buscar nuevas informaciones que permitan resolver los conflictos.
- Organiza la búsqueda de información en libros, en la localidad, con personas que sepan sobre el tema, etcétera.
- Apoya el diseño y la realización de actividades experimentales.
- Aporta informaciones útiles al proceso.
- Coordina, incentiva y garantiza la continuidad del proceso.
- Facilita los materiales de trabajo.

Sugerencias para la evaluación

La evaluación es un proceso paralelo al proceso de enseñanza-aprendizaje, que permite al maestro valorar si hubo cambios en las explicaciones que daban sus alumnos al iniciar el tema, comparándolas con las que pueden expresar al final del proceso.

La evaluación es un aspecto pedagógico que queda a criterio del maestro, no debe confundirse con la calificación, que se utiliza más bien para efectos administrativos.

Al evaluar el maestro valora, según su conocimiento del grupo y de cada alumno, lo adecuado de las actividades que organiza y la utilidad que éstas tienen para apoyar el desarrollo de conocimientos, actitudes y capacidades en cada uno de sus alumnos.

Para saber si cada uno de los niños avanzó en su nivel de explicación, el maestro toma en cuenta las ideas que expresa individualmente y durante las discusiones de grupo. También se fija en los trabajos escritos y compara lo que expresa en diferentes momentos del proceso. Esa información la confronta, finalmente, con las ideas que cada niño expresa en las actividades de cierre.

Lo único que el maestro busca en el proceso de evaluación es comprobar si los niños modifican o no sus ideas iniciales y su actitud hacia los problemas que se analizan.

En caso de que el maestro note cambios, cualesquiera que sean, puede considerar que el niño lleva un avance positivo y que su trabajo está dando resultados. De no ser así, le conviene reconsiderar lo adecuado de las actividades, el interés del tema o la situación del grupo y decidir cuáles cambios son necesarios para lograr mejores resultados.

Sugerencias de actividades permanentes

Hay algunas actividades que permiten abordar conocimientos básicos y propósitos de diferentes unidades y pueden realizarse durante todo o gran parte del año escolar.

A continuación describimos cuatro actividades de este tipo, pero seguramente el maestro podrá diseñar otras y enriquecer así su práctica docente.

El cuaderno de la vida

Esta actividad sirve para recoger una muestra del trabajo de equipo que se realiza durante el año.

Antes de iniciar el curso, con base en la lista de inscripción, el maestro calcula cuántos equipos de cuatro o cinco personas se pueden formar en el grupo, y prepara un cuaderno por cada equipo.

Los equipos no tienen que ser siempre los mismos, su conformación puede cambiar de acuerdo con la dinámica del trabajo.

Cada vez que se hace una actividad en equipo, el maestro les entrega un cuaderno. Los niños anotan los nombres de los integrantes del equipo y se organizan para realizar en él todos los trabajos escritos que se deriven de la actividad. Por ejemplo, en las actividades de inicio, pueden poner las respuestas del equipo a una pregunta generadora y las opiniones distintas en las que no se ponen de acuerdo; en las actividades de indagación se pueden anotar las conclusiones que saca el equipo a partir de la información obtenida y las nuevas preguntas o dudas que surgen.

El maestro puede aprovechar el *cuaderno de la vida* en la organización inicial del proceso, ya que proporciona información sobre las ideas que expresan los niños en el trabajo de equipo. También puede servir en la etapa de indagación para identificar los aspectos de la situación problemática que más les interesan, conocer sus preguntas y el avance en su nivel de explicación.

Por otra parte, cuando se inicia el ciclo escolar se puede usar el *cuaderno de la vida* para conocer las actividades que realizaron los alumnos durante el año anterior. De esta manera, el nuevo maestro sabe de dónde puede partir para trabajar las unidades.

El mapa ambiental

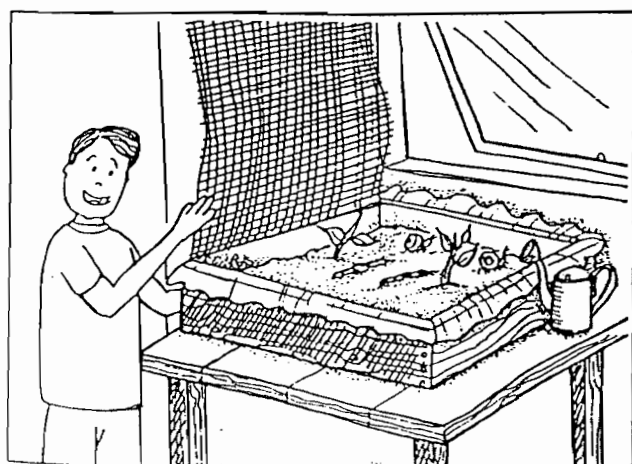


El mapa ambiental es un mapa elaborado por el maestro y los niños, en el cual se van señalando con dibujos o recortes, algunos lugares relacionados con el tema que se estudia; por ejemplo, fuentes de abastecimiento de agua, zonas desérticas o boscosas, zonas de extracción de petróleo y otros.

Se pueden usar varios pliegos de papel grueso para dibujar el mapa del mayor tamaño posible y colocarlo permanentemente en una pared del salón visible para todos.

El mapa depende del grado que atiende el maestro: un mapa de la localidad o del barrio para los del primer ciclo, un mapa del estado para el segundo ciclo y uno de la República Mexicana para el tercer ciclo.

El rincón vivo



El propósito de esta actividad es que los niños creen un ambiente artificial en el que puedan mantener vivas diversas especies de plantas y animales.

La manera de crear el *rincón vivo* depende de las condiciones del aula y los materiales que tengan disponibles. Puede consistir, por ejemplo, en uno o varios terrarios y acuarios. Los materiales para construir el *rincón vivo* se pueden improvisar de muchas maneras. Algunos maestros hacen terrarios adaptando huacales, forrados con plástico. Otros usan varios frascos de vidrio. De manera similar, se pueden improvisar peceras. Lo importante es que antes de hacer el *rincón vivo*, los niños investiguen las condiciones que debe tener para que las plantas y los animales sobrevivan.

En todas las unidades surgen dudas y preguntas que se pueden resolver mediante la observación del *rincón vivo*.

El huerto

El cultivo de un huerto es una actividad muy atractiva para la mayoría de los niños. Para los del medio urbano es una experiencia muy formadora estar en contacto directo con la tierra y con el proceso de la vida. Los del medio rural disfrutan experimentando con cultivos que no se conocen en la comunidad.

No importa si la escuela no cuenta con una área de suelo disponible para el huerto. Se pueden hacer cultivos en macetas, huertos verticales y explorar otras posibilidades. Lo importante es informarse y planear muy bien el cultivo para obtener resultados positivos. En el desarrollo de las unidades pueden surgir preguntas y actividades en las que el huerto sirve de apoyo.

1. COMENTARIOS DE UN MAESTRO SOBRE UNA VISITA CON SUS ALUMNOS AL MERCADO*

Casi siempre los maestros nos andamos quejando de la poca relación entre escuela y la vida real y cotidiana de la comunidad donde aquélla se asienta. Pretendiendo romper con esta idea, planeé una salida, una incursión con mi grupo de 4º grado a un tianguis en un fraccionamiento cercano; el objetivo: observe, registre, discuta y comente lo referente a las "clasificaciones" (L.M. 4º grado, p. 136).

Una vez saltada la barrera que nos separa del mundo, avanzamos rápidamente esperando aprovechar la mañana, pero, primer contratamiento: 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 lomite" -decían- y nunca imaginé que tras lomite 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 cuidó al maestro, -dijo una niña.
- ¡Ah, gracias! y a ustedes ¿quién los cuida? -repeleí-
- No se apure, somos un resto...

No bien se vislumbró el mercado, los niños comenzaron a aglutinarse en equipos, pensé en aprovecharlos para darles las preguntas que yo llevaba preparadas, pero al acercarme a uno de

* Javier Hernández. Comentarios de un maestro del Estado de México sobre una visita al mercado. (Inédito)

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.

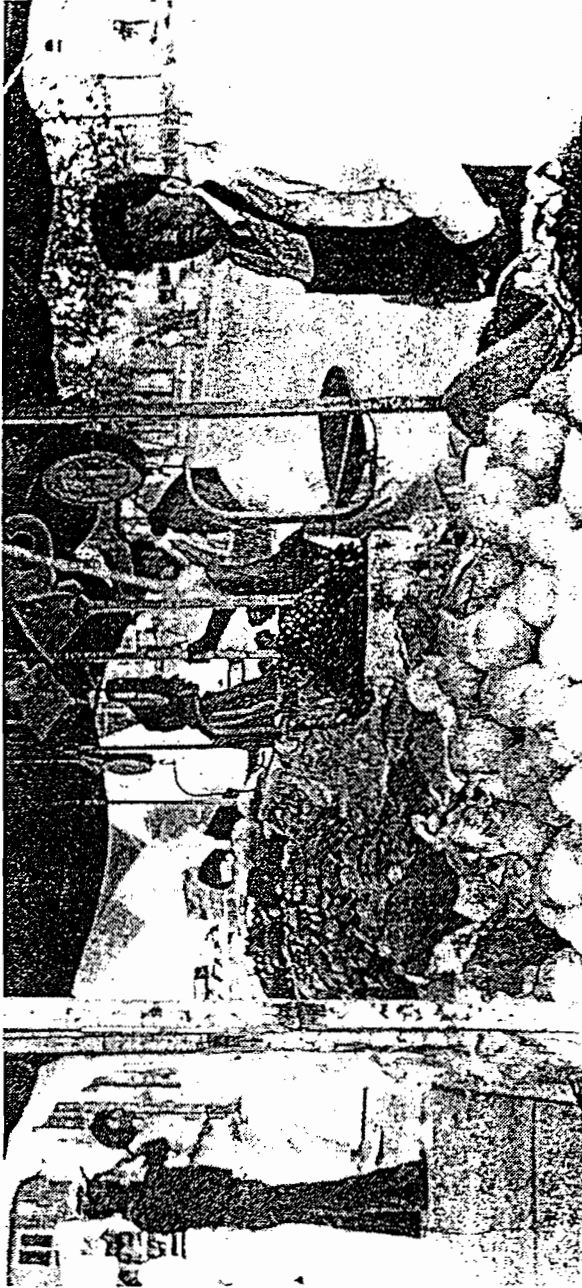
- ¿No nos irán a correr?

Un inol concluido 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 tarjeta 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?
- ¿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 chamacos 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 relan.

El acabose 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 acomidieron en 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, etc. El único preocupado por llegar a la escuela era yo, ¡quería volar a mi segurísimo salón a donde 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 pequeña- esta 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...?

2. COMENTARIOS SOBRE UNA CLASE DE CIENCIAS NATURALES: LA REPRODUCCIÓN DE LAS PLANTAS*

Introducción

El siguiente registro muestra el trabajo de una maestra del Distrito Federal, que imparte sus clases en la escuela pública Rafael Delgado; ésta se ubica en la periferia de la ciudad dentro de la Delegación Iztapalapa, donde se concentra un gran número de colonias populares.

La maestra Toña tiene a su cargo uno de los tres grupos de segundo, el grupo es mixto y tiene aproximadamente 46 alumnos. Desde que egresó de la Normal hace 5 años, trabaja en esta escuela en donde mantiene buena relación con sus compañeros y un cierto prestigio ya que es una maestra preocupada en buscar alternativas que apoyen y mejoren su práctica.

Esta inquietud la comparte con un grupo de maestros de primaria que provienen de diferentes escuelas y que han constituido lo que denominan Movimiento Mexicano de la Escuela Moderna (MMEM), a partir de los principios de la escuela activa.

El MMEM funciona de manera autónoma y en reuniones semanales, en donde comparten las experiencias que han tenido al aplicar las técnicas Freinet y se planean actividades de difusión para involucrar a otros maestros. Las técnicas que han utilizado son: La correspondencia, el texto libre, la conferencia, el diario de clases y la investigación; en función de ellas organizan su trabajo con la finalidad de promover la participación de sus alumnos y tomar en cuenta sus intereses cotidianos.

* Norma Venegas. Comentarios sobre una clase de Ciencias Naturales: La reproducción de las plantas. (Inédito). La autora forma parte del equipo de investigación en enseñanza de las Ciencias Naturales.

Si bien la propuesta educativa del MMEM se fundamenta en el uso de las técnicas Freinet siguen buscando alternativas metodológicas y didácticas para retroalimentar su trabajo y enfrentar problemas que con las técnicas no han podido abordar. Esto los llevó a buscar una asesoría en ciencias naturales que se inició en noviembre de 1989.

Después de algunas sesiones de reflexión sobre la forma como enseñaban ciencias naturales los maestros señalaron como problemas prioritarios los siguientes: cómo darle al niño los elementos básicos para trabajar ciencias naturales si queremos crear el espíritu indagador y no la memorización de conceptos; cómo retomar las ideas de los alumnos si éstas no se parecen a los conceptos que queremos enseñar; cómo hacer para que participen todos los alumnos y no sólo los que son considerados como los más adelantados; y cómo interesar a los alumnos y retomar esos intereses durante la clase.

Se propuso a los maestros hacer el seguimiento de un tema de ciencias naturales a partir de la observación de clases para analizar el origen de los problemas mencionados y diseñar colectivamente alternativas didácticas para enfrentarlos. El siguiente registro nos muestra la primera clase del seguimiento.

Registro de la clase
Fecha: 9/febrero/1990
Escuela: Rafael Delgado
Grado: 2° año
Profesora: Antonia
Tema: Reproducción de las flores
Observación y Registro: Norma

11:00 hrs.

Llego a la escuela, el recreo está por terminar. Toña sale a recibirme y con ella va un grupo de niños que me saludan dándome un beso en la mejilla. Le preguntan a Toña si yo soy la maestra que están esperando, ella les dice que si y se ponen

muy contentos con la respuesta. En ese momento tocan la campana.

La escuela cuenta con dos patios que están en desnivel; en el primero se forman los niños más pequeños y en el segundo los mayores. Las aulas son prefabricadas, pero la dirección, los baños y la bodega están contruidos con ladrillo. Observo que entre los dos patios hay áreas que no tienen cemento; en estos lugares han sembrado plantas.

11:10

Entramos al salón, los niños se muestran inquietos y contentos por tener un visitante; me miran con curiosidad, son aproximadamente 45 alumnos y están en filas sentados de dos en dos.

Le pregunto a la maestra qué tema va a tratar y qué se propone lograr en esta clase.

M: Voy a tratar la reproducción de las flores. En esta clase pretendo que vean cómo se forma la semilla para hacer una nueva flor.

Me comenta también que las partes de la flor ya las vieron y que los niños ya las saben.

La maestra se pone frente al grupo (como esperando atención), los niños disminuyen el ruido; ella me presenta y explica que voy a estar viendo cómo trabajan. Un alumno, Armando, interrumpe para acusar a uno de sus compañeros.

Armando: Maestra le digo lo que dijo José. José trata de taparle la boca a su compañero, los dos ríen nerviosamente.

Armando: Dice que quiere ser novio de la maestra, que si es casada.

Norma: Sí, si soy casada.

Los dos niños se quedan sorprendidos por la respuesta.

Casi todos los niños tienen sobre su mesa flores; éstas, en su mayoría, son de alguna planta de su casa. También la maestra tiene sobre su escritorio distintos tipos de flores.

M: A ver la ficha de trabajo, la vamos a ver el lunes, ahorita no la quiero.

Vamos a empezar: uno, dos, tres (después de



contar los niños de ponen en actitud de atender). La otra vez estábamos viendo las partes de la flor.

Aos: Sí, sí.

Ma: ¿Cuáles son?

Los alumnos gritan diferentes nombres: "estambres, pétalo, tallo, etc."

M: En orden; a ver Julio.

Julio: Las partes de la flor son: el estambre, el pistilo...

Impacientes, varios niños gritan los nombres sin dejar que Julio termine.

Aos: El pétalo, los óvulos, los ovarios (gritan los nombres al mismo tiempo que levantan la mano).

M: A ver, qué más Georgina.

Georgina: El pistilo, el pétalo, el estambre.

M: El cépalo.

Una alumna levantando una flor grita: "Tiene un gusanito chiquito".

M: A ver, encuentren el cépalo, ¿dónde está?

Los niños que tienen flor, la levantan, gritando: ¡aquí está! (no puedo ver qué parte señalan).

Se interrumpe un momento la clase para que la maestra reparta flores a los niños que no llevaron.

M: A ver, comencemos; cuento yo y todos callan: uno, dos, tres.

Los niños se ponen en actitud de atención y ya no hacen ruido.

M: ¿Cuál es el cépalo?

Casi todos los niños levantan la flor, pero no se ve qué señalan. Le pregunto a un niño que está frente a mí: ¿Cuál es el cépalo? Me señala el tallo.

Le pregunto a su compañera; ella sí me señala el cépalo.

Una niña se me acerca y me dice que su flor no tiene cépalo, su flor es muy pequeña; se la cambio por una más grande y le pido que me muestre el cépalo.

La niña duda y me señala el pétalo.

M: Los pétalos, cuáles son, enséñenselos a sus compañeros.

Casi todos los alumnos levantan su flor y gritando señalan los pétalos; me miran para asegurar que yo me doy cuenta de que saben cuáles son los pétalos.

M: ¿Qué otra parte de la flor?

Aos: El tallo, el tallo.

M: ¿Todas las flores deben tener tallo?

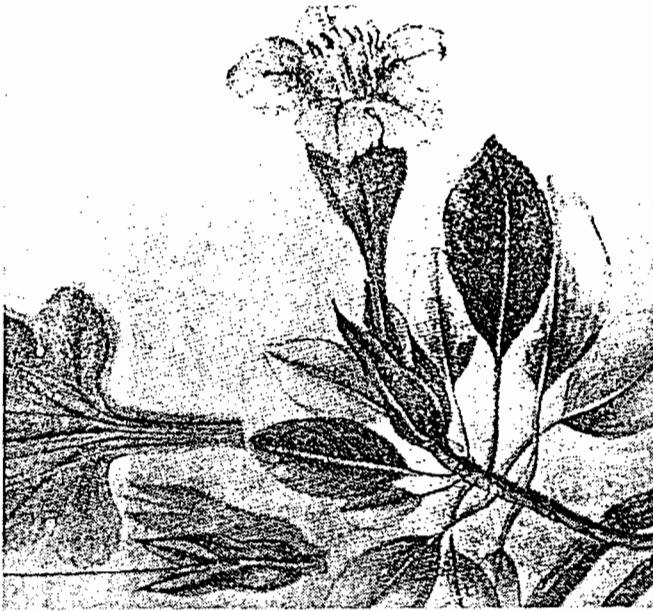
M: ¿Están de acuerdo en que todas las flores deben tener tallo?

Aos: Sí, sí.

Aa: Si no tuvieran no se podrían sostener.

M: ¡Allí! ¿qué dices?

La niña no contesta.



M: ¿Qué se ve?

Aos: El estambre y el pistilo.

Una niña le muestra a la maestra los estambres de su flor; a pesar de que ésta es muy pequeña, localiza bien los estambres. Se acerca a mí y me muestra los estambres diciéndome: aquí está el polen.

M: A ver, de su planta, fíjense a ver cuál tiene estambre, levanten la mano, ¿cuál tiene estambre? bajen su mano.

M: A ver, aquí hay un dibujo de una flor, van a pasar a ponerle su nombre.

La maestra pega en el pizarrón un esquema que ella dibujó, sobre las partes de la flor; los niños se muestran entusiasmados, hay mucho ruido. Les muestra unas tarjetas con los nombres de las partes de la flor y les explica que van a escoger una y la van a colocar en el lugar que le corresponde en el esquema.

M: Pasa Memo, ¿qué nombre quieres poner?
Memo: Toma la palabra pétalo y la pone en el lugar que le corresponde en el esquema.
Aa: ¡Hasta que haces una cosa bien Memo!
Otro niños aplauden y piden ser ellos los que pasen.

La maestra dice otro nombre; el niño pasa.

M: ¿Cuál vas a escoger?

El alumno escoge la palabra pistilo y la coloca bien.

Ahora pasa una niña, escoge la palabra estambre y la coloca bien; otra niña pone bien el cartel de polen.

M: Pasa Luis.

Luis escoge el cartel de ovarios y lo pone en el lugar de cépalos.

M: A ver, ¿están de acuerdo con esta? (muestra con el dedo el cartel que puso Luis).

Aos: Uuuu, no, no.

M: ¿Por qué?

Armando: Porque ahí no va, ahí va el cépalo. La maestra cambia el cartel y les pide a todos que lean en voz alta, leen gritando.

M: A ver, el pistilo ¿qué órgano reproductor es?

Ao: Femenino.

Ao: Los estambres, masculino.

Una niña, Marcela, grita que la botellita (el óvulo), es la mamá.

M: Se quedó para que ustedes investigarán, cómo nace una nueva planta.

Aos: Primero se siembra la semilla (gritan al mismo tiempo).

M: A ver, empezamos; señala a una niña para que inicie.

Aa: Primero la semilla, después la raíz.

Otra Aa: ¡No, se le echa agua!

La maestra le llama la atención a Primitivo pues está hablando, le dice que él va a contestar en lugar de su compañera.

Aa: Luego sale el palo.

Ma: ¿Cómo se llama?

Una niña grita: el tallo.

Aa: Luego el fruto y la flor.

Ma: ¿Primero nace el fruto y luego la flor?

Ao: No, primero el fruto.

Hay mucho ruido, la maestra ya no pregunta y se pone con los brazos cruzados frente al grupo (parece molesta). Los niños bajan el volumen y ponen atención.

M: Todas las participaciones las están haciendo al mismo tiempo y nadie pone atención (tono de advertencia).

M: Miguel.

Miguel: La semilla necesita aire, agua y sol para reproducirse.

M: ¿Tú qué opinas de lo que dijo Miguel? (este niño está platicando).

Ao: ¿De qué?

M: Julio, qué opinas.

Julio no dice nada pues también estaba platicando.

Lo que los niños platican es en relación con sus flores o con lo que la maestra pregunta, sin embargo, no ponen mucha atención a las respuestas de sus compañeros.

M: A ver Miguel, repite lo que has dicho.

Miguel: Tierra y aire.



M: Tú José.

José: Yo opino de este Miguel Angel, que primero se le echa agua, tierra y sol.

Ao: No todas necesitan sol.

M: ¿No todas necesitan sol?

Ao: Porque algunas son de sombra y otras son de sol.

M: ¿Qué opinan?

Aos: Que sí.

Ao: Necesitan abono.

M: A ver, vamos a ver ¿cómo nace esa semilla?, ustedes me dicen lo que necesita.

Aa: ¡Yo ya sé! las abejitas van echando el polen.

Armando: Yo pienso que el polen se ha de revolver con los óvulos y luego cuando se muere esa planta vuelve a salir otra.

M: A ver, espera a que se callen y pongan atención (se pone frente al grupo esperando silencio).

M: De lo que acaba de decir Armando (la maestra lo repite)

Aos: Sí es cierto.

M: ¿Por qué sí?

Los alumnos no responden; Armando en tono molesto dice "piensen primero antes de hablar".

M: ¿Tú qué piensas Toño?

Toño: Los óvulos se juntan con el polen y se forma un huevecillo.

M: Tú, José Luis.

José L.: Después se cae el polen.

M: ¿Quién más puede decir cómo piensa que nace una semilla?

Aa: El polen.

M: Nada más se necesita el polen.

La mayoría de los niños están distraídos jugando con las flores, ya no hay el interés que había al principio.

Ao: Cuando nazca la semilla se muere la planta.

Joaquín: Es como nosotros, cuando se paran de la cama.

M: Maricela no pone atención.

Joaquín: Repite su explicación a petición de la maestra.

La planta cuando tira el polen se hace otra semilla. Es como nosotros los humanos, si se levantan de la cama, nacemos.

Ao: Primero se pone la raíz.

Armando: Primero se pone la semilla y no primero la raíz.

M: ¿Están de acuerdo? (repite lo que dice Armando).

Aos: No se puede.

Armando: Porque tienen que plantar las semillas, si no, no crecen.

La maestra le pregunta al niño que dijo que se siembra primero la raíz por qué piensa que la raíz se siembra primero.

Ao: Escarbándole, haciendo la tierra así (con las manos muestra cómo sacar la tierra para hacer un hoyo).

Otro ao: Las flores igual que el hombre necesitan la tierra, el agua y el sol.

Un niño que parecía indiferente a la clase, pues hacía un ya un rato que observé que estaba recostado en su banca, devuelve el estómago. La maestra se acerca para ayudarlo. Le pregunta si se siente mal, el niño dice que sí, le indica que vaya a la dirección.

M: A ver, ya todos nos callamos, a ver miren. Nos esperamos a que todos estén poniendo atención. De lo que estaban diciendo sus compañeros, de la semilla si tienen razón, de la raíz si se puede sembrar. ¿No han visto cómo lo hacen?

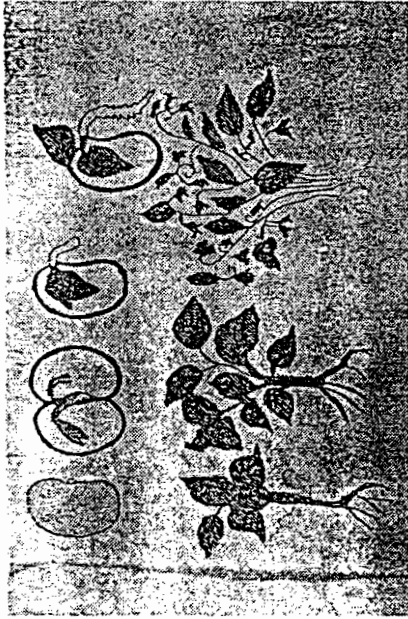
Aa: Sí, mi mamá cortó una planta y sembró el puro tallo.

M: Se puede sembrar la raíz y también se puede sembrar el tallo y de ahí sale otra plantita.

Aa: También en la tierra tiene que haber minerales y agua.

Sólo algunos niños participan, al resto parece no interesarle la clase.

M: ¿Se acuerdan cuando fuimos atrás? (creo que se refiere a la escuela); ¿ahí alguien siembra las plantas?



M: ¿Y quién las va ayudar?

Ao: Los óvulos.

M: Hay algunas plantas que tienen el puro pistilo, ¿qué pasa?

Armando: Lasavecitas u otro insecto van y van a depositar, se paran en la flor y algun polen cae en el pistilo y ahí hay un líquido pegajoso y lo atrapa, cae y cae al óvulo.

José: Maestra, es como un banco, ahí deposita pero eso no es dinero.

M: Fijense bien aquí en el dibujo (señala donde está dibujado sólo el pistilo).

Aa: Hay dos antenitas pero van al mismo lugar.

M: Son dos granitos de polen que se van a meter, ¿a dónde?

Los alumnos no responden.

M: Al ovario y al unirse con los óvulos hace un huevecito.

Armando: ¡Maestra! (gritando y en tono de acusar) ¿adivine lo que dijo José Guadalupe?, los que tenemos aquí (señala sus testículos).

José: No es cierto maestra, son los dos huevecitos de ahí (señala el dibujo).

La maestra volteó a ver a los dos niños, parece molesta, no hace ningún comentario, sigue explicando cómo el óvulo y el polen forman otra semilla y que al secarse el óvulo se forma el fruto.

M: A ver, los que tengan flor con pistilo ábranlo y van a tocar el polen.

Algunos niños dicen que su flor no tiene, otros muestran el polen a la maestra y otros más lo buscan. Esta actividad los ha interesado nuevamente.

M: Sáquenle el polen a los estambres.

Un grupo de niños me rodea para mostrarme el polen, otras niñas me enseñan su germinador y me explican que la semilla abierta es la flor.

Le pregunto a otra niña y me dice que es el tallo. Janet me enseña que su germinador tiene una hoja.

M: A ver, ya se sientan, comenzamos, ya se sientan.

Aos: No, no, no...

M: Vamos a ver, cómo allá solitas nacen las plantas.

Aa: Por el agua.

Armando: Los animalitos tiran polen y con el polen va saliendo la planta.

Aa: Pero no le echan agua.

M: Por eso se están secando.

M: Lupita nos va a decir cómo se está formando la nueva plantita; sshh vamos a empezar.

Lupita no dice nada pues no ha estado poniendo atención, la maestra la espera molesta. Armando levanta la mano, insistentemente para contestar.

M: Miren, lo que dijeron, hay mucho de cierto, los animales van, se les pega el polen en su cuerpo y lo llevan a otra planta, pero no nada más se necesita el polen. ¡Silencio!

Hay mucho ruido, la maestra espera en silencio a que los niños se callen.

M: Para que pueda nacer una nueva flor se necesitan los estambres y los óvulos. Las plantitas no van a crecer con el puro polen, hay flores masculinas que sólo tienen estambres, con el puro polen no pueden salir las plantas.

Armando: Las plantas no pueden salir solas, es como un ejército, necesitan ayuda.

La maestra sigue pasando entre las filas para observar si los niños encontraron el polen.

M: A ver, ya se sientan todos, ssshh.

Los niños siguen de pie y hablando, algunos ven el esquema.

M: A ver manos en la nuca. Se sientan; a ver, de su planta ¿quién encontró polen?

Algunos niños levantan la mano; creo que el resto no escuchó, pues tengo la impresión que fueron más los que encontraron polen.

M: A ver, ¿quién abrió el pistilo? adentro encuentran el ovario. A ver, la pregunta va para todos (se pone en actitud de esperar silencio).

Los niños se ponen cada vez más inquietos.

M: La pregunta va para todos. ¿Si se encuentran polen dentro del pistilo?

Armando: Nace una plantita, una semilla.

M: ¿Por qué?

Armando: Porque se está revolviendo.

M: Goyito, tú qué piensas.

Goyito: Nada.

M: Tu Pedro qué dices.

Pedro: Si porque se está revolviendo con un liquido pegajoso y gelatinoso y se está revolviendo y se hace un huevito.

Armando: Es como una gallina, pone un huevo y de ahí nace un pollo.

M: Y de ahí qué va a salir.

Armando: La semilla, hay también animalitos.

M: ¿Esos animalitos para qué pueden servir?

Armando: Esos animalitos también llevan el polen.

José G.: Es como si fueran burros de carga.

M: A ver, escriben, si hacemos un texto de cómo nacen las plantas (dirigiéndose a una niña) ¿tú qué vas a poner? (la niña no contesta, sólo sonríe).

A: Maestra, yo nada.

José: Yo, las plantas nacen por semilla.

M: Y tu Primitivo.

Primitivo no dice nada, se queda muy serio. Le pregunta a Diana y tampoco contesta.

M: Tu Marcelino (la maestra parece desanimada y molesta con los niños).

Marcelino: Que el polen se tiene que revolver con el óvulo para que se haga una semilla.

M: Y después.

Marcelino: Que en la tierra va creciendo la raíz.

M: ¿Y tú Julio?

Julio no dice nada; los aos. se quedan por un momento en silencio.

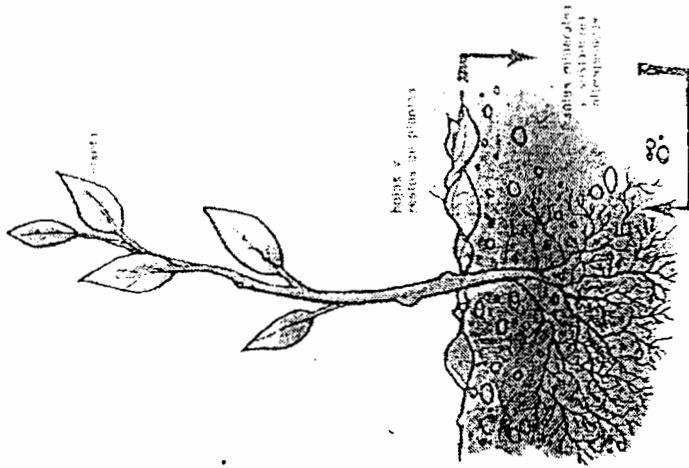
M: A ver quién me quiere decir cómo nace una nueva semilla, pero que no sean los mismo.

Armando levanta la mano apresuradamente.

M: A ver, esperamos.
Ningún niño se atreve a dar respuesta, hay silencio.

M: A ver quién, tú Primitivo.

Primitivo: Mueve la cabeza, negando su participación.



Armando sigue levantando la mano.

M: A ver Armando.

Armando: Con los minerales que tiene la tierra.

Ao: El agua, tierra y sol.

M: No estoy preguntando qué necesita, sino cómo va a nacer.

Ao: ¡Ah, ya sé!, sembrar una raíz.

M: A ver ¿qué habíamos dicho antes Armando?

Armando: ¿Como se forma una nueva semilla?

La maestra explica otra vez que se junta el polen con los óvulos, usa el esquema para explicar cómo cae el polen al óvulo.

M: En su cuaderno van a escribir un texto de cómo nacen las semillas. A ver, empezamos.

Primitivo: ¿Qué título le ponemos?

M: El que quieras.

Primitivo se acerca y me muestra sus calificaciones.

La maestra les recuerda que deben abarcar toda la hoja y no sólo una esquina.

Aa: ¿Maestra, vamos a arrancar la hoja?

M: No.

Los alumnos se preparan para escribir, algunos sacan punta, otros preguntan por el título del texto, otros ya están poniendo la fecha, algunos platican y otros juegan con las flores.

La maestra se pasea entre la filas; la siento molesta con el grupo (tal vez no logró lo que esperaba) pues cuando algún niño se acerca a preguntar, ella responde indiferente.

Aa: Maestra ¿qué título le ponemos?

M: El que quieras.

Observo que una niña escribe su texto copiando un fragmento de una monografía sobre las flores, la pone bajo la banca y sobre sus piernas para que no la descubran.

Ao: Maestra ¿vamos a escribir cómo nace una semilla?

Un grupo de niños se acerca para preguntar-me cuántas hojas llevo escritas, respondo que



muchas. Les pregunto si ya terminaron su texto, me dicen que sí, cuando se los pido para verlos, riendo confiesan que aún no lo hacen.

Me acerco a Armando y observo que escribe casi textualmente lo que la maestra dijo. "La semilla se forma con dos cosas: la primera es el polen y la segunda los óvulos, con esos requisitos se podrá formar la semilla, poderla plantar para que nazca. Las partes de la flor: los pétalos, el polen..."

Recorro las filas, la mayoría de los niños han escrito en su texto que la semilla crece por el sol, el aire, la tierra y el agua (algunos niños sólo mencionan dos elementos).

Otros escriben: la semilla crece porque los animalitos riegan el polen.

El polen y el óvulo hacen otra semilla.

12:30

Terminan las clases del día y se da por concluido el tema.

Platico con la maestra.

Me comenta que los alumnos estuvieron muy inquietos con la visita, y que siente que no logró lo que quería. Le pregunto qué es lo que quería lograr, me dice que ese tema ya lo habían investigado y que sin embargo al final parece que no quedó claro.

cómo nacen las plantas y además que sólo unos niños participan y la mayoría no.

Le pregunto si va a seguir con el tema, me dice que ahora van a ver reproducción en los animales.

Le sugiero que en este tema, antes de la investigación, primero les pregunte con un dibujo ¿cómo nacen los animales? así ella y el grupo podrían reconocer lo que saben y los que desconocen del tema.

También se propiciaría la participación de cada niño, ya que este trabajo se discutiría en equipos.

A la maestra le parece adecuado la sugerencia y nos planteamos para la próxima clase que los alumnos hagan un dibujo con la pregunta ¿Cómo nacen los animales?

Si alguno ha visto, que explique, si no han visto, que expliquen lo que les han dicho, y si no saben nada, cómo se imaginan.

La siguiente actividad estaría sólo a cargo de la maestra, ya que revisaría los dibujos para formar los equipos, tomando como referencia que las hipótesis coincidirían.

En una sesión posterior se trabajaría en equipos.

Después de la clase

Después de la clase, la maestra señaló lo que consideraba problemas al trabajar con sus alumnos de ciencias naturales. Estos problemas se relacionaron con el aprendizaje de los contenidos, con la participación de los alumnos y con el papel de la investigación dentro de la clase. En la entrevista que le apliqué al terminar la observación, manifesté que no había logrado todo lo que quería, pues a pesar de haber dejado como tarea de la clase anterior la investigación de la reproducción de las flores, al final del tema los contenidos no quedaron claros y la participación se había centrado en unos cuantos niños.

La maestra adjudicó el fracaso de la clase al incumplimiento de la investigación que dejó de tarea y a la poca participación de los alumnos. Sin

embargo consideramos que esta percepción final de su trabajo no corresponde con lo que nos muestra el registro en un primer momento de análisis que a continuación se presenta.

En la clase se pueden distinguir dos momentos, caracterizados por el propósito de la maestra en cada uno de ellos. En el primero, se hace un repaso de las partes de la flor en el que lo fundamental es la participación de los alumnos y consiste en observar, identificar, y comparar las partes de la flor en un esquema y en una flor natural. Se expresan dudas y los conocimientos adquiridos sobre el tema en la clase anterior. En el segundo momento se introducen los nuevos contenidos, sobre la reproducción sexual de las plantas. Aquí la investigación juega el papel central ya que la dinámica de la clase se organiza a partir de las preguntas que la maestra hace acerca de lo que los alumnos deberían haber investigado sobre la reproducción de las plantas, esperando que con las respuestas se arme el contenido.

En los dos momentos se observa el cuidado y la organización con los que la maestra planea su trabajo. Las actividades y los materiales los selecciona pensando en estimular el interés y la participación de los alumnos, objetivo que consideramos sí se cumplió, sobre todo durante el momento de repaso, en el cual los alumnos expresaron sus ideas y conocimientos sobre las plantas y elaboraron nuevas interrogantes sobre el tema estudiado. Las actividades que organizó la maestra para el repaso, permitieron que los alumnos se involucraran poniendo en juego su imaginación, su conocimiento cotidiano y sus razonamientos, con lo cual el repaso fue mucho más que la repetición de las partes de la flor. Se observó un gran interés de parte de los alumnos, que seguían observando su flor y discutiendo en torno a ella, aun después de que la maestra da por terminado el repaso y plantea una pregunta con la intención de introducir un nuevo contenido.

Durante el segundo momento, la maestra trata de asumir un mayor control sobre lo que se

pregunta y selecciona las respuestas que considera adecuadas para la introducción del contenido que se ha propuesto al preparar la clase: la reproducción sexual de las plantas. En este momento, la clase tiene dos dinámicas paralelas. Un pequeño grupo de alumnos sigue la lógica de la maestra, tratando de llegar a la explicación de la reproducción, mientras que el resto de los alumnos, individualmente o en pequeños grupos, continúan observando las flores y comentando acerca de las inquietudes que surgieron durante el repaso.

Analizando el registro, se puede ver que las actividades del repaso fueron muy motivadoras para los niños pero las inquietudes que despertaron no correspondían a la lógica del plan de trabajo de la maestra. Por tal motivo, durante la clase, la maestra no percibe la riqueza de las actividades del repaso, trata de apearse a la secuencia que ya había programado y da por concluidas las actividades de observación y discusión justamente cuando se había llegado a su momento más importante: la elaboración de preguntas de parte de los alumnos. La dinámica que sigue la mayor parte de los alumnos durante el resto de la clase, es la consecuencia lógica de las actividades del repaso: si se les motivó a observar, investigar y plantearse preguntas, lo que sigue es tratar de responderlas, y eso es lo que hacen durante el segundo momento de la clase, pero sin la aceptación de la maestra, quien percibe su inquietud como falta de interés hacia la clase que ha preparado. Por eso después de la clase la maestra comenta que no logró su propósito, porque ella quería que a todos les quedara claro cómo nacen las plantas. Siente que la clase fue un fracaso,

so, porque la evalúa tomando en cuenta un sólo criterio: el dominio de un contenido específico de parte de los alumnos. Sin embargo, en la clase ocurrieron cosas mucho más importantes como la socialización del conocimiento, la validación de conocimientos cotidianos, la elaboración de preguntas y la búsqueda de explicaciones.

Esta situación nos muestra que, para llevar a cabo un proceso didáctico acorde con los intereses y las capacidades de los alumnos, no basta con incorporar a nuestra práctica actividades que promuevan la participación y el razonamiento de los niños. Además es necesario tener una visión muy clara del tipo de enseñanza y aprendizaje que se quiere desarrollar. Las actividades por sí mismas no transforman la práctica del docente, por el contrario, pueden generar, como en el caso analizado, situaciones contrarias al proceso de enseñanza, cuando ésta se entiende como la transmisión de información específica en un tiempo determinado. Una enseñanza participativa, además de las técnicas adecuadas, requiere un cambio de actitud en el maestro, que consiste en reconocer que lo más importante no es lograr que todos los alumnos lleguen a la conclusión prevista por él en el tiempo establecido para ello, sino motivar el interés de los niños por conocer y apoyar la búsqueda de respuestas a las preguntas que ellos mismos se plantean. Esto significa estar dispuesto a modificar sobre la marcha el plan de trabajo inicial para aprovechar el interés que generan las actividades, en lugar de pretender romper la dinámica para continuar con la actividad que sigue, de acuerdo con el tiempo previsto para el logro de un objetivo.

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LAS IDEAS DE LOS NIÑOS Y SUS IMPLICACIONES EN LA ENSEÑANZA

Características generales de las concepciones de los niños

En los estudios presentados en los capítulos anteriores se ponen de manifiesto diversas características de las ideas infantiles. En esta sección resumiremos algunas de las que parecen más generales.

Pensamiento dirigido por la percepción

Un tema que aparece reiteradas veces en diversos capítulos 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

Driver, R., E. Guesne y A. Tiberghien. "Algunas características de las ideas de los niños y sus implicaciones en la enseñanza", en: Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Ministerio de Educación y Ciencia-Morata, Madrid, 1989. pp. 291-304.

una forma espacial, a ponerse las "gafas conceptuales" del científico. Esto implica que los alumnos construyan modelos mentales para las entidades que no son directamente percibidas, como la luz, la corriente eléctrica, 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* (p. ej.: 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.

Enf que 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 espaciales. En el Capítulo VIII, por ejemplo, la cuestión relativa a la combustión del fósforo en un recipiente cerrado dirigió la atención de los alumnos hacia determinadas características que cambiaban durante la combustión: la combustión misma del fósforo, el "humo" que sale, 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 en cuanto 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 reci-

piente de hierro para conservar frío el hielo durante el mayor tiempo posible a causa de las propiedades específicas del hierro (p. ej.: es un sólido, o es frío por naturaleza); no se muestran 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 una pajita 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 de la pajita 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 capítulos hemos visto ejemplos de la tendencia de los niños a centrarse en las secuencias de hechos o en las modificaciones habidas en las situaciones en 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 fuer-

za al percibir algún movimiento; las cuanta más reconocen 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 de una secuencia dependiente del tiempo se tratase. Esta tendencia a pensar explicaciones en 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

ca, 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 (p. ej., 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 científicos, 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".

Como 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 el capítulo dedicado al calor, vemos que 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 período, 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 13 a 14 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. Efectivamente, 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 desempeñan 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 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 *curriculum*, 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 en una dirección solamente: aquélla 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

acercas 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 enseñanza 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 diversos capítulos se pone de manifiesto la notable semejanza entre algunas ideas sostenidas por los niños y ciertas teorías científicas vigentes en el pasado. Hemos tenido la 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 científicos 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 pregaliéana de los ímpetus (la cual, a diferencia del pensamiento de la mayoría de los niños, comprendía patentemente ideas relativistas?).

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 darles un sentido coherente, pueden darse las condiciones necesarias para el aprendizaje conceptual.

En los capítulos anteriores hemos visto ejemplos de aprendizaje sin cambio conceptual. En algunos casos, el resultado de la enseñanza parece ser la incorporación del vocabulario científico a las concepciones antecedentes de los alumnos. En el capítulo dedicado al estado gaseoso, por ejemplo, contemplamos cómo los chicos utilizaban la palabra "presión", transmitida mediante la enseñanza, pero impli-

cando 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 el capítulo sobre el concepto de la Tierra se daban 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 produjera, 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 pensamiento³. 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, podemos necesitar repensar 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 período 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 período de tiempo.

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 que la luz viaja a través del espacio, que la materia se conserva o que 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. Cuanto 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; algunos han sido mencionados en los capítulos anteriores y pueden ser interesantes para promover el aprendizaje conceptual.

(1) *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 pidiéndoles que hagan una representación de lo que piensan acerca de una situación, por escrito, dibujando o a través de cualquier otro medio.

(2) *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 en sí mismos tienen un efecto limitado. Como señala Nussbaum en el Capítulo VII, 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 considerar incluso 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.

(3) *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 en pequeños grupos con los compañeros pueden proporcionar ocasiones para explorar las propias ideas, contribuyendo al mismo propósito expuesto.

(4) *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 inconscientemente para destruir la comprensión científica de los niños; 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.

La creación de esquemas conceptuales alternativos puede promoverse en las clases por los mismos alumnos: a través de su análisis en pequeño grupo, el "aluvión" de ideas en clase y mediante la introducción de conceptos nuevos a cargo del profesor o a través de los materiales educativos. Independientemente de la forma mediante 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 quien no significa que lo entienda en el sentido que se pretende.

(5) *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 las características especiales de un montaje experimental dado en términos tan generales y, consiguientemente, 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 exploratorios⁴. Esperamos que en los próximos años se desarrolle el trabajo coo-

perativo 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.

Bibliografía

- 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".
- 2E. 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, 199-214*, Ed. P.L. Linjser, WCC-Utrecht.
- 3POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. Y GERTZOG, W.A. "Accommodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change". *Science Education*, 66 (2), 211-227.
- 4Lo: lectores interesados en información más amplia sobre el cambio conceptual en las clases pueden encontrar útiles las siguientes referencias: BELI B., WATTS, D.M. Y ELLINGTON, K. (Eds) (1985) *Learning, doing and understanding in science*. SSCR: Londres.
- DRIVEN, R. (1985) "Changing perspectives on science lessons". En *Recent advances in classroom research*. Eds. N. Bennett y C. Desforges, British Journal of Psychology Monograph.
- DRIVER, R. Y ERICKSON G. (1983) "Theories-in-action, some theoretical and empirical issues in the study of students' conceptual frameworks in science". *Studies in Science Education*, 10, 37-60.
- GILBERT, J.K. Y WATTS, D.M. (1983) "Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education". *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- OSBORNE, R.J. Y FREYBERG P. (Eds) (1985) *Learning in science: the implications of children's science*. Heinemann Educational Books.
- OSBORNE, R.J. Y WHITROCK, M.C. (1983) "Learning Science: A Generative Process". *Science Education* 67 (4), 489-508.
- Research on physics education: proceedings of the first international workshop* (1984). La Londe les Maures, Editions du CNRS, Paris.
- WEST, L.H.T. Y PINES, A.L. (1985) *Cognitive Structure and Conceptual Change*. Nueva York: Academic Press.

CAPÍTULO III

FUERZAS Y PESOS EN CUARTO CURSO ELEMENTAL

Queremos presentar aquí algunas propuestas, fruto de la primera reordenación de un trabajo experimental efectuado durante todo un año escolar en una clase de cuarto curso elemental. No es posible dar cuenta en este lugar ni de la marcha general de la investigación que se articula en todo un ciclo elemental, ni del conjunto de las intervenciones y de las incitaciones en cuyo interior se ha insertado este aspecto específico del trabajo; con estas páginas sólo quisieramos comentar brevemente la línea lógica que se fue construyendo al tratar el tema «fuerzas», tal como aparece ilustrada en el esquema en bloques presentado a continuación.

Ante todo, es necesario proporcionar algunas indicaciones sobre el grupo de niños con el que trabajamos. Se trata de una clase de cuarto curso elemental de 19 alumnos (12 varones y 7 mujeres) de la escuela estatal «Fratelli Bandiera» (plaza R. di Sicilia, Roma); su composición social se puede considerar bastante típica de un barrio burgués-medio romano (barrio de Nomentano). En esta clase trabajan como enseñantes Luisa D'Angiolino y Alberto Manzi, que colaboraron con nosotros en la investigación antes citada; el horario de asistencia es el normal en Italia (limitado a la mañana), y la presencia de dos enseñantes está ligada a la de niños con serios *handicaps*. Naturalmente, la situación general de la clase incide profundamente sobre el trabajo desarrollado, pero en este lugar no discutiremos estos aspectos, también esenciales, de nuestra experiencia.

En el esquema en bloques hemos tratado de representar una parte de la línea de trabajo sobre las fuerzas, la que se refiere a problemas de «estática»; reorganizando las distintas experiencias adquiridas (a partir de la primera intervención efectuada en noviembre de 1979, hasta las últimas jornadas de mayo de 1980) según una secuencia «lógica», tal como fue inicialmente definida en el momento de la planificación y se fue poco a poco modificando en el curso del trabajo.

En los grandes recuadros en columnas a la derecha se enumeran sintéticamente actividades efectivamente desarrolladas (desde el material

1. Enlazados con esta línea de discusiones y experiencias sobre el equilibrio, se han desarrollado también argumentos relacionados con problemas de movimiento, en particular de caída de los cuerpos.

Handicaps

escrito producido por los niños, a los juegos y experiencias en el aula o al aire libre); en los recuadros más pequeños a la izquierda están referidos los «pasos lógicos» incluidos en las distintas actividades (que hemos documentado a través del «rebobinado» de las discusiones realizadas antes y después del trabajo arriba aludido). Para simplificar el esquema en bloques, se mencionan preguntas que sirven para enfocar algunos puntos problemáticos con los cuales se puede destacar mejor la línea seguida.

Es necesario precisar que el modelo de conocimiento y de desarrollo del conocimiento que consideramos más conveniente para el proceso de comprensión de los conceptos científicos, y sobre cuya base organizamos nuestras intervenciones, no es en modo alguno lineal ni secuencial; este esquema en bloques debe considerarse, pues, como un ejemplo de trama conceptual abstracta que, aun no identificándose con los recorridos mentales reales a través de los cuales se organizan y se modifican ciertas estructuras de pensamiento, puede utilizarse para estimular su articulación y su desarrollo, y para individualizar puntos de convergencia entre los desarrollos de conocimiento que varían de persona a persona.

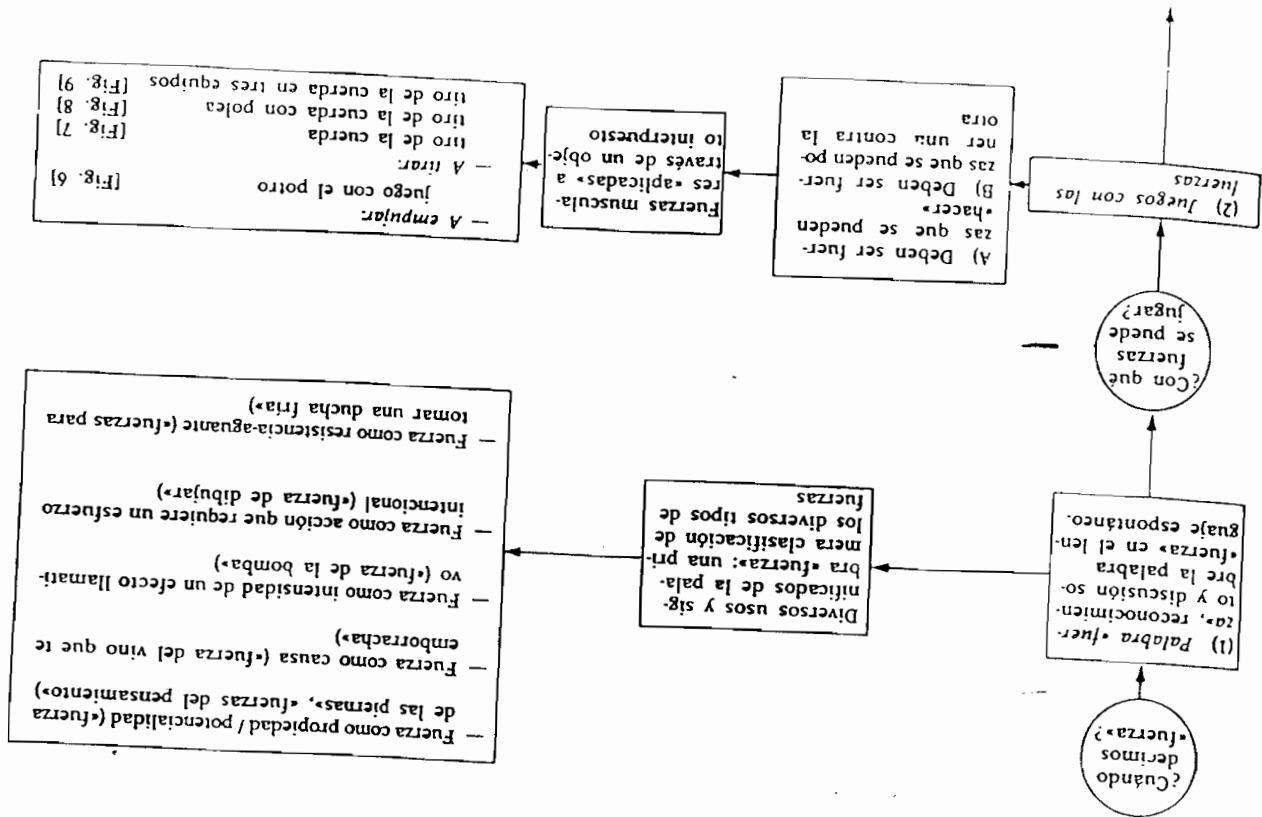
En los recuadros de la derecha hemos indicado además las figuras a las que se puede hacer referencia para clarificar el juego o el experimento correspondiente; también estos dibujos son fuertemente esquemáticos, y por tanto proporcionan, por así decirlo, solamente «el armazón cognitivo» del trabajo. Este, cuando se efectúa realmente con los niños, presenta siempre una extraordinaria riqueza de dimensiones (expresivas, motoras, competitivas, etc.), que en este lugar no podemos tomar en consideración.

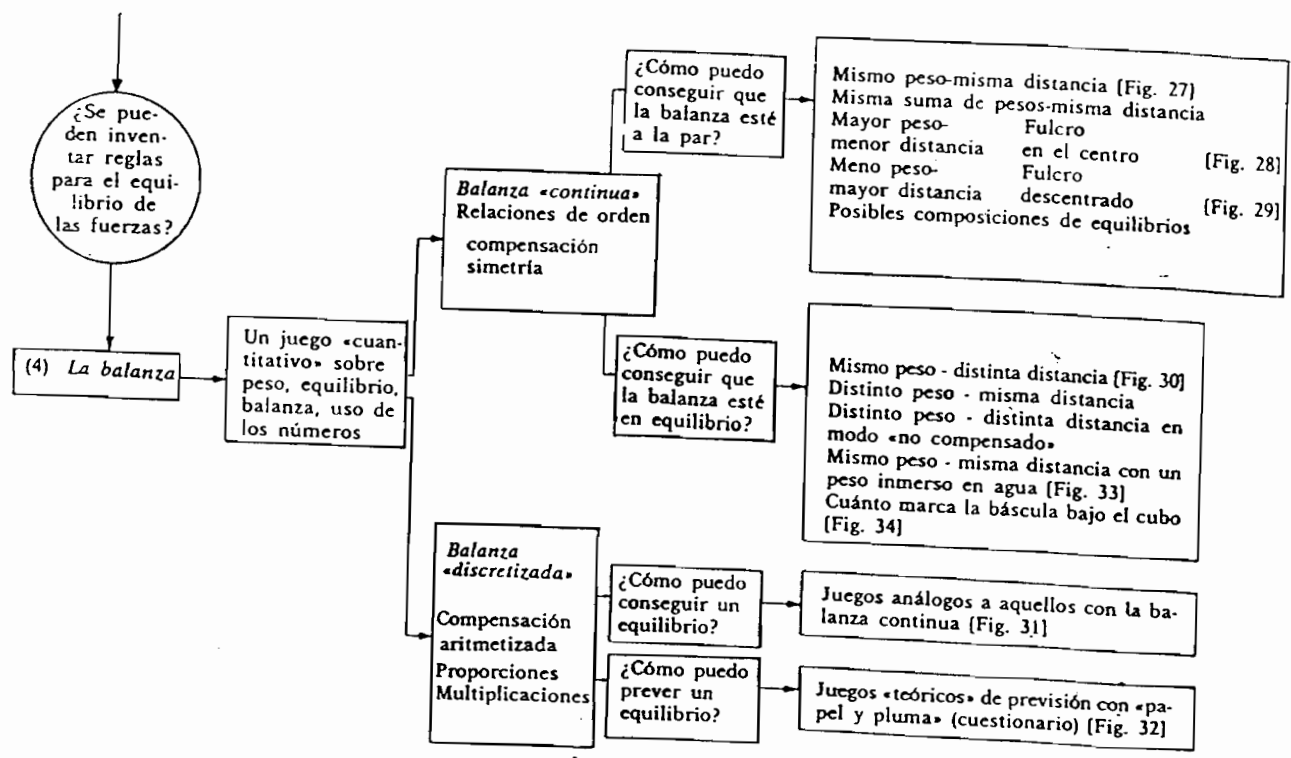
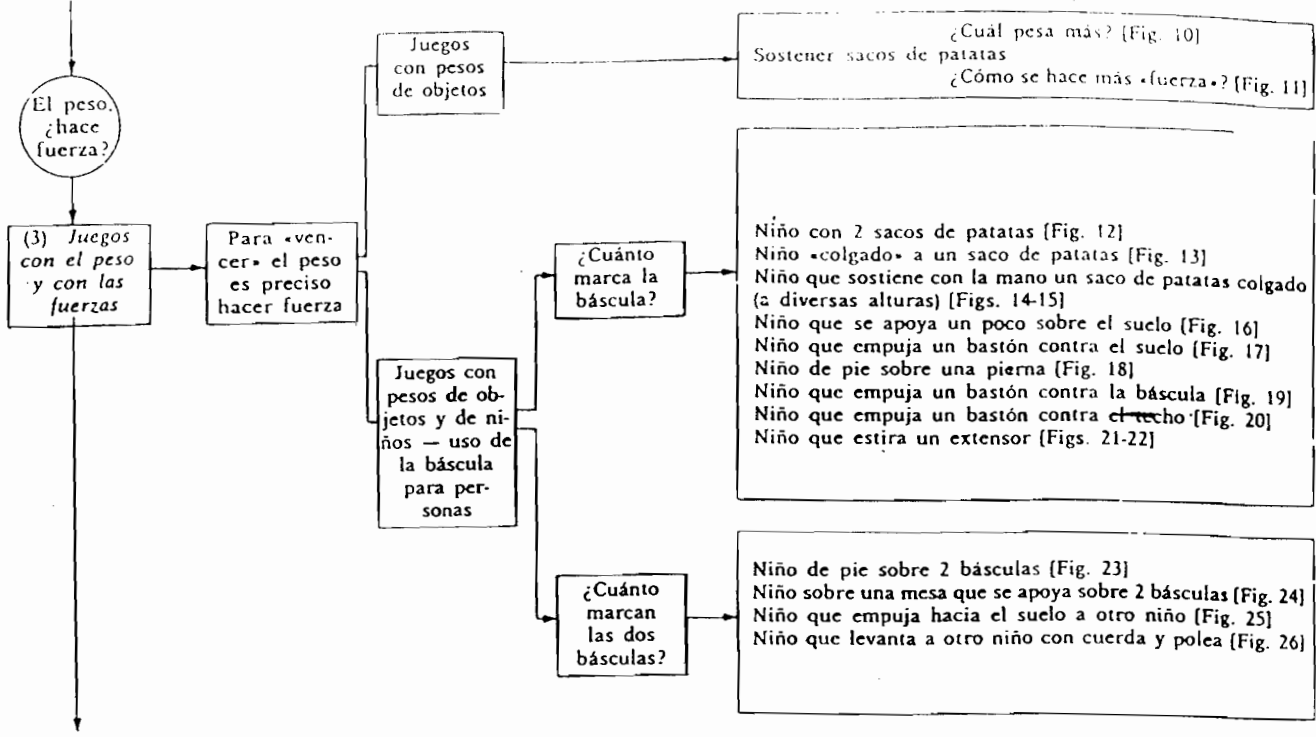
LA PALABRA «FUERZA»

El esquema parte de una pregunta (¿cuándo decimos «fuerza»? que encierra el significado y el «corte» que supusieron las primeras jornadas de trabajo. Se pidió a los niños, en efecto, después de una discusión inicial, que escribieran cada uno diversas frases en las que apareciera la palabra «fuerza». Se recogieron así cerca de 350 hojas, con (al menos) una frase significativa con la palabra «fuerza».

Esta aproximación fue, también en este caso, particularmente importante: la palabra «fuerza», así como muchos términos científicos, es utilizada en el lenguaje común en una extraordinaria cantidad de significados, distintos, concretos y figurados, muchos de los cuales confiados en su poder de evocación extremadamente intenso («la fuerza» del volcán, de la voluntad, del destino, de la bomba...). Podríamos decir que, más que con una palabra correspondiente a un «concepto» definido, estamos ante una metáfora polivalente, con la que se representan hechos una gran cantidad de situaciones, de propiedades, de emociones, etc.; y este enorme bagaje de significados, de todos modos presente no sólo en las personas adultas sino también en los jóvenes, condiciona a

Esquema de la línea de trabajo sobre las fuerzas





través del normal uso del lenguaje, de modo más o menos implícito, cualquier ulterior proceso de aprendizaje o de reorganización cognitiva orientada a un fin. Por eso nos pareció extremadamente útil establecer un punto de partida tan «abierto» en nuestro trabajo, precisamente con el objetivo de hacer salir a flote, recoger y luego discutir el mayor número de pensamientos y de palabras que de distintos modos se asocian con la idea de fuerza.

Durante casi un mes nos detuvimos luego a trabajar con estas frases intentando, junto con los niños, individualizar posibles «familias» de significados en torno a las que recoger su multiforme experiencia. En el prospecto aparecen seis grupos principales de acepciones reconocidas de la palabra «fuerza»: pero en realidad nos dimos cuenta (niños y adultos) de que era casi imposible llegar a reagrupamientos definidos de los «tipos de fuerzas», dada la amplia superposición y mezcla de significados, además casi nunca explícitamente. (En efecto, teníamos intención de poner en evidencia precisamente esto: pero es necesario decir que no hablamos llegado a concebir, antes del trabajo, la riqueza de utilizaciones significativas que puede tener una palabra como «fuerza», incluso en niños de nueve años.)

JUEGOS CON LAS FUERZAS

El segundo bloque redondo del esquema contiene una nueva pregunta, emblemática en la segunda fase del trabajo, sobre los «juegos con las fuerzas». Entre todas las «fuerzas» evocadas por las hojitas de los niños, se descubre, en efecto, que sólo algunas pueden convertirse en objeto de «juego». En uno de los recuadros relativos a este segundo paso se evidencian así dos propiedades discriminatorias para caracterizar una fuerza «con la cual se puede jugar»: a) fuerzas que se pueden de todos modos «hacer»; b) fuerzas que se pueden «comparar», en cuanto se trata de fuerzas «homóneas» según algún criterio. Se puede notar que esta rigida selección corresponde de hecho a una selección de fuerzas operativamente mensurables de modo simple, que son aquellas sobre las cuales se basa el estudio tradicional de la dinámica. En la práctica, las fuerzas presentes en nuestro juego son ante todo —es un niño quien habla—, «fuerzas de las manos para empujar o tirar, y de los pies para sostenerse contra el suelo o para frenar».

Las figuras 6, 7, 8 y 9 ilustran el tipo de juegos que se hicieron, y luego discutimos todos juntos. Se manifestó claramente cómo la ejecución repetida del juego, por ejemplo con todos los problemas de «toma» (fricción) sobre el suelo, y la constante reflexión sobre las diversas situaciones verificadas, llevó gradualmente a los jóvenes a centrar la atención sobre el hecho de que se puede hacer fuerza sólo «contra» algo; o mejor, *entre al menos dos cosas*, y en lados «opuestos». En el

2. En general, se ha notado una estrechísima relación entre la experiencia corpórea

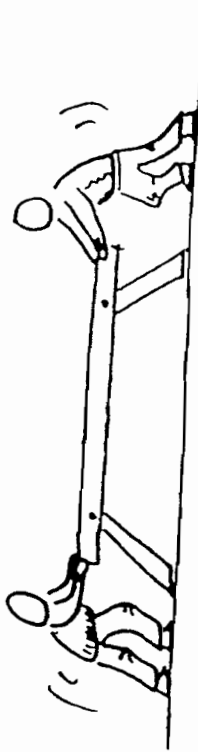


FIGURA 6. Empuje del potro



FIGURA 7. Tiro de la cuerda

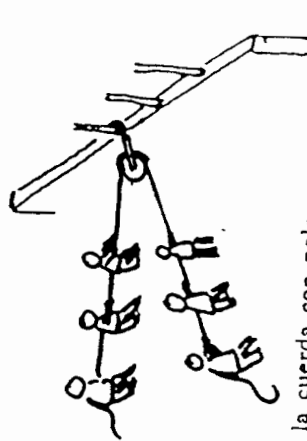


FIGURA 8. Tiro de la cuerda con polea

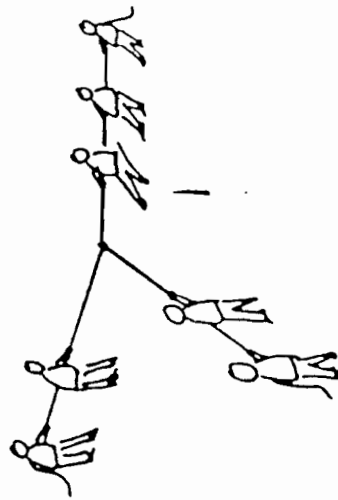


FIGURA 9. Tiro de la cuerda en tres equipos

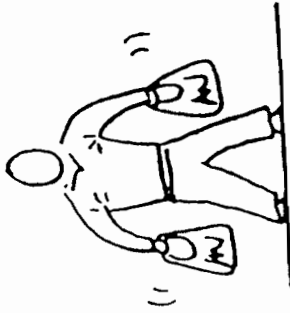


FIGURA 10. ¿Qué saco de patatas pesa más?

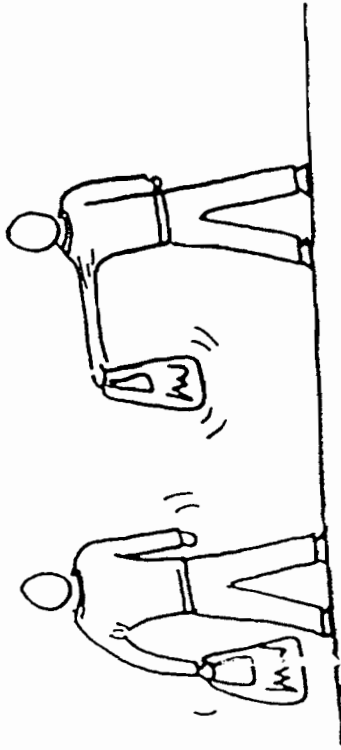


FIGURA 11. ¿De qué modo pesa más?

certamen de empuje del potro se «sentían» y «decían» así, por cada uno de los niños, tanto la fuerza de empuje contra el potro, como la fuerza (opuesta) de empuje de los pies contra el suelo; y un juego análogo realizado en la piscina (dos niños en el agua empujan una pértiga uno contra el otro) demostró aún mejor lo crucial que es la presencia de un sistema de referencia rígido contra el que «sostenerse» para hacer fuerza. En el tiro de la cuerda con pioleta (fig. 8) se ve luego, por ejemplo, que el sistema de objetos interpuesto entre dos (o más) fuerzas puede desempeñar la función de verdadera «guía de transmisión» para las fuerzas, que de tal modo pueden compararse aun cuando se realicen en sentidos concordantes,

de «hacer fuerza» en situaciones diversas, y la capacidad de objetivación y esquematización de las «fuerzas» en diversos contextos, también aquellos en los que no hay implicación personal.

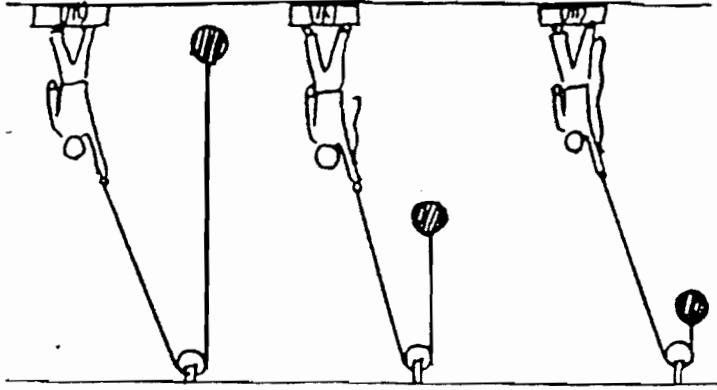


FIGURA 12. ¿Cuánto marca la báscula?

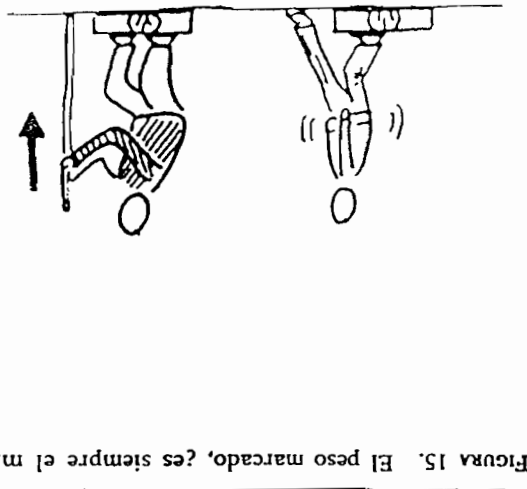


FIGURA 15. El peso marcado, ¿es siempre el mismo?

o de todos modos arbitrarios. En fin, en el tiro de la cuerda en tres equipos la composición (no sólo numérica, sino también espacial) de las fuerzas se impone de manera evidente, como posibilidad para un equipo de «ganar» el certamen aun teniendo menos fuerza a su disposición, siempre que la configuración de los tres tramos de la cuerda sea «favorable» (y sobre esto, las discusiones son infinitas): ¿quiénes son, en esta situación, los «adversarios» de un determinado equipo?).

JUEGOS CON EL PESO Y CON LAS FUERZAS

Hacia mediados de enero se comenzó a hablar más sistemáticamente de «peso». El primer juego (fig. 10) consistía en adivinar qué saco de patatas «pesaba» más (los dos sacos de patatas que se llevaron inicialmente a clase pesaban en efecto 3 kg cada uno); de este modo, el peso aparece como algo contra lo que se puede hacer fuerza, es decir, algo operativamente equivalente a una fuerza (fig. 11). Los juegos «con pesos y fuerzas» de las figuras sucesivas se propusieron todos a partir de preguntas del tipo de: «El niño pesa 28 kg, los sacos 6 kg, ¿cuánto marcará la báscula?» (figs. 12, 13, 14, 15); o bien: «El niño pesa 28 kg y hace lo que indica la figura, la báscula ¿pesa más, menos o siempre 28 kg?» (figs. 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22), etc. Primero cada uno daba sus respuestas y luego se discutían colectivamente, sin hacer la prueba; luego se hacía la experiencia y se volvía a discutir.

El momento de la discusión, o sea, de la justificación de las previsiones y del comentario de las verificaciones, resultó siempre, en nuestra opinión, muy importante y provechoso. Una gran cantidad de modelos explicativos se exponían y comparaban tanto con otras explicaciones como con hechos. Y no se crea que, una vez efectuada la prueba, todas las explicaciones convergían hacia un único esquema compatible con las observaciones hechas en común; al contrario, un gran número de respuestas equivocadas eran corregidas o ajustadas sólo en sus detalles, pero de modo tal que no debían renunciar al esquema interpretativo más general y subyacente a ellas, el cual, de este modo, salía a veces también más reforzado en su capacidad para proporcionar explicaciones sobre «cómo funcionan las cosas». En el juego de las figuras 13 y 14, muchos niños afirmaban, por ejemplo, que en el segundo caso la báscula debería marcar más que en el primer caso, porque «además del peso del niño (a quien se debe, de todos modos, quitar el peso de las patatas, fig. 13) sobre la báscula está también la fuerza que el niño debe hacer para sostener la cuerda». Una vez hecha la experiencia, ante el estupor de muchos (incluido el niño que sostenía las patatas), no faltaron explicaciones del tipo de «Entonces la fuerza del tirar la ha cogido la cuerda», y mil comentarios y argumentaciones más para tratar de explicar este «hacer fuerza que no pesa». El problema de fondo se llevó a sus últimas consecuencias con los juegos propuestos sucesivamente, en los que la «misma fuerza» una vez ejerce cierto efecto (fig. 17, y también 20) y

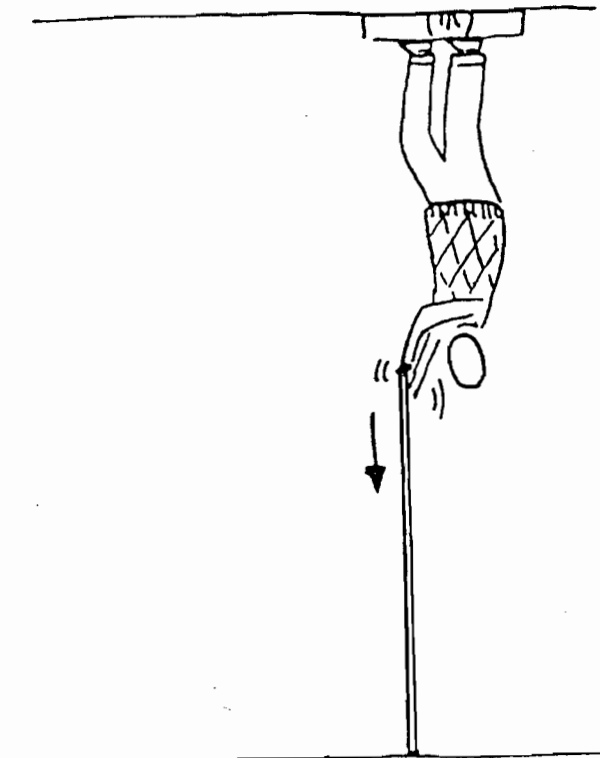
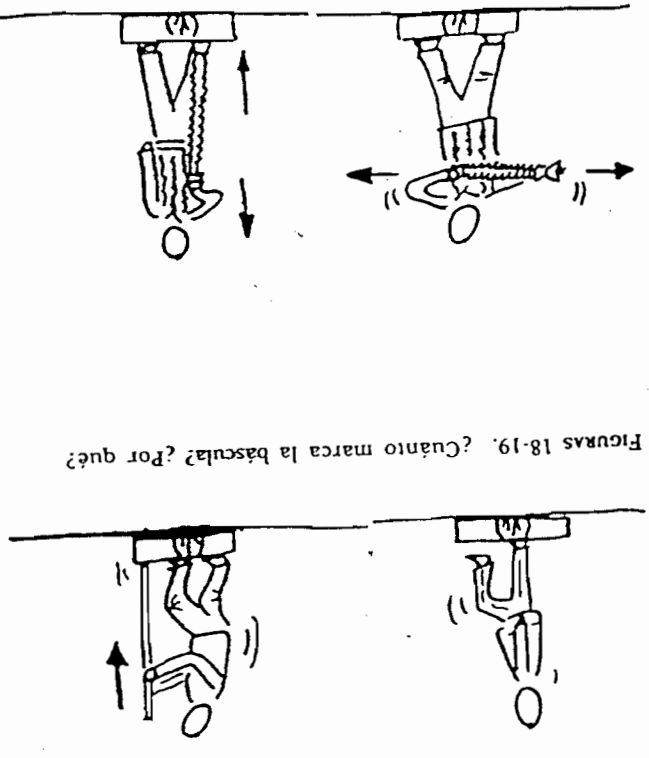


FIGURA 20. ¿Cuánto marca la báscula? ¿Por qué?



FIGURAS 18-19. ¿Cuánto marca la báscula? ¿Por qué?

FIGURAS 21-22. ¿Cuánto marca la báscula? ¿Por qué?

otra vez no surte ningún efecto (fig. 19). En este punto diversos niños comenzaron a reconstruir el conjunto de estas experiencias en términos de «transferencia de peso»: en el primer caso, «un poco del peso del niño "hace fuerza" contra el suelo»; en el segundo caso, en cambio, el peso únicamente se transfiere a otro punto de la báscula, que por eso no «siente» en el conjunto ninguna diferencia. Los niños se dan cuenta de cómo, también en este caso, la fuerza que es preciso «hacer» es, en efecto, solamente una de aquellas fuerzas que son necesarias «para asumir una cierta posición»; y, por tanto, en particular, para ejercer el propio peso sobre puntos diversos y no sólo sobre los pies. En la situación de las figuras 21 y 22, en cambio, las fuerzas en juego no se hacen en «contra» del peso sino que están como «cerradas sobre sí mismas»: también en este caso sin interactuar en modo alguno con el peso marcado por la báscula.

Un problema aparte lo constituyen las relaciones entre la altura de un objeto y los posibles efectos de su peso (fig. 15); se advirtió que mientras todos los niños tenían una experiencia segura de invariabilidad del «peso en sí mismo» a diversas alturas, las ideas se hacían más confusas (y claramente contradictorias en niños distintos) en una situación esquemáticamente como la de la figura 15, en la que se puede llegar a pensar que el efecto sobre la báscula del peso más alto puede ser distinto de aquel del peso más bajo.³ Esto nos parece que pone bien de relieve que en el pensamiento de los niños la constancia de una propiedad (el peso) no implica la constancia de cualquier efecto de la propiedad, a menos que no se identifique el efecto con la propiedad, que es precisamente lo que un manual de física requeriría hacer en este caso («La disminución de peso marcada por la báscula es por definición igual al peso de la pelota»). Pero ¿qué decir entonces de la correlación entre peso y posición al balancear una situación de equilibrio (véase más abajo)? Es preciso, por otra parte, estar atentos para no confundir las dificultades encontradas por muchos niños con el fin de plantear correctamente el problema de la figura 15, con la sugerencia (realizada por algunos) de la «dependencia de la fuerza de gravedad de la distancia» (¡del suelo!), evidentemente según algún tipo de «explicación científica» mal explicada y mal recibida. Ningún niño, como ningún no especialista, puede poner, en efecto, en duda el hecho de que en situaciones de experiencia normal el peso de un objeto sea siempre el mismo; lo que se contempla como algo más dudoso es, en cambio, el conjunto de las modalidades con las que un objeto pesado interactúa con un cierto contexto (un poco como en la figura 11, en la que uno de los sacos «parece» pesar más, porque requiere un esfuerzo mayor para ser sostenido).

Una problemática análoga se reconoció luego en los juegos con dos

3. En las expectativas contradictorias de los niños —algunos consideran que la báscula marca más, otros menos, «más o menos lo mismo»— se encuentran huellas del «efuerzo para alzar el peso hasta allí arriba» y del «impulso que tendría el peso si cayera desde allí arriba»; no hay aquí espacio para analizar a fondo estos aspectos tan importantes.

FIGURA 23. ¿Cuánto marca cada báscula?

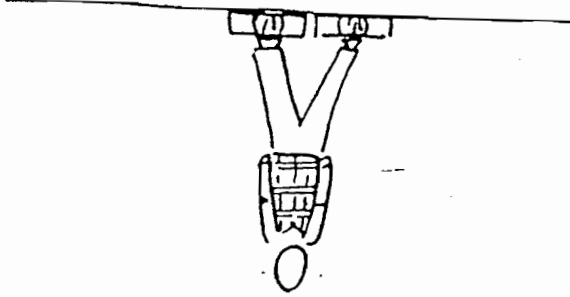


FIGURA 24. ¿Cuánto marca cada báscula?

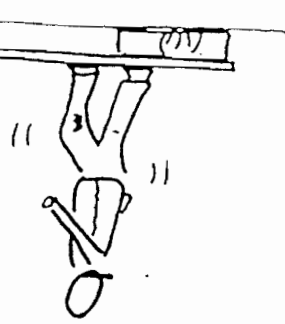
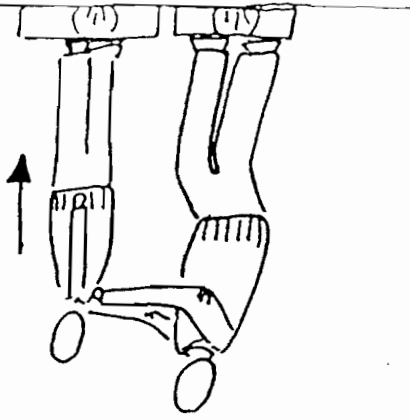


FIGURA 25. ¿Qué sucede en las dos básculas?



básculas (figs. 23, 24, 25), en los cuales se estudió más de cerca cómo se puede producir un «reparto» y una «transferencia» de peso de una báscula a la otra. La pregunta «provocativa» de la figura 26, por ejemplo, evidencia que, si se trata de «transferencia de peso», un niño, por «fuerte» que sea, y por más fuerza que haga, no podrá obviamente transferir un peso mayor que el suyo.

LA BALANZA

La última fase de nuestro trabajo experimental tuvo como objetivo analizar más de cerca una situación de «peso contra peso» por medio de una balanza. La primera balanza utilizada, que indicamos como «balanza continua», está esquematizada en la figura 27.⁴ Estaba constituida por dos tubos de aluminio de unos 130 cm de largo, fijados el uno al otro por medio de dos pernos y con un vacío en medio para que quedaran distanciados. La forma de la «balanza» nos fue sugerida por la exigencia de tener un objeto que se pareciera lo menos posible a una balanza usual y que al mismo tiempo fuera bastante sensible, lo suficientemente estable en condiciones de no equilibrio (baricentro más bajo que el punto de apoyo), utilizable para distancias arbitrarias de los objetos suspendidos, y que a su vez se pudiera colgar de un punto cualquiera (del tubo superior). Se utilizó también una segunda balanza similar a la primera, salvo los tubos, que fueron reemplazados por dos estantes de biblioteca «de cremallera» fijados el uno en el otro con cuatro abrazaderas (balanza «discretizada»). Con este segundo tipo de balanza es posible indicar con un número tanto el peso (por ejemplo, número de pernos) como la distancia del centro (número de «clavijas» contadas a partir del centro).

En los dos recuadros del esquema denominados «balanza continua» y «balanza discretizada» hemos enumerado un primer grupo de conceptos o de habilidades puestos en funcionamiento en las dos situaciones; y en las figuras 27, 28, 29, 30 y 31 están representadas, a título de ejemplo, algunas de las correspondientes configuraciones típicas propuestas a los niños. En los recuadros a la derecha de la última parte del esquema, y en los correspondientes cuatro recuadros con preguntas, hemos esquematizado algunos tipos de configuraciones de equilibrio y desequilibrio de la balanza, a través de las correspondientes «reglas» encontradas por los mismos niños en el curso del trabajo. Esta parte de la experiencia concluyó con ejercicios del tipo del presentado en la figura 32, en el cual se pidió a los niños que escribieran valores para el número de pernos (P) y para el número de clavijas entendido como distancia

4. Aludiremos solamente, dado que el discurso sería muy largo y agotaría todo el planeamiento del trabajo, a la importancia de que el primer «instrumento emblemático» para comparar pesos no imponga *a priori* la elección de esquemas discretos, y por tanto numéricos, para la descripción formal de las diversas configuraciones.

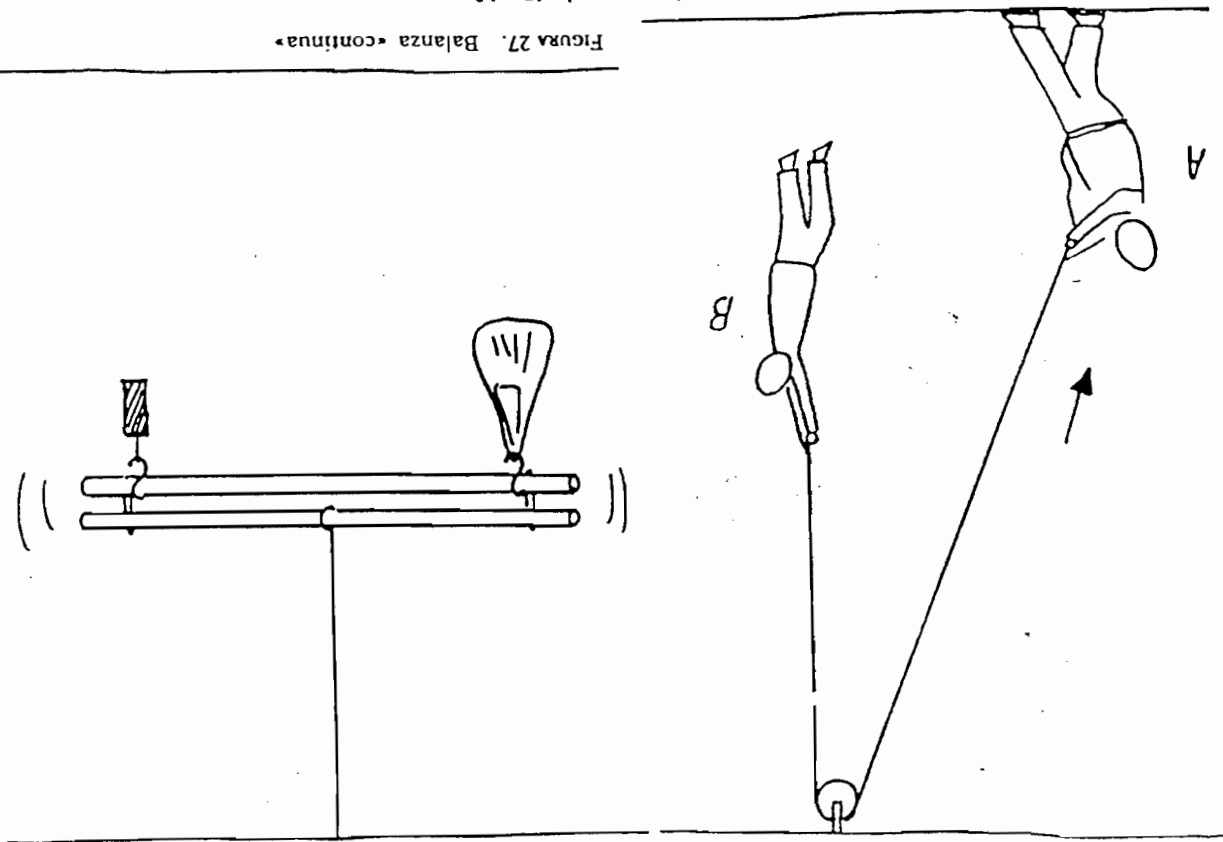


FIGURA 27. Balanza «continua»

FIGURA 26. ¿Puede el niño B, más ligero que A, levantar al niño A?



FIGURA 28. Balanza «continua» en equilibrio

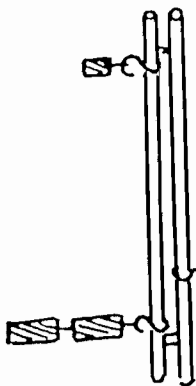


FIGURA 29. Balanza «continua» que no está colgada en el centro (la «romana»)

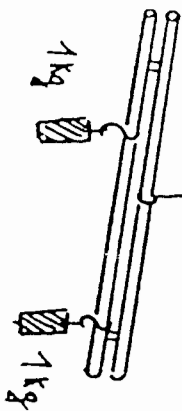


FIGURA 30. Balanza «continua» que no está «a la par»

P	d	P	d
7	5	5	7
6	4	3	
	5		5
8	3	6	4
8	3	4	6
7	3		4
7	3	4	
10	5	8	4
	2	6	3
		4	
9	4	6	6
	1		

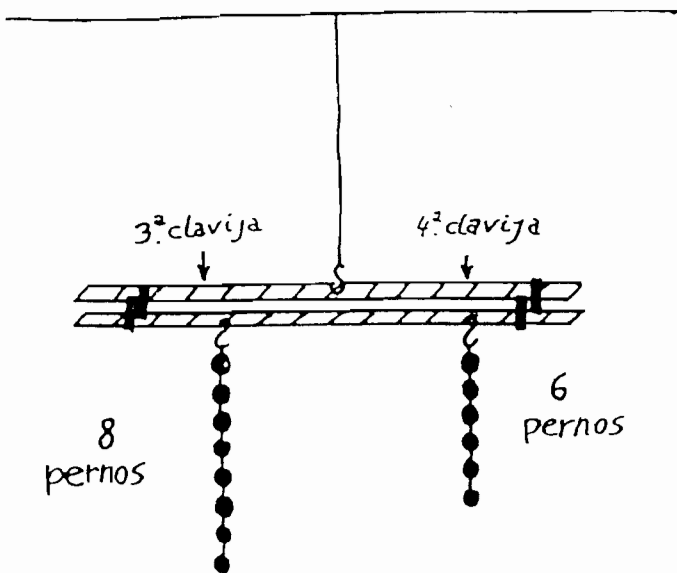


FIGURA 31. Balanza «discretizada». ¿Cómo se mantiene en equilibrio?

FIGURA 32. Tablilla de los pesos y de las distancias para la balanza discretizada «P»: número de pernos. «d»: número de clavijas desde el centro de la balanza discretizadas. Verifíquese si los números de cada línea del cuadro dan una situación de equilibrio y completar las líneas incompletas

del centro (d), correspondientes a una situación de equilibrio. Las líneas completas de los cuatro números debían verificarse «teórica» o «experimentalmente», indicando si cada línea daba efectivamente unos valores «justos» para un equilibrio, o bien no.

Como es obvio por la estructura misma del problema, y como resultó de manera inequívoca de las estrategias de comportamiento y del recorrido cognitivo de los niños, la comprensión «física» de una situación como ésta no puede separarse del dominio de los distintos instrumentos «formales» con los que puede ser organizada y representada, desde el simple discurso lógicamente organizado, a las estructuras aritméticas de razón y multiplicación, hasta la estructura lógico aritmética de la proporción directa e inversa. (Lo mismo se había verificado, obviamente, para las estructuras aditivas, implicadas en los «juegos» descritos en el párrafo sobre la balanza.)

Las situaciones de las figuras 33 y 34, propuestas en forma de juego a fin de año, al término del trabajo, presentaron (como estaba previsto) problemas de análisis y de previsión casi insuperables para los niños, que muy difícilmente logran concebir un «empuje» debido al agua sobre cuerpos que no flotan (un trabajo sobre la flotación había sido desarrollado en segundo curso elemental). Por otra parte, situaciones de este tipo resultan también problemáticas para muchos adultos.

La pregunta de la figura 34, en cambio, no se discutió en absoluto, sino que sólo se recogió a través de observaciones sobre los «juegos posibles»: puede dar una idea del nivel de dificultades de orden físico que se pueden encontrar en este sentido en cuestiones de estática elemental, tanto que el conjunto de las experiencias aquí propuestas podría en nuestra opinión transferirse y proseguirse fácilmente en un nivel escolar más elevado. Y el hecho de que una gran cantidad de problemas «importantes» hayan quedado parcial o totalmente abiertos para nuestros niños (comenzando por aquel, omnipresente, del papel desempeñado por el «sistema de referencia» respecto del que se ejercitan las fuerzas, desde el suelo al techo o al agua de la piscina...) no hace más que confirmarnos la validez de la aproximación adoptada: tanto en su capacidad, justamente, de afianzarse sobre todos los problemas dinámicos fundamentales, como en la de constituir una base de trabajo significativa para toda la escuela de base (¡y más allá!).

Figura 34. ¿Cuánto marca la báscula bajo el cubo?

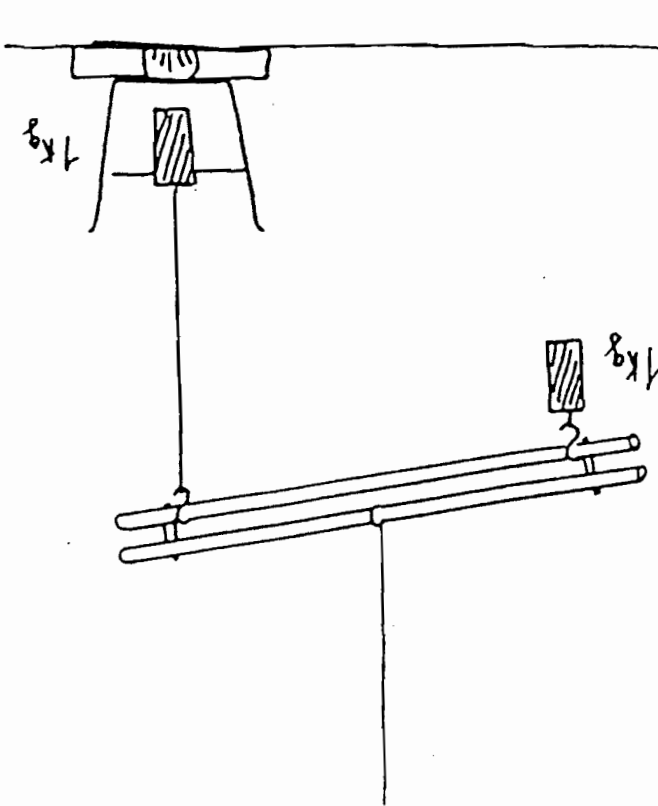
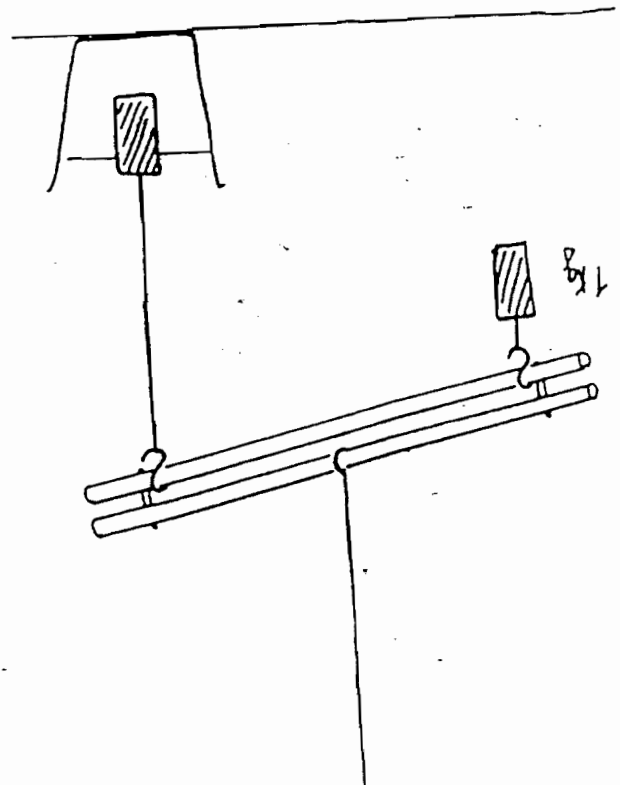


Figura 33. ¿Por qué no está a la par?



INTRODUCCION

LA CIENCIA EN LA ESCUELA

Durante varios siglos no se enseñó ciencias en la enseñanza básica. Cuando, finalmente, la cultura científica ingresó en la programación educativa, lo hizo subordinándose a la cultura literaria. Este desarrollo, propio de toda Europa, es particularmente crítico en España, pues en nuestro país, la ciencia ni siquiera integró en proporción importante el bagaje cultural de la sociedad toda («Que inventen ellos...»).

País sin ciencia, escuela sin ciencia. Y, como si fuera poco, cuarenta años de poder anticientífico, del que surgió una escuela anacrónica e irracional. Cuando estallaba la revolución científico-técnica, nuestra escuela silabeaba a coro o cantaba las tablas...

Sumada a la larga coyuntura política, existía otra razón de gran peso para relegar la enseñanza de las ciencias. Nuestra sociedad realiza una total separación entre la actividad manual y la actividad intelectual, subordinando la primera a la segunda. Esta división social del trabajo fortaleció el hecho de que la escuela se haya interesado hasta hoy, esencialmente, por la formación literaria y, cuando más, abstracta (a través de las matemáticas).

Dado que las ciencias de la naturaleza constituyen, sin duda, una actividad mixta, necesitada de la acción conjugada del cerebro y de las manos, ha sido (así lo prueban los hechos) discriminada y minimizada frente a la cultura abstracta, y puramente verbal.

Pero pasó el franquismo, y el mundo entró en España. Para nuestra desgracia, esto sucedió cuando, debido a la crisis energética, al progresivo deterioro del medio ambiente y al peligro de la guerra atómica final, en ese mundo, la ciencia (y su transmisión) se ponían en críticos análisis. Justamente en el momento en que pretendemos reunirnos con el gran cuerpo de la ciencia, aparece en la sociedad una profunda revisión que apunta a su propio devenir. Surgiendo de justas apreciaciones, a veces, y en muchas otras, equívocas y falsas, en nuestro tiempo se está rehaciendo el cuerpo de la pseudociencia, del oscurantismo. Astrólogos, monjes de nuevas religiones, rastreadores de ovnis y fantasmas, bailan en ronda, cantando loas a la irracionalidad...

Es justamente por ello, frente al peligro de la pseudociencia y frente al enorme peligro del conocimiento científico aplicado a la tarea de la destrucción, que pensamos que es más indispensable que nunca instalar las ciencias, con jerarquía fundamental, en todo el proceso educativo y, especialmente, en la enseñanza básica.

Entendemos que la potenciación de las ciencias en la escuela no es un lujo, sino una necesidad. Y lo hacemos pensando en una enseñanza de las ciencias que intente dar a la mayoría de los niños (quienes no serán, mayoritariamente, ni científicos ni técnicos) una amplia

comprensión de los principales fenómenos del mundo natural. Pero, además, y, fundamentalmente, pensamos en una propuesta educativa que ayude a crear en los niños un cierto «espíritu de la ciencia». Un espíritu que les permita acceder a procesos intelectuales, sociales y afectivos con el suficiente grado de racionalidad para que esos actos (los que integran su vida cotidiana) sean plenos, respetuosos...

La renovación en la escuela es una necesidad. La vida española actual presenta, en su aspecto pedagógico, una situación particularmente rica, gracias a la democratización y a la descentralización del aparato del estado. Esto ha permitido que multitud de iniciativas florezcan, se entrecrucen. Entre ellas va la nuestra.

Nuestro trabajo no parte de la nada. En las últimas décadas, en todo el mundo, se han desarrollado numerosos proyectos de enseñanza de las ciencias naturales, siguiendo diversas estrategias y cubriendo diversos estadios escolares. Así, términos como «ciencia integrada», «aprendizaje de las ciencias por el descubrimiento», «ciencia a partir del entorno», constituyen hoy un amplio marco de referencia para muchos profesores de ciencias.

No es nuestra intención describir tales proyectos (cuyo detalle podrá verse en la bibliografía), sino referirnos a las propuestas de un gran pedagogo catalán, de las que nos sentimos herederos. Se trata de José Estallella¹, quien, en 1920 (¡hace sesenta y cuatro años!) expresaba cosas como las siguientes:

«Decíame un profesor, no ha mucho, que él siempre prueba, antes de comenzar las clases, todos los experimentos, para evitarse la vergüenza de que le salgan mal ante sus discípulos. Mas entonces, ¿cómo aprenderán éstos nunca a vencer las dificultades? Creo que ha de haber bastante distancia entre un profesor y un prestidigitador.»

Desde su genial intuición, Estallella abre una puerta original y totalmente renovadora (incluso para la escuela de hoy), al señalar claramente la vinculación entre la formación de conceptos y el uso de experimentos e instrumentos:

«Mi opinión es esta: las leyes físicas que no se pueden poner en claro con los instrumentos usuales (útiles, herramientas, aparatos empleados en las distintas profesiones), se estudiarán con preparaciones, lo más sencillas, lo más vulgares, rehusando sistemáticamente el empleo de instrumentos especiales de demostración.

Aún creo que puede hacerse una afirmación más rotunda: siempre que en «la enseñanza elemental» de la Física, para estudiar tal ley no quede otro recurso que emplear un instrumento complicado construido ex profeso, más vale suprimir ese estudio. En muchas ocasiones he podido observar lo mismo: si una ley se demuestra con un aparato complicado, el alumno atribuye a la complicación del aparato el cumplimiento de la ley, y esta falsa atribución es difícil de extirpar, porque es subconsciente.»

Constructivista sin que las herramientas psicológicas y epistemológicas hubiesen sido investigadas, Estallella afirmaba:

«Tampoco se trata de «demostrar» ni de «comprobar» leyes, sino de aprenderlas, y quizá, mejor, de descubrirlas.

Conocí un profesor de Física que, cuando «tomaba la lección» a sus discípulos, contestaba invariablemente si tergiversaban alguna ley:

¹ Estallella, J.: *L'obra dispersa*. Barcelona, Caixa d'Estalvis del Penedès, 1979.

"Las leyes cuando no se saben, se inventan". Y no atinaba en que su frase, que él creía irónica, encerraba todo un sistema pedagógico, radicalmente más lógico y eficaz que el anodino de sus clases.

Las leyes se inventan; se investigan. Así se forma la ciencia. Y así se aprende. En la investigación debe basarse todo sólido aprendizaje. Lo demás es hojarasca...

A ese profesor le vi una vez castigar a dos de sus discípulos, por algo que hoy se consideraría como motivo de aliento y satisfacción. No sé cómo, aquellos dos chicos, de ocho a nueve años, habían hecho un invento: la preparación de papel de calco embadurnando papel común con tinta violeta (la que se usaba en la escuela) y jabón. Con una pastilla de jabón extendían la tinta por una cara del papel; dejaban secar y obtenían así papel de calco. Un compañero "sopló" al maestro lo que ocurría, y el maestro decomisó los enseres y castigó a los chicos.

Aquel maestro era incapaz de saber aprovechar los magníficos momentos, no previstos en los programas, en que la lección adquiere su máxima eficacia y se abre espléndidamente al capullo del conocimiento. Aquel maestro desperdiciaba las ocasiones y cortaba los capullos.»

Sin embargo, y a pesar de las palabras excepcionales de Estalella, la diversidad de propuestas y cambios que ha experimentado la didáctica de las ciencias, siendo tan útil y rica, no ha dejado de plantearse, en sus rasgos más generales, mediante un discurso escolástico.

Transgredirlo quiere decir subordinar el orden de prioridades de la acción que debe ejecutar el docente, a la acción que puede y debe ejecutar el niño. El planteamiento de semejante innovación no es original ya que ha tenido lugar en numerosos intentos. Pero aún, estos intentos no han adoptado un cuerpo metodológico suficiente, por lo cual conviene insistir en este planteamiento.

PIAGET, SU TEORIA Y LA DIDACTICA DE LAS CIENCIAS

[No siempre existe concordancia entre la comprensión infantil y las explicaciones y transmisión de conocimientos que el adulto imparte.

Pondremos un ejemplo muy gráfico, que le sucedió a esta psicóloga que suscribe. Mi hija, a los nueve años, presencié con mucho interés un eclipse lunar. Empleamos un buen telescopio, que plantamos en la montaña para no perder detalle. El eclipse duró largo rato y tanto su padre como yo tuvimos ocasión de responder a una buena tanda de preguntas formuladas por la niña, y en nuestras respuestas incluimos las explicaciones que consideramos oportunas. Las relaciones entre la posición del Sol, la Tierra y la Luna fueron claramente expuestas en nuestra explicación.

Al poco tiempo, en la escuela volvieron a explicarle las posiciones, las relaciones, los distintos movimientos de dichos cuerpos celestes... Representaron incluso, mediante una pequeña escenificación, lo que ocurría en el firmamento. Todo lo explicó el profesor con suficiente claridad, pues mi hija fue capaz de repetirlo fielmente cuando llegó a casa ese mismo día.

Después de haber tenido acceso a los diferentes canales de información referidos (explicación del profesor, de los padres, observación

directa de un eclipse), pasó un año, y un día le pedimos que relatara de nuevo cómo estaban colocados la Tierra, la Luna y el Sol en el espacio. Muy decidida, con aire cansino en su mirada (¡pesadilla de padres!, suele pensar en ocasiones como ésta), cogió tres objetos y los dispuso en hilera sobre una mesa. En un extremo de la hilera colocó un objeto que representaba la Luna, en el otro extremo el Sol, y en medio de ambos la Tierra: «Ella (la Tierra) gira sobre sí misma. Así, cuando una mitad pasa por delante del Sol, la otra pasa por delante de la Luna. Mientras en una mitad de la Tierra es de día, en la otra es de noche. Y como no para de girar, tenemos día y noche, día y noche...».

Según este modelo, la Luna, o es una estrella o no puede estar nunca iluminada por el Sol, puesto que la Tierra la ensombrece. De este modo los eclipses son una fantasía de la imaginación, inconcebible en una dinámica como la expuesta por la niña. La más elemental astronomía por los suelos.

¿Cómo explicar semejante desaguado? ¿Para qué sirvieron las explicaciones y observaciones obtenidas?

La información recibida por mi hija fue, en primer lugar, simplemente escuchada; sólo después se sometió a una organización intelectual propia de la niña. Aquella combinación de movimientos planetarios, las proyecciones de sombras, las órbitas concéntricas, no pudieron resistir, en su mente, el paso del tiempo.

Cuando esto ocurre (y sucede con gran frecuencia), quiere decir que el niño no asimila, en la medida que el adulto espera, lo que le enseña y explica. Aquél, entonces, recurre a una estrategia de retención memorística, que va a sustituir a una incorporación reflexiva de los hechos que se presentan. Tal estrategia no resiste el paso del tiempo, quien se encarga de borrar lo efímero y dejar al descubierto una interpretación, errónea evidentemente, pero que tiene la ventaja de ser propia del niño.

La ausencia de asimilación directa a partir de los hechos o las explicaciones de los adultos será artificialmente retenida por el niño siempre y cuando él no haya construido o reconstruido las actividades intelectuales (en palabras de Piaget, «operaciones»), que le permitan pensar y descubrir la lógica que los fenómenos y la acción de los objetos necesitan para ser inteligibles.

Todo conocimiento descansa sobre una especie de «red» de conexiones y relaciones lógicas que lo sustenta. Esta «red» (en palabras de Piaget, «estructuras intelectuales»), va evolucionando a medida que el niño crece. Nunca el conocimiento real se constituye independientemente de las estructuras que lo sustentan. Por el contrario, cuando un conocimiento no se apoya en una lógica de la acción intelectual, se trata de un conocimiento aparente.

La influencia de Piaget en la práctica escolar es imparable, pero si repasamos su teoría podremos señalar algunas deformaciones que puede sufrir al intentar ser aplicada. Asimismo convendrá señalar algunos peligros que entraña su mala interpretación.

El cuerpo teórico de la psicología genética contiene una descripción estructural del desarrollo cognitivo y una explicación funcional del mismo. Estos dos aspectos de la teoría ponen de manifiesto las condiciones y características de la actividad intelectual del sujeto humano, aproximándonos a una definición de la inteligencia.

En términos generales, la inteligencia es, para Piaget, la forma que

el individuo tiene para adaptarse a un universo de cosas y sucesos enormemente variado.

Cuando se le presenta un problema novedoso o un fenómeno inexplicable, el sujeto desencadena un mecanismo de incorporación de lo nuevo al conocimiento que posee con anterioridad. Esto se conoce como asimilación. La incorporación de esos datos a aquel conocimiento le permitirá elaborar una respuesta o explicación de los hechos.

Esta asimilación, sin embargo, no se realiza sin obstáculos. Así, cuando los conocimientos anteriores no responden satisfactoria o adecuadamente a la novedad, el sujeto se siente empujado a inventar nuevos recursos, modificando parcialmente o reordenando los anteriores (esta forma del funcionamiento intelectual se llama acomodación). La doble actividad de aplicar recursos intelectuales que el sujeto posee a situaciones que lo permitan y la construcción de recursos nuevos cuando estas situaciones no se someten a una comprensión suficiente, tiende a una equilibración que asegura la estabilidad de las nociones en juego.

En la teoría de Piaget, tanto el sujeto que construye el conocimiento como el objeto que es asimilado se constituyen en protagonistas de una Epistemología cuya condición funcional proviene de la naturaleza biológica de la inteligencia.

A lo largo de su obra demuestra que las conquistas del conocimiento surgen tanto de la construcción individual de los instrumentos intelectuales (estructuras), que permiten asimilar la naturaleza de las cosas, como de la adquisición comprensiva de dicha naturaleza (propiedades de los objetos). Una conquista no puede darse sin la otra, tendiendo ambas a un equilibrio dinámico.

En efecto, Piaget establece dos tipos de conocimiento: por una parte, el conocimiento lógico-matemático (de carácter eminentemente endógeno), y por la otra, el conocimiento empírico (de carácter eminentemente exógeno). No son dos conocimientos independientes entre sí, ni su adquisición es sucesiva. Sin embargo, es posible establecer una distinción entre ambos. Tanto el conocimiento lógico-matemático como el conocimiento de la realidad física tienen un origen común: la acción del sujeto sobre los objetos. Ahora bien, esta acción, tal como señala R. García¹, se desdobra en un desarrollo paralelo que se construye por la oposición dialéctica entre los aportes del sujeto y los aportes del objeto. De esta interacción surgen las dos clases de conocimiento mencionados: el conocimiento de la realidad, sólo accesible a través de la acción de sujeto sobre los objetos y las estructuras lógico-matemáticas, que surgen de la coordinación de sus acciones y que serán los instrumentos de asimilación que él empleará para comprender la realidad.

Esta separación contiene un riesgo en el momento de querer aplicar la teoría constructiva a la escuela, que consiste en suponer que el desarrollo de la lógica y la matemática debe actualizarse en las clases de matemáticas y que el desarrollo del conocimiento físico es patrimonio de las clases de ciencias. Esta dicotomía es enormemente ingenua y puede orientar una actividad escolar inadecuada. Volveremos sobre ello más adelante.

La mayor parte de la obra piagetiana está dedicada a explicar mi-

¹ R. García: «El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias». *Educación*, número 42. *Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación*. México, 1982.

nuciosamente la construcción de las estructuras lógicas en el niño. Mediante estos estudios se demuestra cómo la herencia no interviene directamente en la construcción de esas estructuras.

La inteligencia se desarrolla por etapas sucesivas caracterizadas por el uso de ciertas estructuras lógico-matemáticas que tiene su origen en el recién nacido. En el período sensoriomotor se pone de manifiesto cómo la actividad del bebé contiene una lógica de la acción que asegura una continuidad entre los procesos biológicos (organización de los reflejos) y los cognitivos.

Este inicio en la filiación de las estructuras intelectuales conduce sucesivamente, aunque no linealmente, a los períodos preoperatorios; más tarde a la operatividad concreta, y posteriormente, a la formal. Cada uno de estos períodos se caracteriza por un nivel propio de movilidad intelectual que las estructuras lógicas desarrollan hasta el momento.

Situándonos en la operatividad concreta, que es el período supuestamente alcanzado por los niños de segunda etapa de EGB y de la que partiremos en nuestro trabajo, Piaget muestra cuál es la novedad esencial respecto a la etapa anterior. Esta consiste en que el pensamiento, en lugar de dirigirse constantemente sobre el presente actual de los hechos que se desarrollan, se hace capaz de volver al punto de partida y, por tanto, de considerar la continuidad de un proceso. La posibilidad de contemplar el resultado de una transformación, recorriendo mentalmente el camino inverso que ha dado lugar a la misma, asegura una suerte de conmutatividad y, por tanto, de conservación. Este alcance intelectual trae como consecuencia la realización de una serie de operaciones (acciones interiorizadas y reversibles) de las cuales el niño más pequeño no es capaz, ya que en el período preoperatorio no consigue descentrar su pensamiento de las sucesiones espaciotemporales a que se ven sometidos la percepción de los objetos. Recordemos que los apoyos perceptivos, a falta de compensaciones reversibles, le inducen continuamente a errores.

Es, pues, la conquista de las retroacciones, primero, y la reversibilidad, después, lo que lleva al niño a alcanzar la transitividad y la reciprocidad, y con ello una movilidad intelectual necesaria para conseguir la estabilidad de ciertas nociones. Evidentemente esta estructuración contiene una serie de limitaciones que se verán superadas al alcanzar la operatividad formal. Estas limitaciones se encuentran implícitas en los agrupamientos (estructurales generales que contienen los vínculos interoperacionales). Ellos describen la lógica cualitativa de este período y expresan propiedades cualitativas que encierran sólo una cuantificación intensiva («todos», «algunos», «ninguno»).

Precisamente por la ausencia de un carácter extensivo, los agrupamientos lógicos impiden composiciones entre elementos cualesquiera obligando al pensamiento a proceder respetando ciertas leyes de contigüidad propias de las relaciones cualitativas.

Resumiendo: las estructuras de agrupamiento obligan a una subordinación al contenido, permitiendo coordinaciones lógicas entre operaciones, pero sin llegar a otra cosa que a la organización de los contenidos concretos. Trascender este nivel requiere la elaboración de mecanismos hipotético-deductivos propiamente formales.

Piaget ha descrito y formalizado extensamente la construcción de las estructuras lógico-matemática. El proceso complementario a éste,

es decir, la construcción del conocimiento de la realidad exterior, también ha sido objeto de su atención. La cuestión a plantearse podría ser: ¿Cómo intervienen las estructuras lógicas en el proceso de aprendizaje de la realidad física?

Sabemos que la comprensión y adquisición de conocimientos de la realidad empírica pasa por la necesidad de diferenciar las propiedades de la materia haciéndola inteligible para así poder operar con ella. El proceso de abstracción que debe realizar el niño para conocer las características del mundo físico son función de la lógica de sus acciones prácticas (en las primeras edades) y de las mentales (posteriormente). Habrá así una concordancia entre los instrumentos intelectuales que él emplea para ordenar la realidad física y el resultado de ese intento: el conocimiento que de ella adquiera.

Una tendencia fuertemente arraigada entre los profesores de ciencias es creer que mostrando claramente la realidad y sus características a los ojos del niño, éste puede aprehenderlos por la percepción. Sin embargo, el proceso, en su inicio, suele proceder al revés. La realidad siempre es «leída» con los instrumentos intelectuales que el sujeto tiene y, por tanto, en su primera aproximación el niño suele deformarla.

No hay una lectura directa de la experiencia, ya que ésta pasa por el acto intermediario de la representación mental que el sujeto posee y que comporta su competencia operatoria particular.

Así pues, se pone en evidencia que la fuente de conocimiento no consiste simplemente en la percepción de la realidad, sino en el proceso de asimilación activa que realiza el sujeto sobre los objetivos.

ENTENDER MAL A PIAGET

Veamos ahora cuáles pueden ser las deformaciones habituales de la teoría de Piaget y las consecuencias de una aplicación de las mismas a la clase de ciencias. Una de estas interpretaciones incorrectas se puede formular en los siguientes términos: si las estructuras lógicas que el niño construye, en diálogo con los objetos, son generadas, a la vez que determinan su conocimiento de la naturaleza, deberá ser necesario asegurar la construcción de dichas estructuras con independencia del ámbito de aprendizaje en que tenga lugar tal construcción. Es decir, si queremos que esas estructuras se desarrollen para que hagan posible una comprensión de la realidad, lo que hay que garantizar es que un ejercicio suficiente de los esquemas de acción que las antecede, conduzca a su elaboración. De aquí a programar ejercicios operatorios para asegurar la clasificación, seriación, la conservación de cantidades, etc., hay un paso. Nada es más lícito que proponerse como objetivo educativo mejorar la capacidad operatoria de los alumnos, pero nada es más ingenuo que suponer que una vez que esas estructuras están adquiridas en un contexto podrán ser generalizadas a cualquier otro directamente. Y que, además, su construcción o reconstrucción será de igual dificultad para el niño, con independencia del contexto donde se realice tal generalización.

Pongamos un ejemplo: se puede trabajar durante un tiempo suficiente las operaciones que posibiliten la conservación de cantidades

continuas¹. Uno de los obstáculos que el pensamiento infantil debe vencer para alcanzar dicha conservación consiste en poder compensar mentalmente las diferencias de forma de los recipientes, puesto que ellos, aun albergando la misma cantidad, son responsables de que el nivel del líquido sea distinto. Una vez se consigue que el niño descubra la relación inversa entre un vaso largo y estrecho y otro ancho y bajo («lo que el vaso ancho pierde en altura, el estrecho lo gana; por tanto, la cantidad de líquido es la misma, aunque su nivel sea distinto»), no se puede garantizar que el mismo niño traslade esa misma relación a cualquier otra situación que así lo requiera.

Por ejemplo, esa relación inversa aplicada ahora al peso y volumen de los cuerpos no le permitirá responder de inmediato a la cuestión de por qué un cuerpo grande flota y otro chico se hunde.

Los niños situados en el período de la operatividad concreta no pueden transferir automáticamente una operación adquirida en un ámbito a otro cualquiera. Toda novedad requiere un análisis que generará un proceso asimilador más complejo que el de una simple transposición.

Ahora bien, ateniéndonos al origen del desarrollo de esas estructuras conviene aclarar que cualquier operación que el niño conquista tiene su origen en innumerables contextos espaciotemporales distintos y son esas acciones generalizadas a un diversificado medio físico las que él debe reconocer por sus consecuencias.

En efecto, el niño no tiene otro medio para reconocer las propiedades de sus acciones más que analizando la diferencia que produce su repetición en los distintos ámbitos. Estas diferencias le informan de la variedad de los objetos sobre los que actúa, y a la vez le informan de las divergencias y semejanzas de las acciones a que los somete en el curso de su aplicación. Por tanto, si nos inspiramos en el aprendizaje genético sacamos la siguiente conclusión: no se debe constreñir el espacio reservado al aprendizaje de la lógica a un universo cerrado, conviene que el niño actúe en la mayor cantidad posible de situaciones y sobre el más diversificado grupo de objetos y fenómenos, para así asegurar que su aprendizaje surge de un ejercicio de la confrontación permanente con la novedad y no de una aplicación mecánica y rutinaria.

El otro peligro que acecha la clase de ciencias, y no precisamente el menos frecuente, es la seducción empirista.

Que los hechos no contienen las explicaciones que los hacen comprensibles es una verdad sabida por cualquier espíritu indagador. Las claves del conocimiento están en la capacidad intelectual de organizar adecuadamente los sucesos de la naturaleza. Si el pensador «piensa bien», se aproxima certeramente a la realidad, y si no es así, tarde o temprano ésta se encarga de desmentirlo. Pero nada más.

Nunca jamás «la experiencia es la evidencia», y sólo en el caso de que la «evidencia» se haya instalado con anterioridad en el pensamiento del individuo, la «experiencia» podrá ser significativa.

No volveremos a insistir en la tendencia deformadora del observador cuando un acontecimiento excede los límites de su comprensión. Lo observado se incorpora y asimila a la particular forma de «comprender» del observador; por tanto, la experiencia forma parte de un

¹ Piaget, J., e Inhelder, B.: *El desarrollo de las cantidades en el niño*. Ed. Nova Terra, 1971.

proceso de asimilación. Pero su conjunción no acaba aquí, puesto que de la confrontación entre asimilaciones y modificaciones de esas asimilaciones como ya hemos dicho (acomodación) se avanza. El responsable de que el sujeto introduzca modificaciones en las formas de asimilación de la realidad es efectivamente la propia realidad.

Las acciones del sujeto deben poder someterse a las características de los objetos físicos, quienes interactúan unos sobre los otros, con independencia de la lógica que se les aplique para comprenderlos. Cuando aquellas acciones no son adecuadas, hay deformación, interpretación equivocada y error en la comprensión de los acontecimientos naturales.

Es evidente la importancia de los objetos y sus interacciones en el desarrollo del conocimiento, pero la cuestión está en saber: ¿cómo hacerlos intervenir, en un proceso de aprendizaje? ¿Cómo reconocer la ocasión para que el niño confronte sus opiniones con los hechos? ¿Que hechos elegir?...

Nos gustaría contestar estas cuestiones a lo largo del libro. De momento conviene decir que la intervención de los hechos y la actividad de los objetos sólo podrá movilizar el funcionamiento intelectual del niño a condición de que se presenten adecuadamente a las características del particular momento evolutivo en que ese niño se encuentra.

Esta adecuación no sólo pasa por conocer los rasgos más generales de su actividad intelectual, sino que pasa por saber seleccionar el material más adecuado para la situación más favorable.

Por ejemplo: se puede convenir en que una forma de desbloquear una centración y ayudar a superar una interpretación incorrecta puede consistir en colocar una experiencia que contradiga las ideas del niño.

A tal efecto, se puede llevar a cabo dicha experiencia. Pero conviene tener cuidado, porque si esa experiencia presenta en su ejecución una complejidad demasiado grande o inusual, no es probable que adopte para el niño el carácter demostrativo que nosotros le atribuimos. Su realización y lectura, entonces, no contribuirá a modificar sus opiniones, sino que éstas serán aplicadas deformadamente a la secuencia causal que aquella experiencia contenga. Si, por el contrario, la experiencia presenta un grado de dificultad suficiente, podrá permitir que el niño tome conciencia acaso de una contradicción entre lo que él piensa y los hechos. Sobre el uso de las situaciones de contradicción en los aprendizajes también conviene matizar. Piaget demuestra que las contradicciones sólo son útiles cuando el niño tiene conciencia de ellas y eso ocurre cuando tiene (o cuando está a punto de tener) instrumentos para resolverlas.

Nuestro trabajo realizado con niños nos ha enseñado a elegir, inventar y organizar diversos recursos pedagógicos adecuados a cada momento. A través de ese trabajo hemos aprendido a mesurar la oportunidad a emplear cada procedimiento.

La utilización de las contradicciones del niño en el curso de un aprendizaje deben reservarse para momentos muy especiales y no conviene abusar. Ello se debe a varias razones: el aprendizaje de la naturaleza no puede ser sentido por el niño como una batalla permanente entre lo que se piensa y la realidad. Existen otros resortes que es necesario pulsar en esa aventura. Así, conviene que los niños realicen muchas tareas de elaboración. Tienen que conseguir montar prácticamente sus representaciones y esto no es ni fácil ni rápido. Por ejem-

pio, tienen que poder idear y representar un modelo de aparato y deben poder, a continuación, expresar lo más correcta y comprensiblemente posible el funcionamiento de ese aparato. Esta tarea no exige cambios en sus concepciones, sino organización de los elementos que integran dichas concepciones. En este momento del aprendizaje se les debe ayudar a que plasmen fielmente lo que piensan y no es ocasión de intervenir en la modificación de sus ideas. La tarea de construcción es muy importante, no sólo porque informa al maestro de la concepción del niño, sino porque al niño le exige una actividad de selección y organización de datos que debe conseguir la coherencia suficiente para poder ser comunicada.

Otro recurso es la invención de experiencias por parte de los niños que sirvan para demostrar sus afirmaciones o creencias. Es muy importante que esas experiencias sean realizables y que las lleven a cabo los propios niños. Debe asegurarse la fidelidad a lo programado, posibilitando así el juego entre las previsiones, las ejecuciones y los resultados de la experiencia; con ello se está estimulando un ejercicio intelectual que procede mediante anticipaciones y retroacciones. Al mismo tiempo, el niño descubrirá las condiciones internas que alberga la experimentación propiamente dicha.

Otro recurso es la resolución de problemas y las consecuentes confrontaciones colectivas entre diversas soluciones. Este es un recurso especialmente aconsejable cuando el niño está construyendo un modelo, que le es indispensable para elaborar una explicación o para articularla mejor.

Muchos maestros, sabiendo el papel tan importante que Piaget confiere a la contradicción, plantean situaciones de aprendizaje, que en su conjunto denominaremos «método del sí o no». Este consiste, más o menos, en colocar en la clase de ciencias un discurso académico al que sólo se puede penetrar participando en la verificación de las hipótesis que previamente el profesor elige o enuncia. Estas hipótesis son primero explicadas por él, para, a continuación, ejecutar unos «pases» experimentales, dando la oportunidad a los alumnos de decir «sí va a ocurrir» o «no» tal fenómeno, asegurando y «demostrando» la verificación o negación de tal o cual hipótesis.

Con esta práctica (infecunda), la contradicción no es la del niño, sino la del profesor. Por tanto, no altera en lo más mínimo las concepciones de aquél. Con ella, lo que se persigue es convencerlo de algo (que no le va ni le viene), por el procedimiento de un ejercicio empírico que, por muy bien ejecutado que esté no garantiza la reflexión necesaria para que un aprendizaje tenga lugar. Abusar de las situaciones de contradicción entraña un peligro que se debe evitar: y es que el niño pueda sentir las como verdaderas agresiones. Sólo dejan de serlo a condición de que él pueda resolverlas. Por tanto para utilizarlas conviene que el maestro estimule la creación infantil mostrando su aprobación ante los resultados que el niño es capaz de alcanzar, aunque no sean todo lo satisfactorios que el maestro espera.

Otra interpretación incorrecta de la teoría piagetiana postula que el conocimiento infantil evoluciona, en la mayoría de los casos, a pesar de las enseñanzas escolares. De semejante principio se pueden concluir dos cosas: no tiene sentido elaborar una intervención pedagógica que favorezca el desarrollo de los conocimientos, puesto que el niño «crece» sólo. La otra conclusión menos rotunda afirma que conviene

esperar que el niño tenga el instrumental cognitivo necesario, para, entonces, transmitirle lo que puede asimilar y comprender.

Hay que contestar a las dos cuestiones. En primer lugar, no es cierto que en el desarrollo intelectual, la escuela ejerza una función neutra. La escuela favorece o desfavorece ese desarrollo. Nunca, ni el medio en general, ni el ámbito escolar en particular, quedan al margen del proceso evolutivo. La escuela puede (y de hecho lo hace en muchas ocasiones) inhibir la capacidad exploratoria del niño, paralizándolo sus naturales inquietudes e iniciativas. Y esto lo consigue sustituyendo su curiosidad y viveza por el ejercicio de la docilidad intelectual. Pero la escuela también puede hacer lo contrario: convertir niños dóciles y sumisos en niños independientes y curiosos. Ello dependerá de la manera como se emplee el protagonismo de esos niños en los asuntos de sus aprendizajes.

La otra cuestión incorrecta consiste en suponer que en el desarrollo intelectual hay un «momento privilegiado» para enseñar tal o cual noción, y que entonces podrá ser comprendida con tal o cual profundidad. No dudamos que esto sea así, pero pensamos que sería muy costoso, en tiempo y recursos, descubrir la particular posesión de ese momento por parte de cada niño de la clase. Planteada así, esta cuestión constituye un falso problema, pues olvida que el desarrollo intelectual de cada niño es función también de interacciones sociales indispensables, con los demás niños y con el adulto.

La naturaleza ofrece innumerables motivos de reflexión, que por su riqueza y variedad estimulan a los niños a una búsqueda de explicaciones. Estas explicaciones, en la clase, son múltiples. Si se sabe sacar partido pedagógico de sus divergencias, convirtiendo la variedad en el objeto de una cooperación, esa diversidad constituye un motivo de aprendizaje doble: por una parte, el niño aprende a hacer coexistir sus opiniones en el seno de las opiniones colectivas, y por otra, enriquece sus concepciones con las de los demás.

Para finalizar, no podemos dejar de mencionar quienes sugieren la necesidad de que los niños aprendan a usar «el método científico». Nosotros no tenemos nada contra un método capaz de ser generalizable a la hora de abordar científicamente la realidad. Claro está, siempre que no se confunda el «método científico» con el método experimental. Esta confusión, muy frecuente, confiere a las reglas o normas lógicas que deben guiar la experimentación (combinación y control de variables, etc.) el carácter de un método general para abordar toda la ciencia, reduciendo peligrosamente ésta a aquél.

Organizar un método para interrogar, investigar y explicar la realidad quiere decir ir más lejos que las propias investigaciones, quiere decir sacar conclusiones sobre cómo tiene lugar ese proceso. Quienes se dedican a formalizar el «método científico» son personas que, pretendidamente, conocen o han realizado muchas investigaciones.

Necesariamente deben ser personas que han vivido el placer y el desasosiego del descubrimiento o invención de algo nuevo y que ponen orden en ese proceso creador, ubicándolo en el contexto conceptual y metodológico de las ciencias y la historia de sus conquistas.

La cuestión a plantearse es: ¿puede y debe aprenderse la metodología científica en la Básica? Pensamos que ninguna de las dos cosas es pertinente. Los niños pueden hacer «sus» investigaciones. Pero los niños no pueden aportar nada nuevo a las ciencias. Esto es de sentido

común, ¿cómo, entonces, se puede esperar que los niños aprendan «el método científico»?

En la Básica debemos contentarnos con que los niños consigan aprender a organizar sus exploraciones para poder articular satisfactoriamente las explicaciones y los hechos. De conseguirlo, podremos felicitarlos.

NUESTRA PROPUESTA

Nos propusimos que un grupo de niños aprendiera algunos temas del programa de ciencias (correspondientes a la Segunda Etapa de EGB) sin «enseñar» explícitamente esa disciplina. Para ello elaboramos una serie de recursos con el objeto de averiguar qué es lo que pensaban y sabían de los temas. A continuación, e inspirados en las respuestas, decidíamos qué aspectos de cada tema queríamos que aprendieran, y posteriormente organizamos las sesiones de aprendizaje.

En primer lugar elaboramos pequeños cuestionarios que contenían una serie de preguntas relacionadas con los procesos que desencadenan algún hecho o fenómeno, y a los que difícilmente podían responderse con argumentos escolares. Eran preguntas que hacían pensar. A menudo, las respuestas ponían de relieve cómo se deformaban las enseñanzas recibidas. Cuando los cuestionarios no nos daban suficiente información, pedíamos la realización de dibujos o maquetas, que suelen ofrecer una representación más aproximada y completa de los caminos que el pensamiento sigue en la elaboración de una respuesta.

Dos características orientaron el tipo de preguntas que formulamos, siendo ambas responsables, en parte, del tipo de respuestas obtenido: una consistía en pedir al niño que explicara el «cómo» tenía lugar un proceso y no el «porqué». La segunda característica consistía en orientar las preguntas sobre cuestiones de las que la percepción directa no podía informar, por tratarse de procesos o acontecimientos que se encontraban en el «interior» o «detrás» de la realidad.

Estas dos condiciones, implícitas en la mayoría de las preguntas, dieron como resultado que el conjunto de respuestas ofrecido para un mismo tema se articulara en una explicación dinámica que adoptaba muchas veces la forma de una analogía. Esta podía o no contener operaciones o relaciones lógicas satisfactorias.

Este tipo de explicaciones infantiles merecen una denominación particular por su gran persistencia y estabilidad a lo largo de las sesiones y, por ello, las llamaremos «modelos analógicos».

Los «modelos analógicos» son recursos explicativos que emplean los niños y que están constituidos por representaciones de los sucesos que intervienen en un hecho o fenómeno. Estas representaciones dinámicas se apoyan en viejos esquemas de acción, que proceden del período sensorio-motor, pero cuyas combinaciones ofrecen una coherencia suficiente para satisfacer la necesidad de explicar los efectos producidos por la actividad de los objetos sobre los que se interroga.

Pongamos algunos ejemplos. A la cuestión de: ¿cómo hace el viento para moverse de un lado a otro?, hay niños que recurren a explicaciones que implican la aplicación de una fuerza. En consecuen-

cia, contestan que el viento se mueve porque algo como, por ejemplo, las nubes lo empuja.

A la cuestión de: ¿cómo hacen las células de la mano para crecer si el alimento pasa por el aparato digestivo?, algunos niños responden que dichas células se trasladan hasta este sistema para conseguir el alimento, y una vez ingerido, vuelven al lugar de origen.

A la cuestión de: ¿qué relación hay entre el crecimiento del organismo y la reproducción celular?, los niños suelen saber que una célula puede reproducirse en otras, pero junto con este muy frágil conocimiento coexiste la idea de que las células del cuerpo crecen y por eso crecemos nosotros. Así, nuestro aumento de tamaño se debe a una suerte de aumento de tamaño de las células y no a la reproducción celular.

A la cuestión: ¿cuál es la procedencia del almidón que está en las hojas verdes?, los niños suelen imaginar que el almidón se traslada sin que aparezca espontáneamente la idea de una elaboración propia por parte de la planta.

Como antes dijimos, estos modelos (y muchos otros) se apoyan en esquemas de acción, porque en todos ellos, el niño atribuye a las interacciones entre los objetos (interacciones que no puede percibir directamente) algunas de las acciones prácticas que él mismo ejecuta. Con estos recursos explicativos, el niño atribuye a los objetos una actividad física (errónea) que transcurre en una secuencia espaciotemporal (también errónea). A efectos del aprendizaje, este hecho es de una importancia esencial, pues revela la necesidad de organizar situaciones prácticas con un material adecuado para que el niño pueda realizar una elaboración reflexiva de las propiedades de los objetos y de sus acciones.

Señalemos otra de las aportaciones conseguidas a través de los cuestionarios: las respuestas infantiles pueden poner de manifiesto la extensión que alcanza la lógica operatoria. Por ejemplo: en una situación muy sencilla planteada en el capítulo I, acerca de si es posible saber cuál de las tres piedras llega primero al fondo de un recipiente de agua conociendo solamente las diferencias de tamaño, las respuestas obtenidas indican que para la mayoría de niños hay una indisociación entre peso y tamaño, poniendo de relieve la no conservación del peso.

En consecuencia, los cuestionarios informaron tanto de la secuencia causal con que los niños interpretan los hechos, como de la lógica que emplean para ordenar sus respuestas en el contenido temático que nos interesa.

Conviene señalar que en nuestro trabajo encontramos un desfase entre las explicaciones causales, relativas al conocimiento empírico y la lógica empleada por el niño. Así fuimos descubriendo que la evolución lógica no garantiza a lo largo de su adquisición una correspondiente evolución del conocimiento empírico. Aunque ambos procesos son solidarios en la génesis del conocimiento, en las situaciones de aprendizaje se aprecia una dificultad en armonizar las relaciones entre ambos. Ello es imputable, por una parte, a la dificultad de comprender la variada gama de nociones que un mismo hecho físico encierra. Por otra parte, se debe a la imposibilidad de generalizar la lógica a campos de los cuales el sujeto carece de representación (o de un modelo que le permita acceder a ellos). Pongamos un ejemplo para ilustrar la primera dificultad: es evidente que sin un instrumento lógico como la propor-

cionalidad, el niño no puede comprender las relaciones entre el valor de la velocidad del viento y el valor de la velocidad de un barco de vela empujado por aquél. La relación entre ambas velocidades (y si se quiere complicar el problema se puede añadir el valor de la superficie de la vela) pueden permitir una serie de operaciones que llevan al niño a poder realizar previsiones sobre cualquier barco y bajo cualquier condición de viento.

Ahora bien, dicha proporcionalidad no sirve para comprender el «cómo» ocurre el desplazamiento y sólo permite afirmar que cuanto más velocidad adquiere el viento, más velocidad adquiere el barco.

Esta relación no da acceso, por ejemplo, a explicar el fenómeno de la presión ($P = \frac{F}{S}$), que también está implicada en la acción del

viento sobre la vela y que de ser descubierta por el niño le aproximaría más a una explicación causal del movimiento, enriqueciendo con ello su conocimiento empírico.

La otra dificultad que contribuye a producir estos desfases proviene de que el niño no posea una representación (aunque sea insuficiente) de los acontecimientos. De tenerla, ésta le permitiría actuar mentalmente sobre ellos, y así poder acceder a una comprensión de los mismos. Por ejemplo, sin un modelo de comprensión y descomprensión «corpúscular», no hay explicación causal de las diferencias de densidad. Aunque en la adquisición de dicha noción intervenga la lógica de una composición «atomística», con todas las operaciones que aseguran la conservación de la sustancia, el peso y el volumen, estas operaciones, en el curso de la construcción de la noción, se apoyan en aquel modelo y recíprocamente. Naturalmente, las operaciones seguirán independizarse del contenido conceptual que las sostiene, pero esto sólo ocurrirá después de un largo proceso.

Para terminar, recordemos que los desfases que presenta la elaboración de la lógica y el conocimiento empírico tiene su correlato en la historia de la ciencia. Aristóteles es un claro exponente: inventa la lógica más brillante y realiza una interpretación ingenua de la física.

En el curso de las sesiones con niños, estos desfases se pusieron de manifiesto y nos mostraron el camino que debía seguir el aprendizaje. Ellos nos enseñaron que era necesario estimular las reflexiones sobre las propiedades de los objetos y sus acciones empleando un material adecuado que soportara el análisis y la abstracción empírica pertinente. Además debíamos controlar si ese material y las situaciones inventadas, a efectos del aprendizaje, eran oportunas. Ello era posible mediante una valoración de la lógica que el niño empleaba para organizar intelectualmente los datos. Si esa lógica era insuficiente se hacía necesario el uso de ejercicios colaterales al tema objeto de estudio. Si aquella era adecuada, convenía complicar el problema para que el niño avanzara.

Veamos dos ocasiones donde se ve cómo los recursos empíricos y reflexivos se complementan y enriquecen. Reflexionando en torno a la composición molecular de un granito de harina pudimos percatarnos de que algunos niños no consideraban la posibilidad de que coexistieran «sustancias» diferentes en su seno. En este caso, en que la lógica del niño no aceptara esta eventualidad, no tenía ningún sentido colocarlo ante reacciones químicas que demostraran lo contrario. Pensa-

mos que convenía esperar y no hacer intervenir una demostración empírica hasta que el niño hubiera realizado una serie de ejercicios dicotómicos, con materiales diversos que le llevaron a ejercitar mentalmente reuniones y divisiones según criterios distintos aplicados a totalidades diversas.

Otra situación contraria también se puede dar. Nosotros la encontramos en numerosas ocasiones. Es posible que el niño ordene lógicamente bien una serie de premisas y realice las deducciones pertinentes. Por ejemplo, puede partir de la idea de que todo lo vivo se mueve, se traslada. Siguiendo este razonamiento dirá que los hongos formados sobre una berenjena no se mueven. Al no percibir dicho movimiento concluirá que los hongos no son algo vivo.

La ordenación es perfecta, pero con el único problema de que la primera premisa es falsa. En estos casos conviene recurrir a una contrastación experimental. Esa premisa debe, por tanto, verificarse o falsearse mediante una situación experimental adecuada, que conviene que invente el propio niño, como indicaremos en el capítulo 2.

Estos procedimientos orientaron las situaciones de aprendizaje en la dirección de una exploración intelectual de la naturaleza, antes que a la adquisición de un conocimiento concreto. Los niños debían aprender a pensar en términos de las ciencias naturales, recorriendo un proceso constructivo que les llevara a conquistar instrumentos intelectuales suficientes para transformar favorablemente el desarrollo de su conocimiento. Instrumentos que les permitiera acceder a conceptos concretos que debían alcanzar, ya que sin ellos no había novedad intelectual integrable ni por tanto avance.

De dichos avances dieron cuenta las modificaciones que los niños introdujeron en sus modelos; éstos al finalizar las sesiones estaban contenidos de experiencias cognitivas que gozaban de un estatuto lógico y empírico más evolucionado que el contenido en los modelos iniciales. De esta manera conseguimos que los niños, mediante la construcción de representaciones lo suficientemente móviles y adecuadas, accedieran reflexivamente a otras realidades nuevas.

LA UTILIDAD PEDAGOGICA DEL LIBRO

Mejorar la calidad de la enseñanza viene siendo, desde hace años, uno de los objetivos perseguidos por diferentes sectores de la educación. Las actividades profesionales para contribuir a que este objetivo se haga realidad han sido múltiples. Sin embargo, sabemos que la renovación pedagógica no depende sólo de acciones aisladas de profesionales, sino de una actuación de conjunto entre todos los sectores que constituyen el aparato educativo. Mientras tanto, la vida en la escuela sigue y el profesor se enfrenta cada día con una serie de exigencias no siempre elegidas de modo convincente.

Esta propuesta didáctica pretende ser un instrumento de ayuda para esta labor renovadora. Para que ella sirva a la realización de una tarea creadora conviene recordar al lector que sólo se trata de una herramienta de trabajo.

Nosotros creemos que el profesor debe ser el protagonista principal a la hora de programar y organizar la tarea escolar, así como el

fácil ni inmediata. Pero, una vez que lo consiguieron, les sirvió para comprender muchos otros fenómenos. Así, en ocasión de resolver la igualdad de peso entre dos pedazos de plastilina, cuya única diferencia era la forma que presentaban (uno en forma de bola y otro de rizo), y ante el bloqueo de una alumna para admitir que ambos tenían el mismo peso, alguien del grupo le recordó: «Sí, mira. Se trata de lo mismo que el filtro...»

Aquí (el rizo) lo que tiene de largo lo pierde en anchura. Así que es el mismo peso que la bola.

Con el recuerdo del filtro, la niña estaba induciendo al recuerdo, no del contenido temático, sino de una relación inversa que había sido el verdadero descubrimiento realizado en aquella ocasión y que, convenientemente adaptada al contexto del estudio del peso, permitiría solucionar el problema que planteábamos en esa nueva ocasión.

Las interacciones elaboradas en las sesiones fueron favorables al aprendizaje individual y colectivo. Al finalizar el programa de trabajo nos encontramos con un grupo de alumnos que respetaban cualquier opinión siempre que fuera fundamentada, que sabían contestarla experimental y lógicamente y que empleaban el humor sin agresión.

Nuestra experiencia se realizó con grupos de ocho o nueve niños. No es necesario advertir de las ventajas que supone trabajar con un número tan reducido. El profesor de ciencias desgraciadamente no goza de este privilegio, por lo cual, si decide inspirarse en nuestra experiencia, deberá adaptarla al número de niños que tiene en su clase. Esta adaptación le va a requerir, con seguridad, una fuerte dosis de ingenio e imaginación y no dudamos que de conseguirlo estará contribuyendo con una aportación original al desarrollo de la Pedagogía.

Conviene ahora explicar con qué criterios seleccionamos los contenidos o temas del libro:

Inicialmente nos atuvimos al temario del programa de ciencias naturales para 6.º de EGB, que el Ministerio aprobó en el 1971. Así fue que empezamos a trabajar sobre «La digestión», «Lo vivo», «Las propiedades de la materia». Mientras estábamos en esta tarea, dicho programa se cambió por otro. El nuevo programa nos llevó a explorar otros temas distintos, como «La erosión», «La atmósfera», «Los compuestos químicos de los alimentos». Pero sucedió que la nueva orientación del trabajo se volvió a ver truncada por la anulación de dicho programa. El Ministerio entonces decidió reponer los programas del año 1971 que aún hoy (1983) siguen vigentes. Tal como estaban las cosas, y dada la frecuencia con que el Ministerio cambiaba los programas, decidimos poner el punto y esperar. Es por ello que el maestro de segunda etapa encontrará un temario que no se corresponde con el programa oficial de un curso determinado. Son temas de sexto: «Las propiedades de la materia» (capítulo I), «Lo vivo» (capítulo II), «La digestión» (capítulo IV). El resto son temas que se tratan en octavo curso. Recordemos que en séptimo está toda la física. De paso conviene indicar que los programas actuales no ponen nada fácil las tareas de adecuar los contenidos al desarrollo del conocimiento infantil, puesto que no tienen en cuenta para nada los diferentes niveles de dificultad que oponen las nociones. Por poner sólo algunos ejemplos: el esfuerzo que requiere imaginar la actividad celular es distinto y menor que el que requiere imaginar la actividad molecular. Del mismo modo, no es igual operar con propiedades relativas a los sólidos que hacerlo

Alumno debe ser el protagonista principal en la construcción de su aprendizaje. Para que esto sea posible sin arbitrariedades ni inercias desalentadoras el profesor debe ser quien elija los procedimientos didácticos que más ayuden a la comprensión y aprendizaje de sus alumnos. Esto supone conocer diferentes propuestas y ser conscientes de la selección del programa de trabajo a realizar, para adoptar libremente una u otra en la clase.

Mediante este libro esperamos llegar a transmitir una metodología de trabajo básicamente dinámica y viva. Esto es, sin duda, siempre difícil de plasmar en el papel, por la riqueza de matices y registros propios del trabajo con niños. De ese trabajo, que dio pie a la redacción de la presente guía, queremos decir algunas cosas.

Garantizamos la aplicabilidad de todas las experiencias sugeridas. Ellas han sido inventadas, programadas o adaptadas en sesiones de trabajo con alumnos de 6.º y 7.º curso. Estas sesiones tuvieron lugar los mediodías (fuera del horario lectivo) y fueron protagonizadas por grupos de niños que se quedaban a comer en la escuela.

Se mantuvo la composición de los grupos a lo largo de todas las sesiones. Se realizaron dos sesiones de una hora cada una a la semana, durante dos años, lo que permitió la creación de un colectivo de niños que protagonizó una aventura común: la aventura del descubrimiento. Explicar la historia de esta aventura en todas las facetas de su constitución significaría escribir otro libro, y no es éste el lugar ni la ocasión. Pero sí nos parece imprescindible que el lector conozca, por lo menos, algunas de las conquistas comunes que dicho colectivo alcanzó en el curso de su proceso.

En las primeras sesiones los niños, por temor a equivocarse, mostraban en el taller de ciencias una gran resistencia a decir lo que pensaban y a tomar las iniciativas que se les requería. «Temían» más a sus compañeros que a la psicóloga, quien, en lugar de sancionar, preguntaba y planteaba problemas. Esta situación se fue superando, puesto que aquella evitó siempre hacerse cómplice de cualquier burla, acogiendo tan en serio y con el mismo interés las propuestas más descabelladas y equivocadas como las más atractivas y certeras. El desconcierto ante el talante no represor del adulto llevó a los niños a sustituir una actitud inhibitoria por otra de cooperación. Poco a poco se fueron acostumbrando a reflexionar sobre las respuestas de los demás y empezaron a buscar la forma de rebatirlas cuando no les convencían, empleando estrategias muy parecidas a las que la psicóloga utilizaba. Por ejemplo, se puede ver registrado en unos protocolos realizados al finalizar el primer trimestre de trabajo como para convencer a una compañera, dos niños le plantean preguntas al tiempo que realizan un instrumento o aparato que contradice lo que la primera niña termina de afirmar.

El grupo, al ejercitar en común una actitud reflexiva (que nos sorprendía permanentemente por su originalidad y alcance), fue acumulando una serie de descubrimientos, y éstos, como eran producto de la colaboración, formaban un estupendo marco conceptual de referencias, enormemente beneficioso para los aprendizajes individuales.

Valga un ejemplo ilustrativo. Después de una serie de cuatro sesiones, los niños descubrieron la relación inversa existente entre la superficie de los poros de un filtro y el número de partículas retenidas. Explicitar esta relación inversa no fue para los alumnos una tarea

Trabaja con el
currículum, preestablecido

sobre propiedades de los gases. No supone la misma dificultad comprender la noción de trabajo que la exigida para comprender la noción de energía. Y, sin embargo, todas estas nociones y muchas más se encuentran dispersas de manera totalmente anárquica por el programa de la segunda etapa. Esto no sólo es lamentable, sino injusto para con los niños.

Hay razones de orden psicopedagógico que advierten de los peligros que acarrea aplicar mecánicamente cualquier programa de trabajo. Estas razones están en función de la diversidad sociocultural de los niños que el profesor tiene en clase, el número de alumnos, la programación y actividades decididas por el claustro, y tantas otras condiciones más que recomiendan prudencia a la hora de aplicar una experiencia ajena a la práctica escolar.

En efecto, conviene evitar las transposiciones mecánicas de cualquier propuesta en beneficio de una utilización adaptada de la misma a la realidad escolar de cada profesor. Ahora bien, sí es cierto que hay razones de peso que aconsejan al maestro participar activamente en la elección de la forma más adecuada de aplicar cualquier método; por lo que respecta a estas razones debemos añadir otra más precisa y concreta que se debe a nuestras propias limitaciones. Nosotros empezamos el trabajo con niños que tenían entonces once y doce años, el trabajo se prolongó durante más de dos cursos lectivos, al final de los cuales la mayoría tenía doce y trece años. Este hecho es especialmente importante para aquellos profesores que quieran emplear los temas de octavo en sus clases. Ellos deberán tener en cuenta que las conductas aquí mencionadas corresponden a niños más pequeños que los suyos.

Nosotros no hemos querido hacer un «recetario» de experiencias, sino que hemos querido diseñar un estilo de trabajo, inspirado en la forma como los niños desarrollan sus aprendizajes. Es a este estilo en su conjunto al que atribuimos un valor pedagógico.

Los experimentos y actividades expuestos a lo largo de los capítulos deben contemplarse, por tanto, como ejemplos ilustrativos a la luz de los cuales cada profesor puede desarrollar sus propias reflexiones y experiencias, o bien puede simplemente desestimarlos. Deseamos que esta suma (forzosamente limitada y forzosamente provisional) de ejemplos sobre conductas infantiles y recursos pedagógicos sea realmente útil y que constituya una pieza eficaz y renovadora en la construcción de métodos pedagógicos adaptados a la realidad de los aprendizajes infantiles.

Para finalizar debemos añadir que el conjunto de recursos y objetivos que conforman esta propuesta pedagógica debe situarse en un marco más amplio. Conviene precisar que nuestro trabajo se inspira en los principios teóricos y metodológicos de la Pedagogía Operatoria¹, a la que esperamos enriquecer con nuestras aportaciones.

4.1. Contenido esquemático del tema

La digestión es el proceso vital que tiene lugar desde que ingerimos un alimento hasta que éste es absorbido por el intestino.

La absorción intestinal es posible siempre que la fragmentación que sufren los alimentos los haga aptos para incorporarse al caudal sanguíneo en forma de disolución.

El aparato digestivo se encarga de aquella fragmentación mediante dos tipos de actividad:

1. Actividad mecánica (masticación, acción mecánica del estómago).
2. Actividad química (transformación de las sustancias alimenticias mediante los fermentos adecuados, como los de la saliva, sobre los hidratos de carbono, y otros, sobre las proteínas y grasas; acción de los ácidos y de la bilis).

La digestión no termina en el intestino, sino que alcanza la asimilación celular. Dicha asimilación garantiza, entre otros, los siguientes fenómenos vitales:

- a) El aporte energético necesario para el mantenimiento y funcionamiento orgánico.
- b) La incorporación de materia que compense la sustancia celular gastada y que permita la reproducción celular y, en consecuencia, el crecimiento.

4.2. Una propuesta didáctica

La propuesta que desarrollaremos contiene dos aspectos que en la actividad práctica de la clase, a menudo permanecen indisociados pero que es menester distinguir en la programación de la tarea.

1. Es necesario establecer un orden de prioridades acerca de las nociones que constituyen el tema, eligiendo, en primer lugar, las que el niño no posee aún o que posee de forma muy insuficiente.
2. Es necesario comprender cómo procede el niño cuando modifica sus interpretaciones erróneas, a fin de acceder a una comprensión más coherente de la realidad.

Tanto lo que el alumno debe saber para poder comprender una nueva noción, como el proceso de adquisición de los nuevos conocimientos, se encuentran latentes en las explicaciones que los propios alumnos nos ofrecen ante el planteo de ciertas cuestiones.

Sin embargo, sólo podremos utilizar eficazmente sus propias concepciones, si somos capaces de disociar los conocimientos aparentes de los reales; si podemos identificar los instrumentos intelectuales que emplean para explicar un fenómeno, y si distinguimos las dificultades que las nuevas nociones implican. Esto sólo es posible si, en una fase inicial del aprendizaje, conseguimos elaborar, con suficiente habilidad, problemas inusuales cuyo planteamiento los alumnos puedan comprender aunque no necesariamente sean capaces de resolver de modo correcto.

4.2.1. ¿Qué saben los niños sobre el tema?

Los niños han aprendido que el aparato digestivo se compone de diferentes partes, por las que discurren los alimentos. Los nombres de esas partes les resultan familiares, ya sea por haberlas estudiado alguna vez, ya sea por su experiencia cotidiana (alguna vez «se atragantan», alguna otra les ha dolido «el estómago» o «la barriga», o han oído referencias al hígado o a las dificultades en la excreción, etc.). Al iniciar el tema, por tanto, el niño ya posee diversa información sobre el aparato digestivo y la digestión.

A partir de aquí nos interesará:

1. Comprobar si es capaz de organizar de forma coherente aquella información.
2. Verificar si puede emplear tal información (y cómo lo hace), para explicar algunos problemas que quizá nunca antes se planteó (ni le plantearon).

Sugerimos, en consecuencia, el planteo de cuatro preguntas-problema que permitirán averiguar cuál es el estado de los conocimientos que el niño posee. Son cuestiones que podrá responder por escrito u oralmente.

Primera cuestión: Explica por dónde pasa un trozo de pan desde que lo metemos en la boca hasta que lo terminamos de digerir.

Con esta pregunta pretendemos encontrar cuál es la extensión que el alumno confiere al proceso digestivo y dónde piensa que se acaba.

Segunda cuestión: ¿Todo lo que ingerimos se transforma en excremento? En caso de que lo niegue, preguntamos: ¿Dónde va lo que no se transforma en excremento?

Con esta pregunta podremos encontrar respuestas que nos indiquen si existe o no comprensión de la noción de asimilación. A partir de las respuestas, determinaremos hasta qué punto concibe un intercambio entre el alimento y el organismo.

Tercera cuestión: Explica y dibuja lo que nuestro cuerpo le hace a un trozo de pan, desde que lo metemos en la boca hasta que lo terminamos de digerir. Un trozo de manzana, ¿sigue siendo parte de la manzana cuando está en la boca? ¿Y cuando está en el estómago? ¿En algún momento deja de ser parte de la manzana? La manzana y tú, ¿tenéis algo en común?

La digestión se puede comprender de forma dinámica si se es capaz de reconocer las transformaciones que produce el organismo en intercambio con el alimento. Para ello es necesario que se tenga cierta noción de la composición de las sustancias alimenticias. Con estas

preguntas esperamos ver si el niño piensa que estas sustancias guardan alguna relación con el organismo.

Cuarta cuestión: ¿Hay alguna relación entre los alimentos que ingerimos y el crecimiento del cuerpo? En caso afirmativo, proponer: Dibuja y explica de qué manera un trozo de pan (o de cualquier otro alimento) que comes, hace que tu mano pueda crecer.

Con esta cuestión intentaremos verificar si el niño puede coordinar correctamente dos procesos íntimamente relacionados: la alimentación y el crecimiento. Para explicar esta relación es necesario tomar en cuenta diversos conocimientos:

- a) El alimento se transforma en partículas muy pequeñas (moléculas).
- b) El crecimiento depende de la vida y actividad celular.
- c) Para asegurar esa vida y actividad es necesario proporcionar a las células sustancias alimenticias.
- d) Estas sustancias sólo pueden llegar a todas las células si están en forma de partículas muy pequeñas, para poder ser transportadas por la sangre.

4.2.2. *¿Cuáles son los errores que cometen los niños y por qué los cometen?*

Reseñaremos, sólo a título orientativo, una serie de posibles respuestas de alumnos de once y doce años. Analizaremos someramente algunas características de las mismas, lo que nos permitirá justificar una propuesta de programación de las actividades.

La enumeración de las respuestas infantiles no pretende más que servir de punto de partida para la organización del programa de trabajo. Debe entenderse, por tanto, que se trata sólo de una propuesta de entre las muchas posibles.

Analicemos, entonces, algunas respuestas infantiles que contienen una determinada forma de ver las cuestiones planteadas y que nos indican cuáles son los conflictos conceptuales de los pequeños.

Respuestas a la primera y segunda cuestiones

Aquí se destacan, entre otras, dos tipos de explicaciones:

En un primer grupo de respuestas, que denominamos de tipo A, algunos niños describen la digestión como un simple «tránsito de alimentos», que se limita a dejarse caer desde la boca hasta el ano, en una especie de «paseo».

Respeto a la segunda cuestión, consideran que la porción de alimento que queda en el organismo es tan insignificante que no merece la pena preocuparse por saber lo que ocurre con ella, cuál es su destino:

Cris: «El pan se mastica, cae por la tráquea hasta el estómago y luego se expulsa por el ano.»

Tania: «Todo lo que comemos se expulsa.»

Pili: «La mayor parte de lo que se come, se expulsa, casi todo.»

Eli: «Yo creo que la mayor parte de lo que se come se expulsa, poca cosa queda dentro.»

Otro grupo de respuestas (las más numerosas y que denominamos de tipo B) afirman que el alimento sufre una «separación». Al separarse, cada parte de los alimentos lleva un recorrido diferente. El trayecto de los alimentos es mucho más variado que el ofrecido por las respuestas del tipo A. Por otra parte, la separación de los alimentos ocurre según dos categorías: alimentos que «son buenos» y alimentos que «son malos». Mientras estos últimos se expulsan, los del primer tipo permanecen en el organismo.

La localización de la separación de los alimentos tiene lugar, más o menos, en «la barriga». Algunos chicos suelen inventar un nuevo órgano: «la bolsa de desperdicios». Esta, en ocasiones, juega el papel de contenedor del alimento no excretable mientras que otras veces asume la función del intestino grueso: albergar los restos del «alimento malo» a expulsar.

El siguiente diálogo entre dos alumnos nos ilustra este tipo de respuestas:

—¿Por dónde pasa un trozo de pan?»

Tais: «La comida pasa por el tubo del intestino hasta el vientre y después del intestino, y al final del recorrido hay una cosa redonda que chafa la comida que no está bien masticada.»

Gui.: «Las cosas que no necesita el cuerpo, las expulsa, y las que necesita se las queda en una cosa que es como una bolsa.»

Tais: «Tú, Gui., dices que una bolsa, pero tú tienes once años, deberías tener la bolsa llena.»

Gui.: «Pero la mayoría de las cosas se expulsan. Bueno, es que de esta comida es de lo que crecemos.»

—¿Qué opinas de la bolsa, Tais?»

Tais: «Nosotros comemos y comemos y comemos y lo expulsamos todo. Bueno, a lo mejor queda la naranja, la vitamina.»

Gui.: «Lo que se queda en la bolsa son las vitaminas y esto forma parte del cuerpo.»

—¿Dónde está la bolsa?»

Gui.: «En medio del vientre.»

Tais: «En donde está el flato, en el lugar de los alimentos, cuando comes, desgasta vitaminas.»

—En tu dibujo, Gui., has hecho un corazón, ¿qué tiene que ver?»

Gui.: «A medida que el corazón va latiendo, pues va bajando la comida. Bueno, las vitaminas van por el tubo y van a los intestinos y dan la vuelta, y después hay otro carril y es por donde baja el líquido.»

Respuestas a la tercera cuestión

Las transformaciones que los niños atribuyen a los alimentos adquieren características distintas, acordes con las respuestas dadas a las cuestiones primera y segunda. Esto significa que aquí también se detectan dos tipos de explicaciones:

- a) Los niños que consideran la presencia del alimento en el organismo no como una materia prima indispensable para la digestión, sino como un mero accidente, suponen que los alimentos sufren acciones como la masticación, el aplastamiento (son «chafados», suelen decir) y la humidificación («son mojados»).
- b) La mayoría de los alumnos que han respondido, en la categoría B, a las cuestiones precedentes, coincide en indicar que la porción de alimento que no se excreta sufre otro tipo de modificaciones («se disuelven en el estómago», «se disuelven en la sangre»).

La disolución no es en todas las respuestas el agente fragmentador del alimento. Pero cuando lo es, no siempre nos encontramos con que los niños conserven la relación que debería existir entre las partes disueltas (de la manzana, por ejemplo) y el todo (la manzana entera). Para muchos niños, cuando la manzana se disuelve, sus partes más pequeñas ya no son partes de la manzana.

En este mismo grupo encontramos algunos que admiten que «las vitaminas» que estaban en la manzana quedan en el organismo, una vez digerida aquélla. Pero, para ellos, todo sucede como si estas «vitaminas» no formaran parte de la manzana, sino que fueran independientes de ella. Son niños que niegan toda posibilidad de que entre ellos y la manzana pueda haber algo en común.

En estas respuestas, cuando existe una referencia a los jugos digestivos (saliva, etc.), sólo es para afirmar que se limitan a cumplir una mera función disolvente.

En las respuestas aquí descritas no existe una conservación (que significaría admitir que algo sigue estando, aun cuando cambie de lugar o forma) de las sustancias alimenticias en nuestro organismo. Esto se debe a razones distintas de las que pudiesen parecer a primera vista. Esta desaparición de la identidad no se debe a que los niños comprendan que, por ejemplo, la acción del fermento de la saliva sobre el almidón de un alimento cambia su estructura molecular y lo transforma en azúcar.

No, ellos consideran, en su mayoría, que cuando un alimento se disuelve, ya no conserva nada de sí mismo (más información acerca de esto se puede encontrar en el capítulo siguiente), de lo que era cuando estaba en estado sólido. Existe una falta de análisis contrastado de las transformaciones que modifican realmente el alimento, alterando su constitución molecular, y las transformaciones que sólo suponen un cambio de estado, sin que se altere esencialmente su constitución molecular. Dicho de otro modo, hay un desconocimiento de los efectos de la fragmentación molecular.

Esta falta de análisis es responsable de contradicciones tales como:

«El último lugar que ocupa la manzana es el cuerpo, y cuando está en él, deja de ser parte de la manzana.»

—«Un trozo de pan en la boca, ¿es pan?»

Eva: «Sí.»

—«En el estómago, ¿es pan?»

Eva: «Sí.»

—«¿El pan deja de ser pan en algún momento?»

Eva: «Sí, cuando la sangre viene, lo recoge. Hasta entonces es pan, pero más deshecho. Cuando la sangre lo recoge, se convierte en líquido; porque, si no, la sangre no lo podría llevar a las venas.»

—«Un trozo de pan, que está en la mesa, y tú, ¿tenéis algo que ver?»

Eva: «No, porque el pan se puede comer y yo no me parezco a un trozo de pan: el pan no tiene venas ni hígado, y yo sí, y el pan no está vivo.»

—«En la boca hay un trozo de pan; sigue siendo una parte del pan?»

Ana: «Sí.»

—«¿En el esófago?»

Ana: «No lo sé.»

—«¿Qué puede ser si no es pan?»

Ana: «No sé.»

—«¿En algún momento deja de ser un trozo de pan?»

Ana: «Sí. Cuando termina de hacer el recorrido del estómago, se va deshaciendo hasta que no queda nada.»

—«Lo que se deshace del pan en el estómago, ¿dónde va?»

Ana: «Se va a un líquido que le sirve al cuerpo para refortalecer alguna cosa.»

—¿Se va al cuerpo?»

Ana: «Sí.»

—¿El trozo de pan y tú tenéis algo en común?»

Ana: «Creo que no; porque él es un alimento y yo no soy ningún alimento.»

—¿Es el estómago el último lugar donde llega el alimento?»

Eli: «No. Luego se va extendiendo por el cuerpo. No es que los trocitos pasen de uno en uno (por cada parte); van todos a la vez. El último lugar donde está el alimento es cuando se reparte por el cuerpo. En el cuerpo.»

—¿Un trozo de pan sigue siendo pan en la boca?»

Eli: «Sí.»

—¿Al masticarlo?»

Eli: «Sí.»

—¿En el estómago?»

Eli: «Sí.»

—¿Cuándo se reparte?»

Eli: «Sí. Cuando se ha repartido por todo el cuerpo, ya no.»

—«Un trozo de manzana, cuando está en la boca, ¿sigue siendo parte de la manzana?»

Eli: «Sí.»

—¿En el estómago?»

Eli: «Sí.»

—¿Cuándo se ha repartido por todo el cuerpo?»

Eli: «No.»

—«La manzana y tú, ¿os parecéis en algo?»

Eli: «No, creo que no. La manzana se come, y yo no.»

—¿Tenéis algo en común la manzana y tú?»

Eli: «¿De vista o de nombre?»

—¿De vista?»

Eli: «Por ejemplo, ella tiene piel y yo también.»

—¿Cuál es el último lugar que ocupa la manzana que comes?»

Eli: «El cuerpo.»

Veamos un ejemplo en que la palabra vitamina queda desnuda de todo significado posible:

—«El trozo de manzana, ¿sigue siendo manzana cuando está en la boca?»

Tania: «Sigue siendo.»

—¿En la tráquea?»

Tania: «Sigue.»

—¿En el estómago?»

Tania: «No.»

—¿Por qué?»

Tania: «Porque en el estómago empieza a juntarse con otros líquidos y, al juntarse con otros líquidos, se expulsa.»

—¿Entonces, qué es?»

Tania: «Es... Se queda la vitamina que tiene; lo que no es vitamina, se expulsa.»

—¿La vitamina estaba en la manzana antes de comérsela?»

Tania: «Sí.»

—¿La manzana y tú os parecéis en algo? ¿Tenéis algo en común?»

Tania: «No... Yo creo que nada.»

Respuestas a la cuarta cuestión

Aquí también nos encontramos con respuestas asimilables a los dos niveles que apreciamos en las cuestiones anteriores:

- A1) Son estas las respuestas menos evolucionadas. En esta ocasión, los chicos que las dan, niegan, por ejemplo, la especialización del aparato digestivo.

Dicen que el alimento, a medida que va bajando, se va «separando» por todo el cuerpo.

Un alumno explica su dibujo. ~~Donde~~ queda constancia gráfica de cómo el alimento permitirá que su mano crezca, diciendo: «Primero, el hombre come algo, por ejemplo, un trozo de pan, que pasa por un tubo digestivo, y de ese trozo de pan *se aparta un pedazo* que pasa por otro tubo (que dibuja a la altura del esófago), que va por el brazo y llega hasta los dedos».

Otro dice: «Aquí (señala en su dibujo al esófago), al tragar, la comida se desprende por todo el cuerpo y se forma la sangre, y así sucesivamente». Este alumno hace salir, en su dibujo, líneas puntuadas desde el esófago y el estómago hacia distintos puntos del perfil del cuerpo dibujado.

Se ve, que, para este nivel de respuestas, no existe un lugar específico del aparato digestivo en el que se produzca esa selección, sino que, desde el momento en que se ingiere el alimento, comienza una separación que va, directamente, hacia cada zona del cuerpo.

- A2) Existen otras respuestas, muy alejadas también de la realidad del proceso digestivo, que siguen negando la especialización de éste; pero que, sin embargo, en ellas intentan introducir una información que poseen, pero con la que no pueden operar correctamente. Este es el caso de los alumnos que justifican el crecimiento por la alimentación celular (véase crecimiento y reproducción celular, en el capítulo 3).

En su explicación, se comprometen tanto con este argumento, que, a la hora de vincular crecimiento y alimentación, manifiestan una concepción funcional y anatómica absolutamente sorprendente.

—¿Cómo crecemos?»

Sonia: «Somos pequeños y luego nos hacemos mayores.»

—¿Cómo las pompas de jabón?»

Joan: «La columna vertebral se ensancha.»

Sonia: «Todo el cuerpo.»

Joan: «Las células se han reproducido.»

—¿Qué relación tienen los alimentos con las células?»

Sonia: «A lo mejor es que tienen que tomar alimentos, porque si no las células no se pueden desarrollar».

Joan: «Con los alimentos, se alimentan las células y ellas crean celulitas y así.»

—«Explicar cómo un trozo de pan que una persona come llega a alimentar las células de una mano.»

Joan: «La comida va al estómago y allí hay venas que tienen células que hacen contacto con el estómago y, entonces, las células se alimentan de lo que hay en el estómago y entonces, por las venas van al corazón. Y como hay otras venas que van a parar al corazón se alimentan de lo que tienen otras células. Van correteando (las células) por las venas y algunas se alimentan de lo que traen las otras del estómago. Las de la mano, a lo mejor van a parar al estómago y luego vuelven donde estaban antes. Y a lo mejor, cuando el hombre trague un alimento nuevo, vuelven al estómago.»

—¿Cómo se alimentan?»

Joan: «Tienen, las células, una especie de palitos y cogen las sustancias del alimento que ha ido a parar al estómago.»

Sonia: «De todos los alimentos que han ido a parar al estómago, la célula coge las sustancias.»

- B1) Otro nivel de respuestas consiste en atribuir al aparato digestivo el trabajo de separar lo que son «vitaminas» del resto de los alimentos, sin explicar cómo tiene lugar esa separación. Para los alumnos que hablan de la «bolsa de los desperdicios», ésta es para ellos el órgano donde ocurre aquella división de los alimentos.

Jordi: «En la boca se mastica; baja la comida hecha una bola por el cuello, pasa por el tubo del cuello, hasta los intestinos, y, de tanto aplastarse sale con la caca, y parte se queda en la bolsa de vitaminas. Lo que está en la bolsa no va a parar a la caca ni al intestino, sino que va por el cuerpo y aumenta la piel, los pies, las manos.»

- B2) Finalmente, encontramos algunos niños que dibujan y explican, en un nivel aún superior, cuál es la trayectoria de los alimentos que hacen posible el crecimiento del cuerpo.

No son respuestas correctas, pues suponen que es en el estómago donde tiene lugar la división entre la parte del alimento que se expulsa y la que no.

Ningún alumno nos pudo explicar cómo se realiza la separación ni cuáles son los mecanismos que permiten incorporar una parte de alimento al organismo.

Darío: «Hay un lugar, por el estómago más o menos, donde la sangre y la comida se mezclan, y es así como la sangre lo lleva por todo el cuerpo (en un dibujo se ve una especie de líquido en el estómago, que contiene la sangre y el alimento).»

En resumen, las principales lagunas y errores que se dan en las respuestas infantiles, que reflejan sus conocimientos sobre la digestión, son las siguientes:

- a) Confunden partes de diferentes aparatos (tráquea en lugar del esófago, etc.).
- b) No poseen la noción de absorción intestinal.
- c) Desconocen las acciones químicas del aparato digestivo sobre los alimentos.
- d) No imaginan que los alimentos pueden ser partidos en diferentes grados, mediante diversos mecanismos.
- e) No diferencian entre cambio de estado y cambio de naturaleza de las sustancias.
- f) No ven la convergencia entre el proceso digestivo y el circulatorio.

En el último punto, patente en las respuestas a la cuarta cuestión, es quizá donde más claramente se aprecian las dificultades que encuentra el niño para imaginar un funcionamiento dinámico del aparato digestivo. Resolverlo supone, entonces, la capacidad de comprender el encadenamiento secuencial de ambos procesos, además de entender el crecimiento como un efecto de la reproducción celular.

4.2.3. ¿Cuáles son los aciertos?

Los niños representan el trayecto del alimento mediante un sistema de canales o tubos por donde imaginan que transcurre. A este sistema

le atribuyen límites que lo separan del resto del organismo. Es decir, diferencian el lugar que ocupa éste del que ocupa el resto, lo que equivale a atribuirle una función más o menos específica como aparato.

La mayoría acepta que parte del alimento se queda en el organismo (condición necesaria para comprender la asimilación). Esto equivale a atribuir una extensión de la digestión que excede el mero tránsito que algunos confieren al aparato.

Reconocen el papel disolvente de los líquidos, con lo cual está presente una primitiva idea de partición de sustancias.

Algunos admiten el papel que el circulatorio juega en la finalidad del digestivo, aunque en ningún caso puedan explicar cómo se lleva a efecto esta interacción.

4.3. Una programación adaptada a los errores y aciertos

Pretendemos conseguir que los niños puedan resolver sus errores y cubrir sus vacíos. Para ello, intentaremos que las nuevas conquistas del conocimiento se apoyen en una actividad intelectual que consiga coordinar diversas nociones entre sí a la vez que disocie y discrimine suficientemente algunas características del tema.

Esto se conseguirá mediante el descubrimiento cabal de los fenómenos mecánicos que ocurren por la particular anatomía del aparato digestivo y de los fenómenos químicos que transforman los alimentos ingeridos.

Para conseguir este propósito, elegimos una serie de procedimientos que conducirá a los chicos, en primer lugar, a reconocer, por ellos mismos, lo que saben, sin imposiciones del adulto, y, más tarde, a descubrir que pueden aventurar muchas explicaciones diferentes que deberán someter al análisis reflexivo y a demostraciones experimentales. De estas explicaciones, no todas podrán sostenerse. Algunas se contradirán con la realidad experimental y/o con las consecuencias lógicas que aquellas explicaciones producen.

En situaciones como éstas, pueden ocurrir dos cosas:

1. Que el alumno tome conciencia de la contradicción e inicie el camino de la elaboración de una nueva interpretación.
2. Que no tome conciencia, en absoluto; y que los hechos, en lugar de perturbar su punto de vista, pasen a ser deformados, siendo asimilados a aquella explicación errónea. Esto significa que el niño hace una lectura deformada de la experiencia.

Desde luego, en el primer caso hay que seguir al alumno; mientras que en el segundo es menester cambiar de situación, mediante ejercicios y experiencias cuyas contradicciones (con las conjeturas infantiles) supongan un grado de complejidad más acorde con su nivel comprensivo. Sólo así, los niños podrán tomar conciencia de los errores que coexisten en sus concepciones, por lo que, consecuentemente, podrán comenzar a modificarlas.

- 4.3.1. *Primer objetivo: Coordinar las partes del aparato digestivo y comprender sus acciones mecánicas.*

ACTIVIDAD 4.3.1.a

Material: Botellas de plástico (de agua mineral, por ejemplo). Tubos flexibles de plástico o goma, de diferentes secciones y longitudes. Embudos diversos. Cinta aislante. Bolsas de plástico resistente. Globos de goma, papeles y telas de colores, soportes, alambres, cordeles, portaobjetos, pinzas.

Esta actividad consiste en realizar un modelo de aparato digestivo.

Partiendo de uno de los esquemas más comunes en las explicaciones infantiles («el transporte de alimentos por el organismo se realiza atravesando y recorriendo tubos y canales, etc.»), se pondrá a cada grupo que realice una representación tridimensional del aparato digestivo, utilizando materiales de los arriba mencionados.

En este modelo se deberá apreciar por dónde pasa la comida, desde que se ingiere hasta que una parte llega, por ejemplo, a hacer crecer una mano.

La realización de distintos modelos ofrece al maestro numerosas ventajas para abordar el aprendizaje:

- a) Le permite entender cómo se imaginan los niños los recorridos del alimento.
- b) Las conexiones y articulaciones de las diferentes partes le permitirán reconocer qué características dinámicas atribuyen las representaciones infantiles al aparato digestivo.
- c) Finalmente, los modelos realizados por los niños se convierten en referentes permanentes a lo largo de todas las sesiones, dedicadas al tema. Su presencia en la clase obligará a estar atentos a los errores de interpretación, que se corregirán a medida que otros ejercicios vengán a modificar, ampliar y descubrir nuevos conocimientos. Poco a poco, los niños irán modificando el modelo inicial hasta aproximarse a otro modelo mucho más cercano a la realidad.

Ofrecemos en la figura 4 un dibujo de tres modelos distintos realizados por niños. Cada uno de ellos supone una concepción diferente del aparato digestivo.

No hay representación, en ningún caso, de un procedimiento que a la vez contenga un mecanismo de separación y selección del alimento. Para el niño, el simple trasvase (que es el único procedimiento empleado hasta aquí para representar un cambio de lugar) implica, en sí mismo, una selección del alimento.

ACTIVIDAD 4.3.1.b

Material: El mismo empleado en 4.3.1.a.

Los niños deben valorar la eficacia de su modelo mediante la comprobación de su buen funcionamiento.

Proponemos trasvasar, a los modelos realizados, una mezcla de agua y pan deshecho. Esperamos a ver qué ocurre.

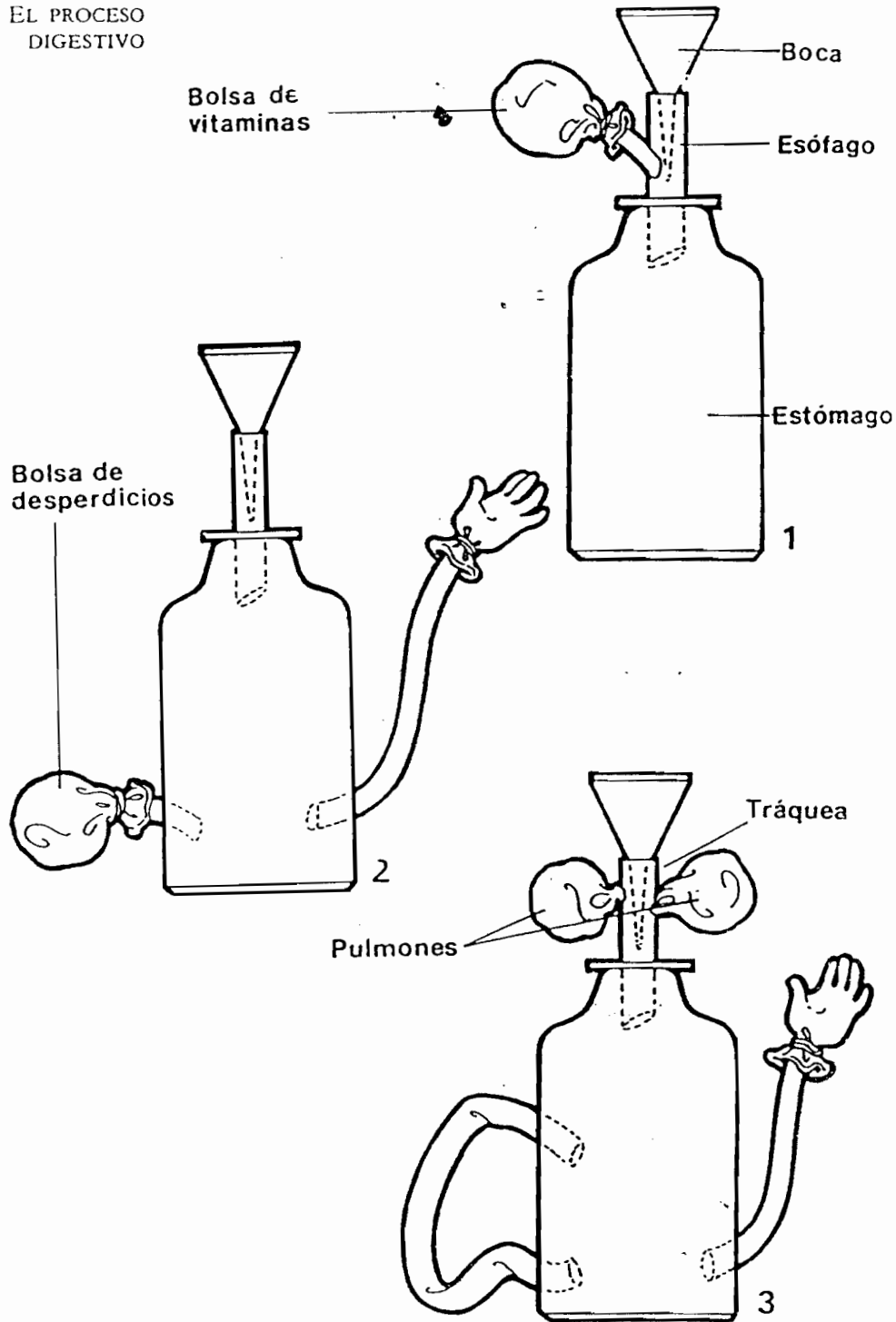
EL PROCESO
DIGESTIVO

FIG. 4.—Dibujo 1. Nótese que la «bolsa de vitaminas» se encuentra conectada al esófago. No hay salida de las mismas hacia otras partes del organismo ni salida de excrementos hacia el exterior. Dibujo 2. «La bolsa» es, en esta ocasión, de desperdicios, sin salida al exterior. El estómago alberga tanto el alimento «bueno» como «el malo», y, aparentemente, él sabe por cuál de los dos tubos debe encaminarse: si por el de la mano o por el de la bolsa. Dibujo 3. El conducto que conecta la boca y el estómago es la tráquea, a la cual se han conectado los pulmones. En el estómago hay un conducto que lleva el alimento a la mano. Las ausencias son notorias.

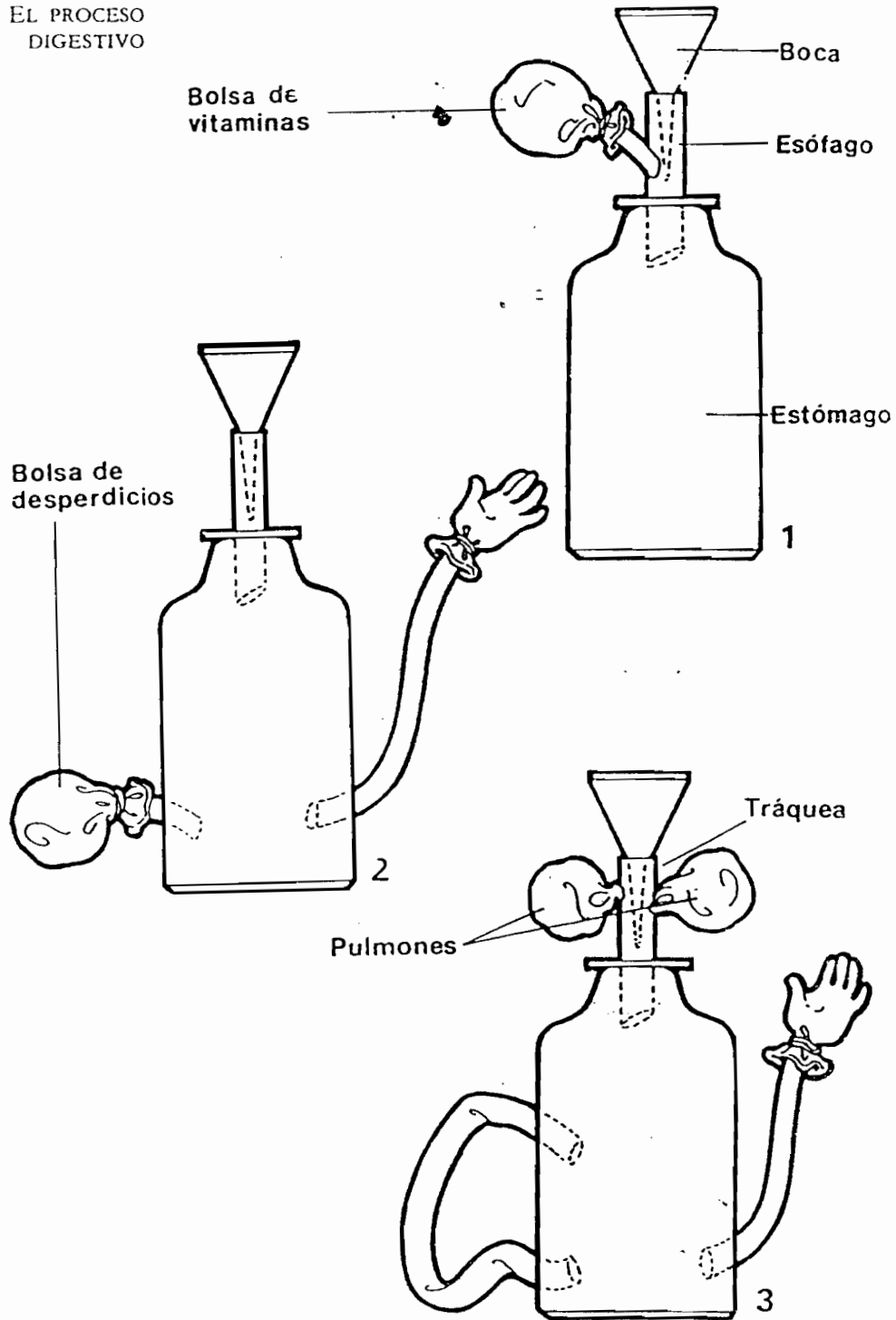
EL PROCESO
DIGESTIVO

FIG. 4.—Dibujo 1. Nótese que la «bolsa de vitaminas» se encuentra conectada al esófago. No hay salida de las mismas hacia otras partes del organismo ni salida de excrementos hacia el exterior. Dibujo 2. «La bolsa» es, en esta ocasión, de desperdicios, sin salida al exterior. El estómago alberga tanto el alimento «bueno» como «el malo», y, aparentemente, él sabe por cuál de los dos tubos debe encaminarse: si por el de la mano o por el de la bolsa. Dibujo 3. El conducto que conecta la boca y el estómago es la tráquea, a la cual se han conectado los pulmones. En el estómago hay un conducto que lleva el alimento a la mano. Las ausencias son notorias.

Desde que la mezcla empieza a descender se pone de manifiesto la inadecuación funcional de los modelos.

Quienes confundieron esófago con tráquea ven llenarse los pulmones (dos globos) de agua. La mezcla no se separa en la «bolsa de desperdicios», sino que se vierte directamente.

Estas dos cuestiones ponen de manifiesto la ausencia de soluciones o procedimientos que permitan la separación del alimento y la evitación de que éste vaya a parar a lugares inadecuados (pulmones).

4.3.2. Segundo objetivo: Adquisición de la noción de absorción intestinal

La absorción implica dos mecanismos: permite un cambio de lugar de las sustancias, y lo hace seleccionando unas partículas de otras, en función de su tamaño.

Ninguna de las representaciones infantiles obtenidas propone un procedimiento que a la vez implique un mecanismo de separación y de selección del alimento. Para los niños, el simple trasvase supone, en sí mismo e indisolublemente, la separación.

Las siguientes actividades tienen como objetivo el que los niños descubran diferentes procedimientos para cambiar de lugar un líquido, así como diversos mecanismos para dividirlo y, por último, alguna forma de separar una mezcla. Cada una de estas actividades de ocasión a analizar, además, la conducta de los líquidos, los diferentes efectos del trasvase, así como sus condiciones y características.

ACTIVIDAD 4.3.2.a

Esta tarea se realiza como respuesta al siguiente problema que se plantea a los chicos:

«Si tenemos una cantidad de agua en un lugar A, y queremos que todo su contenido pase a un recipiente B, ¿qué podemos hacer para conseguirlo?»

Los niños proponen numerosas y diversas maneras de realizar ese trasvase. Si se pide una clasificación de ellas, el resultado puede ser el siguiente:

- a) Cambio de lugar por un trasvase directo (vaciar de un recipiente a otro).
- b) Cambio de lugar mediante un utensilio (cubos, manos, cuchara, etc.).
- c) Cambio de lugar por evaporación.
- d) Cambio de lugar por absorción (mediante una esponja, un cordel de lana, etc.)

La actividad siguiente propone la realización de un aparato que deberá resolver un problema. Esta realización comenzará por un proyecto dibujado, en el que los chicos deberán explicar cuál es el dispositivo que suponen resolverá el problema. Una vez discutido y aceptado dicho proyecto por el grupo de niños, se podrá realizar utilizando el material indicado en el proyecto (si no se dispone de todo el material, serán los propios chicos los que lo deberán traer de sus casas).

ACTIVIDAD 4.3.2.b

Material: Cubetas diversas. Cubos de diferente capacidad. Diferentes rejillas metálicas, en trozos de unos 10 cm. × 30 cm. Tubos de plástico transparente y flexible (fácilmente horadables), de 5 a 6 cm. de diámetro y unos 40 cm. de largo. Telas de diferente tejido. Tijeras. Algún instrumento punzante. Botes o botellas de boca ancha. Portaobjetos.

Se colocan encima de la mesa tres tubos de plástico transparente, de 6 cm. de diámetro y de unos 40 cm. de longitud, y tres recipientes, uno de los cuales —el mayor— estará lleno de agua hasta sus 3/4 partes, aproximadamente.

Entonces se pide a los grupos que resuelvan el siguiente problema: «Hay que conseguir que el agua que está en el recipiente A, se vacíe completamente en los otros dos recipientes, B y C. Se deberán cumplir las siguientes condiciones: el trasiego se realizará a través de un solo tubo, que no se podrá mover, por uno de cuyos extremos habrá de penetrar enteramente el líquido. Al final del trasiego, el tubo deberá quedar vacío. Las cantidades de líquido que lleguen a B y C no deben ser necesariamente iguales».

Algunos chicos sugieren soluciones erróneas, previas a la solución adecuada. Se trata de soluciones mediante las cuales los niños descubren algunas características de la dinámica de los líquidos. Son propuestas que no tienen en cuenta todas las condiciones que mediatizan la solución del problema.

1. Hay quien olvida, por ejemplo, que el tubo no debe moverse y propone conectar un extremo del tubo en A y el otro extremo en B, primero, y cambiar luego la ubicación de este último para conectarlo en C y así obtener la separación del líquido (fig. 5).
2. Hay quien olvida que debe resolver el problema con un solo tubo y propone que del recipiente A salgan dos tubos, uno hacia B y otro hacia C (fig. 6).
3. Hay quien no tiene en cuenta que el líquido debe distribuirse entre B y C, y que el tubo debe vaciarse por entero. Así, proponen un sistema de dos recipientes, uno por encima del otro y ambos conectados por el tubo, insertado en la base del superior y descendiente hasta el inferior. De este modo el agua del recipiente A (superior) caerá enteramente al recipiente B (inferior), a través del tubo (fig. 7).
Si se aumenta la cantidad de agua en A, al finalizar el trasiego el tubo aparecerá total o parcialmente lleno de líquido.
4. Finalmente, los chicos logran resolver el problema sin quebrantar las condiciones mencionadas.

Esto se consigue de la siguiente manera:

Se sujeta un extremo del tubo (con un alambre) a la parte alta de un portaobjetos y se coloca el otro extremo dentro de un recipiente B, que está sobre la mesa, pero un poco alejado del portaobjetos. Así el tubo permanece inclinado respecto al plano de la mesa. Entre el portaobjetos y el recipiente B se coloca un recipiente C y a la altura del mismo se realiza un agujero (no muy grande) en el tubo. El agua desciende desde el extremo superior y, en su descenso, parte se escapa por el agujero y cae al recipiente C, y parte va a parar al recipiente B (fig. 8).

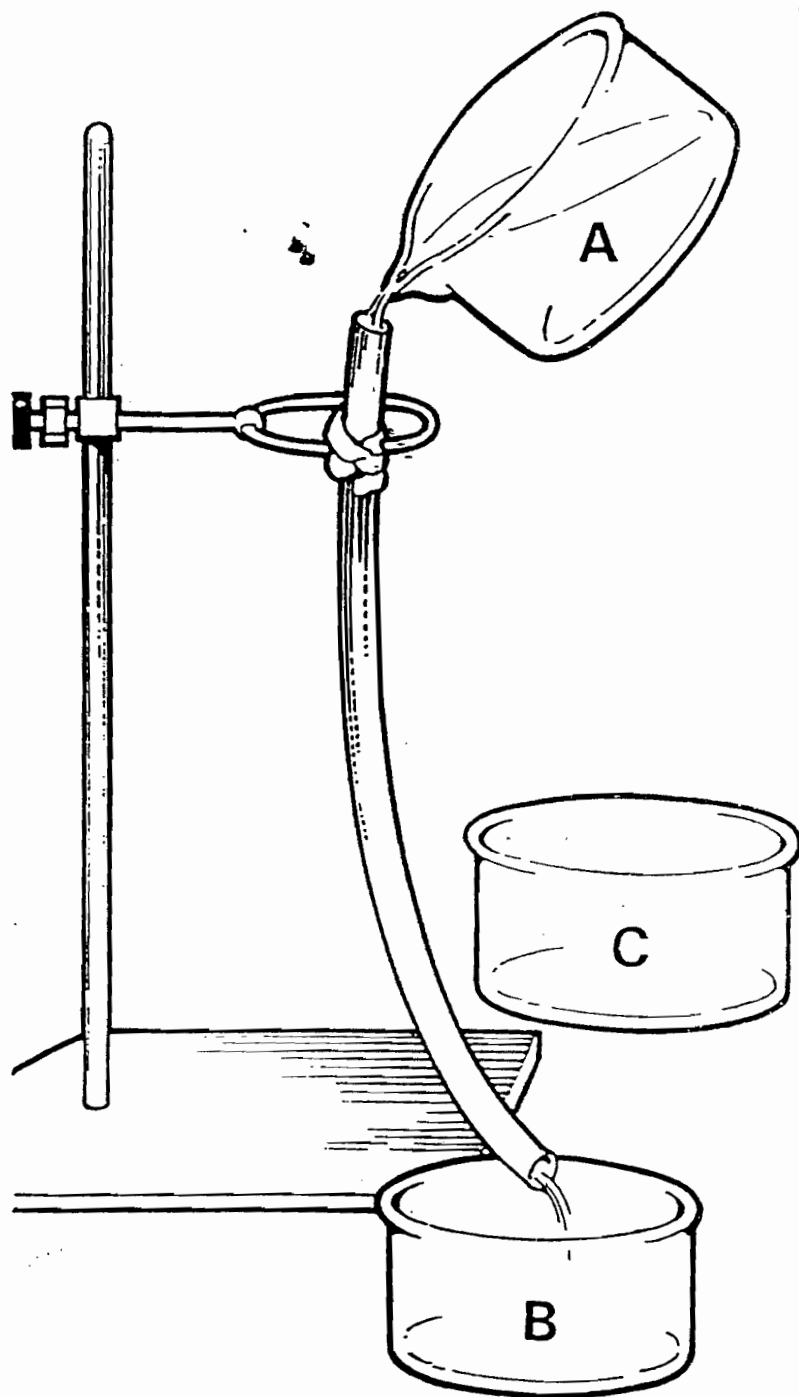


FIG. 5.—Solución, dada por los niños, al problema de vaciar el líquido de A en los dos recipientes B y C. Se trata de una solución insuficiente porque no tiene en cuenta las condiciones exigidas para el trasiego.

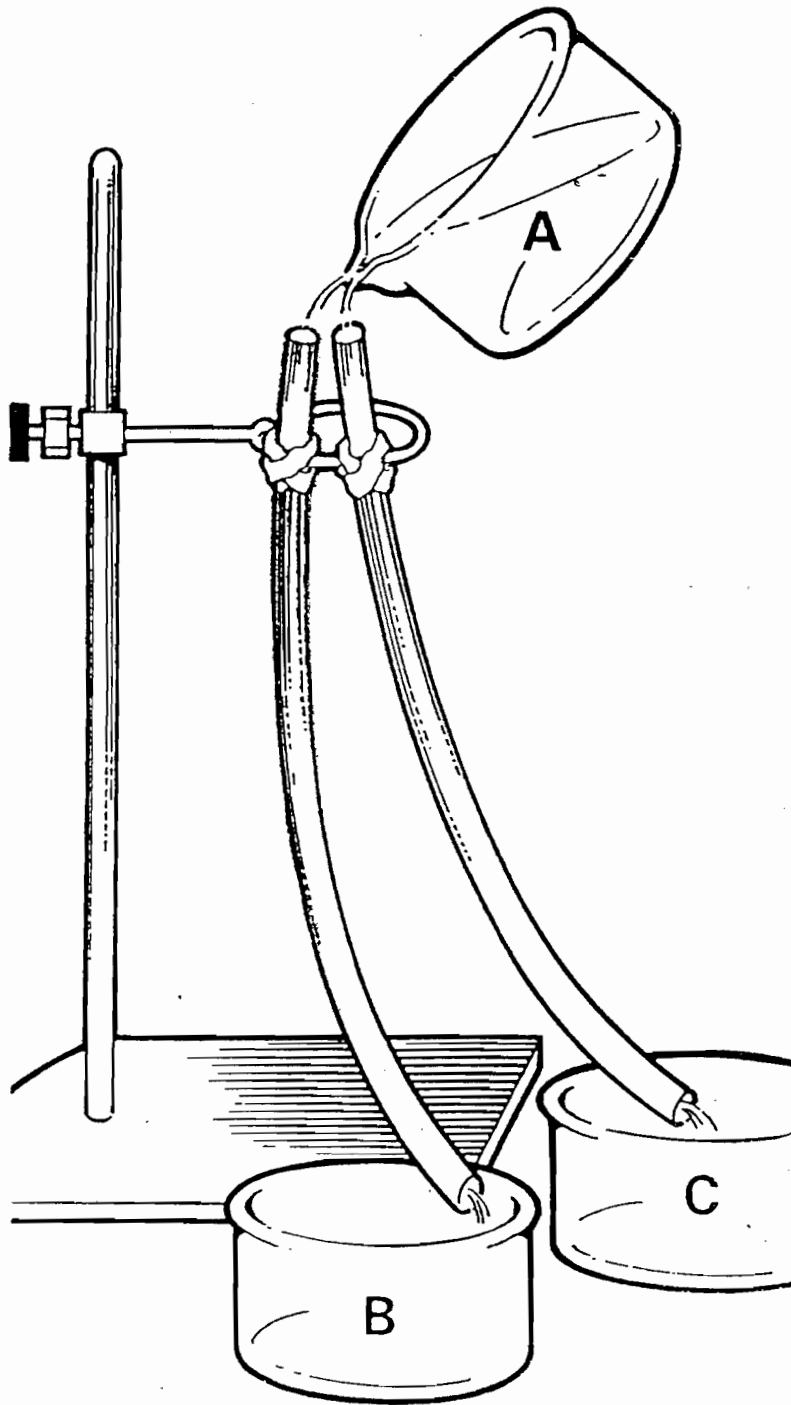


FIG. 6.—He aquí otra solución incorrecta debida a los mismos motivos que la anterior.

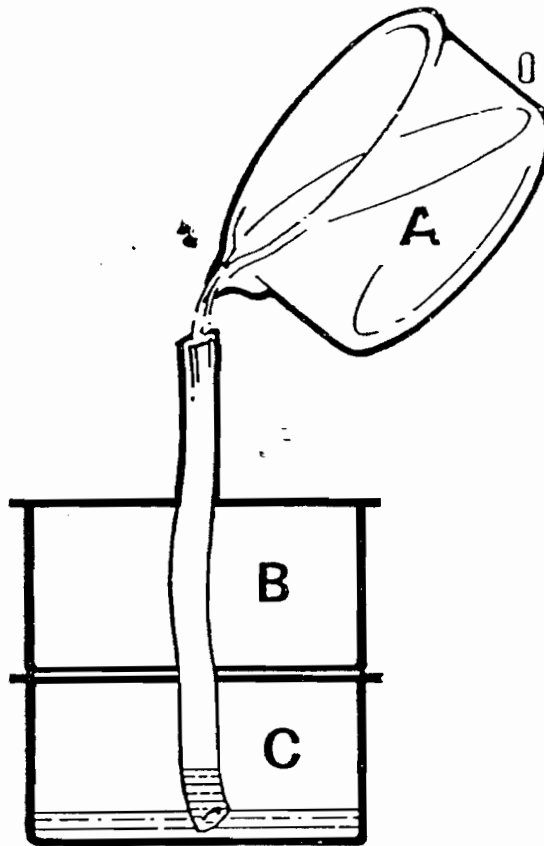


FIG. 7.—De nuevo, otra solución distinta a las anteriores, pero también incorrecta.

Una vez que los alumnos descubren que el agujero practicado en la pared del tubo permite el trasvase simultáneo del líquido a dos lugares diferentes, el problema se complica en la siguiente actividad.

ACTIVIDAD 4.3.2.c

Empleando los mismos materiales, se plantea la solución al siguiente problema:

«¿Cómo se puede conseguir que una mezcla de agua y arena (o tierra), que hay en el recipiente A, se separe y vaya el agua al recipiente B y la arena al C?»

Nuevamente el proyecto comenzará por un esquema, que se discutirá y aprobará por el grupo, antes de su materialización.

Nuevamente, también podremos verificar que los niños organizan proyectos que no se ajustan fielmente a lo pedido, hasta que, finalmente, descubren que la solución reside en la construcción de algo tan cotidiano como un filtro o un colador. Se llega a esta conclusión cuando proponen la realización de numerosos orificios en el tubo.

Una vez que el problema se ha resuelto en la práctica, se debe conseguir que los alumnos expresen correctamente la relación inversa

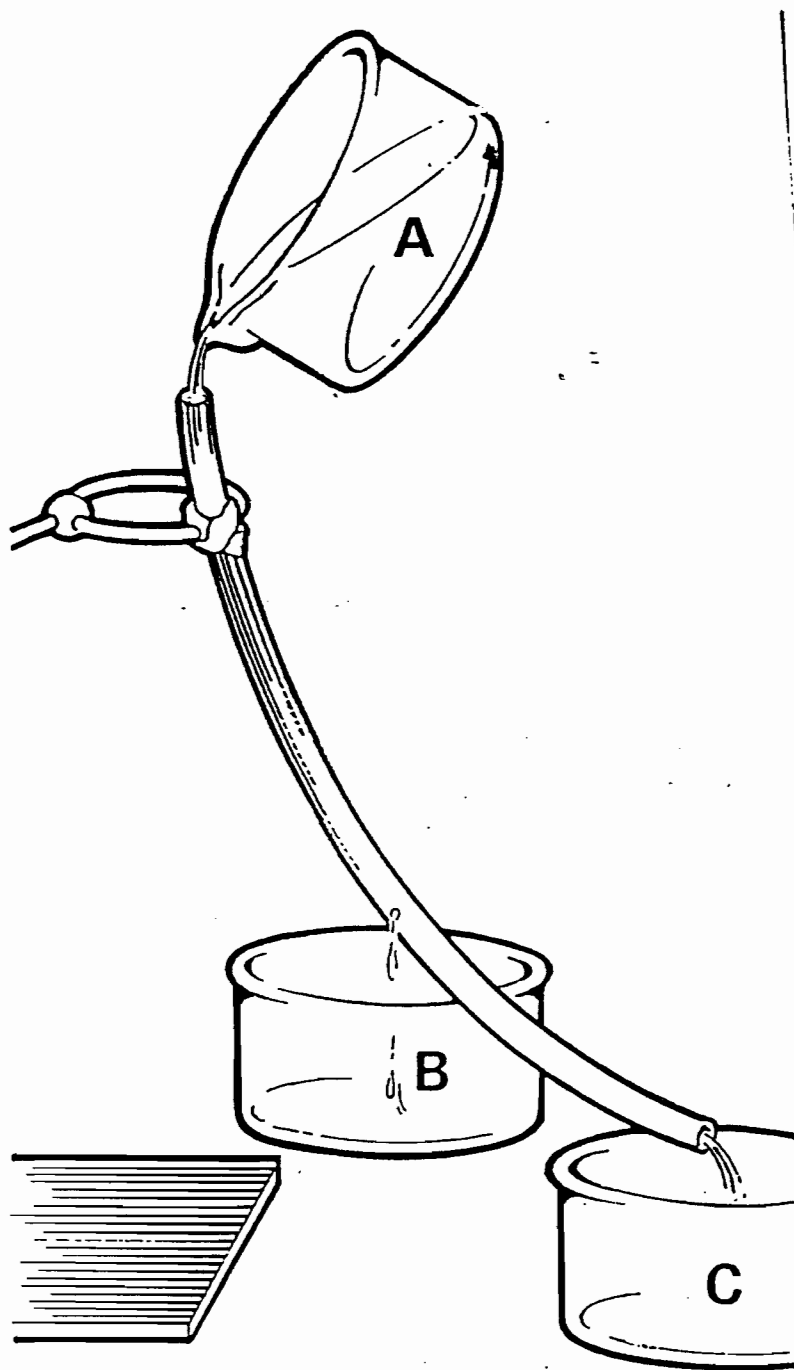


FIG. 8.—Una solución adecuada al problema.

que existe entre el tamaño de las partículas sólidas y el tamaño de los agujeros de un filtro, para que éste pueda cumplir su función. Es necesario que expliquen correctamente la relación, porque ello contribuye a consolidar los conocimientos nuevos, ya que la verbalización supone una nueva tarea de análisis diferente a la realización práctica del problema.

Una expresión posible podría ser: «Cuanto menor es el agujero, el filtro retendrá una mayor cantidad de partículas», o, «las partículas, para que no pasen por un filtro, deben ser mayores que el tamaño de sus agujeros».

Después de realizadas las actividades 4.3.2.a, 4.3.2.b y 4.3.2.c se puede regresar nuevamente al modelo, realizado al iniciar el tema, y, en él, contrastar las soluciones que imaginaron al comienzo, con las que ahora se les ocurra. Las rectificaciones aparecerán inmediatamente.

Una discusión consecuente, en la que se propongan nuevas explicaciones acerca de los mecanismos de separación del alimento, podrá llevar a la formulación de las dos cuestiones siguientes:

1. ¿En qué lugar ocurre la separación de los alimentos?
2. ¿Cuán pequeño debe ser el alimento para poder circular en la sangre? (1).

Este puede ser un buen momento para que el alumno comience la lectura de un libro que trate de estos temas.

¿Por qué la lectura del texto (o la explicación del profesor) después de todo el proceso y no antes? Sencillamente, porque antes el niño no se imagina que el aparato digestivo funcione de forma dinámica ni que las mezclas y sustancias de líquidos y disoluciones actúen y se distribuyan de forma tan particular.

Después de los ejercicios mencionados los alumnos han aprendido (por ejemplo, y entre muchas cosas que exceden los objetivos propuestos aquí) que para conseguir que el líquido se comporte de una manera determinada es necesario conocer primero algunas características que le son propias, tales como su viscosidad, su adaptabilidad al continente, ciertas conductas consecuencia de la acción de los vasos comunicantes, la constancia de la horizontal del nivel del agua, etc. Sólo después de haber reconocido algunas, por lo menos, de estas características, el niño podrá someter el líquido a las acciones adecuadas para obtener el resultado esperado.

Dicho de otro modo, después de la serie de ejercicios anteriores, el niño ha elaborado una serie de representaciones dinámicas (cinemáticas) y lo ha hecho junto con el reconocimiento de diferentes propiedades de algunos cuerpos, que en absoluto poseía antes. Son a estos nuevos conocimientos a los que él va a incorporar las nuevas lecturas o las explicaciones del profesor.

Nunca la transmisión de conocimientos podrá sustituir a los instrumentos construidos por la experiencia y la reflexión del propio niño.

¹ La iniciación de la actividad química del digestivo se ha desarrollado mediante el aprendizaje de la acción de la saliva sobre el almidón. Este tema está expuesto en el capítulo 5.

UNIDAD IV. LOS DATILES SECOS PROVOCAN JAQUECAS, PERO EL
PLACER DE UN DATIL REGOCIJA EL CORAZON

En esta unidad se incluyen textos muy diversos con la finalidad de propiciar la reflexión acerca de los supuestos que cotidianamente se manejan alrededor de la ciencia y la tecnología. Para ello se incluyen autores con posturas y enfoque diversos acerca de dicha temática. Asimismo se incluyen tres textos que enfocan los propósitos de la enseñanza de la ciencia en el aula.

Azueta, Arturo y otros. "Cultura, ciencia y desarrollo", en: Cultura, ciencia y desarrollo. Grijalbo, México. 1980. pp. 43-63.

1. CULTURA, CIENCIA Y DESARROLLO*

Hay varias maneras de concebir la cultura y la relación que la ciencia mantiene con aquella. Asimismo, la noción de desarrollo puede, en su aplicación, ampliar o restringir el campo de su referencia. De manera principal, el concepto de cultura puede estar referido a ciertas prácticas y productos específicos, el arte o las humanidades por ejemplo; o, en otro caso, puede estar referido a un conjunto mayor y llegar a identificarse con el conjunto total de los productos y las prácticas obtenidas y aceptadas en la vida social. En cualquiera de los dos casos se corren riesgos conceptuales. En el primero, al tomar en consideración un prevaleciente punto de vista según el cual los humanistas califican de incultos a los científicos, habría que preguntarse si la ciencia, en verdad, forma parte del conjunto de prácticas y productos específicos que constituyen la cultura; en general, habría que preguntarse por el criterio que determina cuándo algo pertenece a la cultura o cuándo se excluye de ella. El criterio no es nada fácil de determinar. En el segundo, habría que preguntarse si el concepto de cultura no se amplía tanto que llega a identificarse con el concepto mismo de sociedad. En cualesquiera de los casos, se tomará a la ciencia como una parte de la cultura y se justificará este criterio en el punto particular correspondiente.

Asimismo, se adoptará un sentido amplio de desarrollo. El concepto de desarrollo, en su aplicación más habitual, tiende a señalar exclusivamente aspectos económicos. Sin embargo, el desarrollo de una sociedad no radica sólo en el desarrollo de su parte económica. El impulso y la atención que se otorgue a la ciencia -propiciar el acceso a los cono-

cimientos ya adquiridos y despertar o fortalecer la actitud inquisitiva y metódica requerida por los procesos de la investigación, en áreas cada vez mayores de la población- constituye también un indicador del desarrollo general de una sociedad. La ciencia, entendida como ciencia básica, se propone, en profundidad y en amplitud, avanzar progresiva y permanentemente en el conocimiento de la realidad. En tanto que una sociedad participe en este objetivo del conocimiento científico, y en la medida en que lo haga, participa también del desarrollo. Pero además de proponerse este objetivo, la ciencia constituye la base de la tecnología moderna, con lo cual al propósito cognoscitivo se suman consecuencias prácticas. Aun en cuanto básicas, no se dan "ciencias perfectas que excluyan, por su pureza, toda técnica o montaje de objetos".¹ La ciencia es la condición racional de posibilidad de la tecnología moderna, especialmente de la contemporánea. Al ser parte de la cultura, por un lado, y al posibilitar la tecnología, por el otro, el desarrollo de la ciencia repercute en:

- a) el de la cultura en general;
- b) el de la tecnología en especial;
- c) el de la economía en particular, a través de la tecnología.

No son estos todos los momentos que implica el desarrollo. Tampoco es lineal el condicionamiento, sino que existen múltiples y complejas interacciones entre estos momentos y otros que no se encuentran expresados. Pero si la noción de desarrollo ha de tomarse en forma amplia, debe aplicarse, al menos, a los antes señalados.

La ciencia como parte de la cultura

No siempre se entiende la dedicación a la ciencia como una dedicación a la cultura. La actividad científica, en ocasiones, resulta marginada cuando la noción de cultura se restringe hasta el

* Arturo Azueta, Jaime Labastida y Hugo Padilla. *Cultura, ciencia y desarrollo*. En: *Educación para la ciencia*. México. Ed. Grijalbo, S.A. 1980, pp. 43-63.

grado de que sólo ciertos quehaceres, antes se han mencionado los de humanidades o el arte, quedan comprendidos en ella. Se produce, así, una eventual identificación entre la idea de la cultura y cierta idea del refinamiento, respecta a la cual tal vez no sea ajeno un íntimo sentimiento que se complace en la preservación de alguna suerte de elitismo. Pero la restricción tiene sus consecuencias. Desde el ángulo de la ciencia, la cultura sólo resulta entonces una variante inútil de la elegancia o una forma elegante de la inutilidad. En general, se suscitan separaciones y suspicacias recíprocas, cancelables con el empleo de una noción más adecuada.

No constituye el propósito de este trabajo desarrollar ni discutir a fondo tal concepto. Sin embargo, se puede coincidir en un conjunto de notas distintivas; por ejemplo, el que las actividades y productos culturales se desarrollen en un estrato diferencial respecto al de la mera animalidad si han de aceptarse como peculiares de las sociedades humanas; por otra parte, el que sean aceptados en la vida social y el que se manifiesten e influyan en las conductas sociales de los individuos o en los modos de la organización social misma. Y, también, el que estén referidos al manejo, la interpretación y la transformación de la realidad social o natural. La

cultura, de esta manera, estaría referida a una amplia región de fenómenos, pero no todo entraría en ella. Incluso, las condiciones adelantan posiciones respecto a casos en debate. Por ejemplo, respecto al empleo tecnológico de la ciencia para la destrucción. Los conceptos de transformación y de organización no pueden significar el cambio de algo en nada. La ciencia como parte de la cultura, por lo tanto, no puede conllevar como sentido la aniquilación del sentido mismo de la cultura. De alguna suerte, pues, la idea de transformación aplicada a la cultura, y como parte de ésta a la ciencia, significa no sólo un mero cambio, sino que implica una relación de orden en la cual cada momento tiende a incrementar, no a anular, la posibilidad de la cultura. La ciencia es un logro y un instrumento dificultosamente conseguido en el esfuerzo histórico. como logro procura la objetividad y la corrección en el conocimiento. En tanto que instrumento puede ser mal empleado. Los usos erróneos estarían representados por una violación a la relación de orden arriba mencionada. La anticultura es una forma de destrucción. No debe confundirse, pues, un eventual y determinado uso anticultural de la ciencia con la legítima participación de la ciencia en la cultura. Existe, es verdad, un peligro en el uso que se haga de la ciencia, mejor aún, de la tecnología. Pero tal peligro no radica en la constitución de la ciencia y la tecnología mismas.

Bajo una peculiar concepción de lo humano y las humanidades se ha señalado una amenaza de deshumanización que surge del desarrollo de la ciencia y de la influencia de la tecnología.²

La preocupación no es nueva; distintos escorzos de esta perspectiva se encuentran en Spengler, Veblen, Huxley, Orwell, Mumford, por ejemplo. La preocupación no carece de base, pero manifestar la preocupación no significa encontrar al culpable. Pensar que la ciencia y las posibilidades tecnológicas que de ella se desprenden son las responsables de ciertos fenómenos de devastación, humana y natural, en el mundo contemporáneo, equivale a confundir al criminal con el instrumento del crimen.

Una navaja, según su función, es sólo un instrumento que sirve para cortar. Depende de quién la use qué cosa ha de cortar. No es legítimo condenar la capacidad general de crear instrumentos con base en la ciencia -tecnología moderna- porque alguien use algún instrumento para el daño. Lo contrario implicaría, analógicamente, proponer la supresión de los lenguajes dado que por su medio se expresan los insultos. En última instancia, desde siempre, los instrumentos han sido utilizados de modo ambivalente. Lo que la ciencia moderna ha hecho posible es que los instrumentos sean más eficaces. Lo que no ha podido evitar es la supervivencia de la irracionalidad. No es incompatible hablar de un uso irracional de objetos concebidos racionalmente. La razón, desde los orígenes de la civilización occidental, es rasgo distintivo del hombre. Por lo tanto, factor de la cultura.

Es sorprendente como en un proceso de inversión de valores, propiciado de modo fundamental por el anhelo de un mundo idílico y pastoril que jamás ha existido, lo racional se vuelve irracional, y viceversa. Desde este punto de vista, puede ser ejemplificado por el trabajo de Ellul.³ Se identifica, con cierta ligereza, la creciente mecanización y automatización del mundo contemporáneo con una decreciente condición de lo humano, más aún, la eficiencia que propicia la ciencia a través de la tecnología se toma aspecto negativo y se plantea una falsa disyuntiva: o eficacia o humanización. Se olvida o se oculta que la eficacia no es una alternativa en relación a lo característico del hombre, sino, sencillamente, frente a la ineficacia. La ineficacia nulifica toda relación práctica del hombre con su medio, del hombre con el hombre y del hombre consigo mismo. La eficacia, específicamente la que corresponde a la tecnología, por sí misma no cancela posibilidades. Si la eficacia que se manifiesta en el quehacer científico-tecnológico amenaza las posibilidades del hombre y su cultura, ello no ha de imputarse a la función del conocimiento que cumpla la ciencia o la función de eficacia implícita en la tecnología, sino a un reducto de irracionalidad que

orienta su utilización. Este reducto no es una parte propia de la ciencia; forma parte, más bien de la posibilidad anticultural de la conducta humana. Por el contrario, es de atribuir factores de racionalidad, tácitos o expresos, a los usos de la ciencia y la tecnología que, en lugar de anular, propician el incremento de la propia cultura.

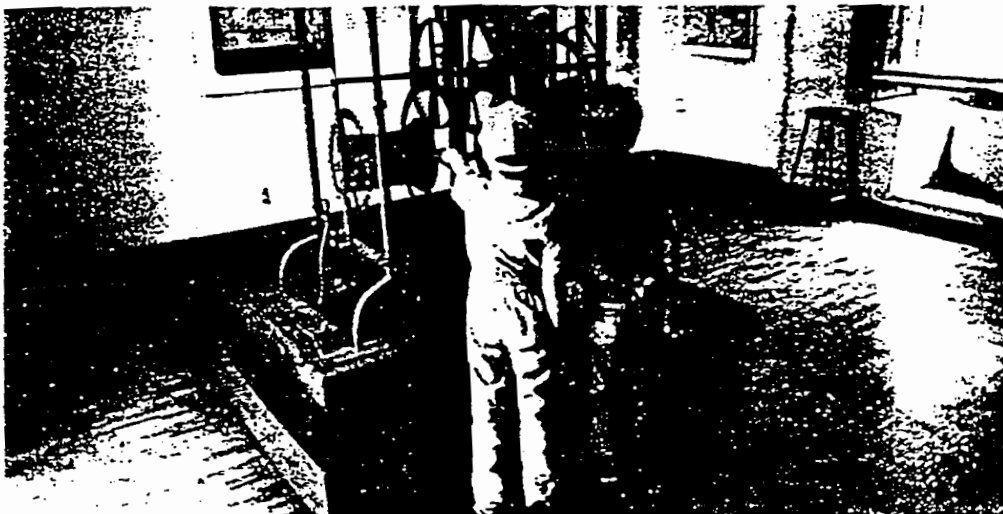
La ciencia, de acuerdo con su propósito de incrementar el conocimiento, puede verse como:

1) Ciencia básica: en tanto que contiene leyes teóricas y generales válidas para una diversidad de medios y circunstancias dentro de su campo de aplicación (por ejemplo, las leyes de la mecánica clásica, aplicables en cualquier campo gravitacional).

2) Ciencia aplicada: en tanto que contiene leyes teóricas y específicas válidas para determinados medios y circunstancias o leyes empíricas referentes al comportamiento de una determinada región de fenómenos (por ejemplo, las leyes de la mecánica clásica una vez que aparecen en ellas los parámetros referentes a la gravitación terrestre o leyes empíricas que se refieren a regularidades específicas, digamos al comportamiento de las arcillas).

Se postula, en lo anterior, una diferencia entre la ciencia básica y la ciencia aplicada, de acuerdo con los grados de especificidad. Pero no una identificación, como algunos autores acostumbran, entre ciencia aplicada y tecnología. Según el punto de vista señalado, ciencia aplicada no es lo mismo que tecnología. "La ciencia aplicada, aunque es un paso en el camino de hacer algo, es en sí misma una aplicación del conocimiento... [relacionarla inmediatamente con el hacer constituye] un equívoco pues la vincula más con la tecnología que con la ciencia".⁴

La ciencia básica y la ciencia aplicada participan de un sólo propósito dentro de la cultura, particularmente de la epistemología: la obtención, ampliación y corrección del conocimiento. Pero aún no se encuentran en el entramado de sus proposiciones y como parte constitutiva de este entramado.



do, la orientación práctica de la tecnología. Tal vez en la subjetividad del científico que realiza el tránsito de la ciencia básica a la ciencia aplicada o que indaga en el marco de la correlación empírica de variables se encuentre esta intención. Pero aún no es parte de la ciencia, aún no se manifiesta en ella, de manera objetiva, como un ingrediente conceptual.

La cultura es concebida como un conjunto de productos y prácticas de muy diverso tipo, pero, fundamentalmente, determinado por no propiciar una reducción a, ni originarse solamente en el ejercicio de las posibilidades vegetativas y elementales que el hombre comparte con el resto de los seres animales. Aludir a la ciencia como parte de la cultura significa interpretarla como subconjunto propio, una vez concebida la cultura como conjunto. Propio: porque no se confunde con su totalidad; a la vez, porque no le es ajeno.

La tecnología como resultado de la ciencia

Si entre los siglos XVIII y XIX, cuando se forjaron los primeros modelos de la ciencia contemporánea, los inventos técnicos fueron fundamentales para el desarrollo de la revolución industrial, entre los siglos XIX y XX los vínculos entre la ciencia y la técnica se hicieron más estrechos, formaron una unidad sustancial que se proyectó de inmediato en la industrialización. Ahora bien, a medida que la ciencia pura y la ciencia aplicadas se institucionalizaron, dieron lugar a una tecnología más dinámica y compleja.

El ingeniero especializado requirió de matemáticas más avanzadas, de un instrumental físico o químico de más alto nivel, de conocimientos más profundos en diversas ramas de la ciencia básica.

A su vez, el matemático, el físico, el químico, el biólogo, han entregado, a lo largo de los últimos decenios, elementos novedosos, de mayor jerarquía, al desarrollo de la ciencia aplicada. En una múltiple conjugación de esfuerzos, de investigaciones interdisciplinarias, de modelos más sutiles del conocimiento de la naturaleza, de lo infinitamente pequeño y de las grandes distancias astronómicas, la ciencia en general se ha constituido en un factor determinante del desarrollo tecnológico.

Toda empresa contemporánea, toda industria que se considera avanzada, toda institución educativa de alto nivel, toma en cuenta dentro de sus directrices esenciales el apoyo de toda una estructura tecnológica que a su vez está sostenida por la investigación científica.

Por ejemplo, si tomamos en consideración las cantidades gastadas en la investigación en Estados Unidos, encontramos que en 1935 se asignaron 200 millones de dólares para fines de investigación, mientras que en 1953 esta suma había ascendido a la enorme cifra de 3 600 millones de dólares, de los cuales el 44% lo aportó la industria y el 56% el Estado. El 65% del total fue invertido en laboratorios industriales de investigación, el 25% en laboratorios del Estado y el 9.5% en laboratorios universitarios. Esta última cifra, que ha crecido desde la última guerra, refleja el reconocimiento del papel de las universidades en nuestro moderno desarrollo técnico.⁵

Por ende, otra de las características del mundo contemporáneo está determinada por el desarrollo de la tecnología como resultado de la ciencia. Además, la tecnología no solamente se inmiscuye en la búsqueda del bienestar, también está presente en factores económicos, en factores de denominación y en elementos para la defensa de una determinada región o un determinado sistema político.

Tecnología y cultura

Se mencionó antes que la ciencia básica tiene como objetivo la obtención, la ampliación y la co-

rrección del conocimiento. Este propósito lo tiene también la ciencia aplicada y, en ambos casos, el conocimiento se obtiene, amplía o se corrige con sujeción al método científico. En esto se distingue el conocimiento de la ciencia del conocimiento ordinario. La tecnología, además de ampliar a su manera el conocimiento, "conocimiento de una cosa o campo de cosas por... haberlas construido", dice García Bacca,⁶ es inseparable de los propósitos prácticos. La tecnología no está referida a los objetos naturales, sino a la elaboración de situaciones y objetos artificiales. El hombre, desde tiempos antiguos, ha creado objetos, muchos de éstos para cumplir propósitos prácticos. La historia de la técnica alude a la aparición y función de estos objetos. Pero no siempre los ha creado con base en la ciencia, sino simplemente en atención a la ocurrencia ingeniosa, a la solución fortuitamente atinada. La concepción y elaboración de situaciones y objetos por la tecnología moderna se funda en la ciencia. En esto se distingue de la técnica. La tecnología participa, pues, junto con la ciencia -básica y aplicada- de un propósito de conocimiento, pero se distingue de ella en que añade finalidades prácticas; la tecnología tiene en común con la técnica los objetivos prácticos, pero se distingue de ella en que, para lograrlo, requiere de la ciencia. En ocasiones, una amplia noción de ciencia desvanece las distinciones: abarca desde la ciencia básica hasta la tecnología. Con ello se responde al programa general de conocer la naturaleza para dominarla. A veces, la noción de técnica -de la cual habría que separar el sentido de técnica como procedimiento de resolución de problemas específicos, señalada antes- permanece indiferenciada frente a la noción más estricta de la tecnología. Esto atiende al propósito general de la práctica. Para fines expositivos, tales usos no constituyen un impedimento en relación a la comunicación de las ideas; para fines de precisión son de atender las diferencias.

Ni metodológicamente, en relación al ciclo entero de la investigación científica, ni prácticamente en relación a la tecnología, es posible aislar las indivi-

dualidades. La complejidad de los procesos contemporáneos hace obsoleta la imagen del científico aislado y del inventor personal. Con ello no se implica que el origen de ciertos desarrollos no se den, tanto en la ciencia como en la tecnología, en individualidades concretas. Se quiere decir, con referencia a la realización plena del trabajo científico o de las posibilidades tecnológicas, que la aportación personal ha de ser completamente obligatoria y necesariamente por la labor de equipos. Los conceptos tradicionales de artesano, inventor y genio, referidos individualmente se sustituyen por los conceptos sistemáticos de operario, tecnológico y científico que conllevan un sentido de organización que sobrepasa al individuo aislado.

La participación en equipo, en relación a la ciencia y la tecnología contemporáneas, tiene más el sentido del establecimiento de puentes interdisciplinarios. La interdisciplina requiere la multidisciplinaria, pero añade a ésta la noción de sistema. No se trata de una mera acumulación sino de una interacción ordenada. La cibernética es un caso ejemplar de realización interdisciplinaria.⁷

Si en el caso de la ciencia es esto posible, en el caso de la tecnología contemporánea resulta necesario. Cada vez más difícilmente puede darse en tecnología el inventor en el sentido tradicional del término. Cualquier acción destinada al impulso de la tecnología debe tomar en consideración que tal vez es más fácil adoptar políticas de apoyo a la ciencia básica o aplicada que al desarrollo tecnológico. Las teorías tecnológicas se fundan en los conocimientos de la ciencia. Pero ésta no es única, sino que está constituida por una multiplicidad de áreas. Cuáles de estas deben intervenir y, en qué medida, en el establecimiento de la teoría tecnológica correspondiente, no es algo determinado de antemano en relación a nuevas posibilidades tecnológicas. Se añade a lo anterior una dificultad práctica: por una parte, los científicos básicos no siempre saben cómo, y en ocasiones se resisten a efectuar el tránsito hacia lo práctico; por la otra, los tecnólogos no siempre poseen, y en ocasiones se resisten a

habilitarse, en los conocimientos de ciencia básica necesarios. Desde este punto de vista, un impulso real a la tecnología implicaría:

- a) la determinación del objetivo, fundamentalmente desde una perspectiva político-económica;
- b) el delineamiento del (los) proyecto(s) por un equipo de alta capacidad interdisciplinaria, y
- c) el desarrollo del proyecto por un equipo de científicos con habilitación hacia lo práctico y/ o un equipo de tecnólogos con alta formación en ciencia básica.

La interdisciplina, orientada y sistemática, es, pues, bajo la concepción de equipo, el punto medular de un desarrollo de la tecnología que responda a sus posibilidades actuales y futuras. Estas observaciones, evidentemente, tienen relación con los sistemas formales de enseñanza.

La tecnología, en tanto que relacionada con el conocimiento y con la verdad, en virtud de su conexión con la ciencia, por una parte, y en tanto que relacionada con la práctica, por la otra, no puede ser ajena a la cultura en el sentido mencionado. La ciencia como modo de conocimiento y la tecnología como modo de acción pero indisolublemente ligada a la primera, son componentes fijos de la atmósfera cultural de nuestros días. Más aún: puede pensarse en que determinan en un sentido básico el desarrollo futuro de la cultura misma. Independientemente de factores políticos y organizadores, ciencia y tecnología influyen de manera determinante, directa o indirectamente, en los comportamientos individuales o colectivos de una apreciable proporción de la población mundial. En este sentido, en razón de la amplitud de la influencia, se llega a calificar la cultura de la sociedad contemporánea, como una cultura preponderantemente científica y tecnológica. Pero esta calificación en manera alguna está reñida con la aceptación de la cultura bajo otras formas. Señala únicamente un aspecto de magnitud que, por otra parte, parece irreversible. El tratamiento de la relación tecnología-cultura, desde una perspectiva hostil o con base en consideraciones ponderadas, se encuentra presente en una considerable cantidad de aportaciones. De manera permanente y periódica aparece la revista *Technology and Culture* (University of Chicago Press) desde hace varios años. De todas suertes, se considera que por su doble vertiente, la de su conexión con la ciencia y con el conocimiento y la de sus objetivos prácticos, la tecnología se inserta, con pleno derecho de manera determinante, dentro de la realidad y las perspectivas de la cultura actual. Asimismo, se subraya que los usos anticulturales de la tecnología y, por su medio, de la ciencia, no

son imputables a su naturaleza, sino, por el contrario, a reductos de irracionalidad aún no eliminados del proceso histórico o aún permanentes en la conducta individual.

Cultura y educación

El proceso educativo contemporáneo, su complejidad y su enriquecimiento, no puede ser ajeno al ámbito de los bienes culturales: debe formar parte esencial de ese mundo. Todo medio educativo debe ser también un medio cultural. Ya sea desde el punto de vista histórico, ya desde el punto de vista filosófico o científico, la educación está íntimamente vinculada a objetivos culturales. En una determinada concepción del mundo, en diversas formas de valorar la existencia del hombre, los propósitos educativos pertenecen a un marco cultural y a una comunidad histórica concreta. De hecho, la educación depende de una determinada concepción de la cultura. La educación, además, es el vehículo fundamental para la transmisión, asimilación y renovación de los aspectos culturales. Se reiteran procesos, se asume la tradición, pero se buscan constantemente nuevos elementos de juicio, de interpretación de la realidad presente o pasada.

El binomio cultura-educación es un binomio en constante transformación. La educación como actividad cultural es teoría y práctica, es ordenamiento del aprendizaje y orientación histórica, es formación científica y búsqueda del perfeccionamiento de una colectividad. Ante la diversidad de los aspectos culturales, la educación debe ser fundamentalmente activa, inquisitiva, enlace del individuo y la comunidad, formación e información y acercamiento a concepciones en trance de desarrollo.

A medida que el mundo moderno se desarrolló, que nuevas concepciones filosóficas, históricas y científicas coadyuvaban a la transformación de la sociedad, que la irreversibilidad de los acontecimientos humanos se aceptó plenamente, el proceso educa-

tivo abrió grandes perspectivas. Se estableció la popularización de la enseñanza, se renovó el estudio de las ciencias y se integró lo abstracto y lo concreto, la teoría y el método, la reflexión y la transformación de nuestro entorno.

Ya en el siglo XVIII, preámbulo del mundo contemporáneo, el racionalismo y el estudio de la naturaleza se vinculan definitivamente a los procesos educativos, a la enseñanza cotidiana, desde los niveles más elementales hasta las investigaciones de mayor jerarquía. El mecanicismo, el naturalismo, la física, las matemáticas, la astronomía, la medicina, se integran en un cuerpo educativo que está al servicio del desarrollo de la sociedad. Ya no se trata de conocimientos aislados, de la enseñanza enfocada a determinadas ciencias, sino de la renovación de la educación científica e industrial, de la modernización de la escuela elemental y de la institucionalización de la ciencia.

Ya a principios del siglo XIX, con los primeros modelos de la sociedad contemporánea, con el gran desarrollo de la industrialización, se reafirma el propósito de la educación popular, el objetivo de llevar la educación a todos los estratos de la población. Ante los nuevos descubrimientos, ante el desarrollo de la tecnología, ante la explosión demográfica, ante las nuevas democracias y el sufragio universal, la educación institucionalizada se reafirma y crece vertiginosamente.

Las tendencias educativas del siglo XX, de acuerdo con las diferentes directrices filosóficas, se manifiestan en diversos contextos, ya en la educación experimental, ya en la psicología educativa o en los métodos educativos e interdisciplinarios.

Es de señalar, sin embargo, que la educación no sólo transmite productos culturales; también debe estar dirigida al descubrimiento, a la creatividad, al planteamiento de nuevos problemas. La manifestación de dudas, el planteamiento de incógnitas, la mente inquisitiva y la renovación de hipótesis deben estar involucrados en el proceso educativo.

Se puede tratar este tema desde diversos ángulos: a) como la "enseñanza" de la ciencia misma, b)

como la preparación de una actitud correcta ante la ciencia a través de la educación; c) como la formación de un espíritu inquisitivo, base de toda investigación científica.

Ciencia y educación

A medida que la ciencia se ha desarrollado y abarcado bajo su esfera la mayor parte del mundo natural -y social- que nos rodea, ha tendido a diferenciarse, en su interior, por la vía de la especialización. Resulta imposible, en el momento actual, pensar en un hombre de ciencia que, al estilo de los hombres del Renacimiento o los enciclopedistas, tenga capacidad suficiente para abarcar la totalidad de los complejos campos de la actividad científica. Por ello, la educación no puede tender a "enseñar" la ciencia a los educandos como si ésta pudiera ser un objeto que se transmite mediante procesos de carácter pedagógico. Lo más importante que subyace en la ciencia es su capacidad para poner en cuestión los conocimientos tenidos como válidos, formular por consecuencia nuevos problemas a partir de los antiguos. La ciencia parte de lo conocido hacia lo que aún no se conoce, porque se ha puesto en duda; o de lo desconocido hacia lo que se conoce (en el sentido que se plantea teóricamente como posible). La ciencia, así, es creación de objetos nuevos, de conocimientos que establecen relaciones antes no advertidas de la naturaleza o la sociedad. Dentro de este proyecto se establece la tesis de que la ciencia, en su sentido fundamental y último, no pueda ser "enseñada", si por tal se entiende la sola demostración, bajo la forma de memorización o asimilación mecánica, de un conocimiento válido resultado de la investigación científica. Es verdad que un estudiante de nivel medio sabe hoy más de matemáticas y geometría que Arquímedes, Euclides o Aristóteles, pero no menos cierto es que ningún estudiante de nivel medio es por ello científico como si lo fueron, en cambio, los autores antes mencionados. La ciencia significa, pues, la duda, la inquisición, el descubri-

miento, la creación de nuevos conocimientos, teorías y leyes, y en modo alguno sólo la memorización. Es preferible que los educandos sean capaces de formular problemas, de establecer conexiones entre fenómenos diversos, de encontrar la similitud en la diferencia, de señalar la semejanza en la unidad. Repetir una clasificación no es la manera de hacer clasificación: la ciencia empieza en el momento en que, una vez comprendido aquello que anteriormente se ha logrado, se es capaz de emprender un nuevo camino. La ciencia, pues, no es "enseñable" en este sentido radical.

Podría decirse, entonces, que la educación debiera tender a preparar al educando para "recibir" los conocimientos científicos y tecnológicos que forman parte del mundo contemporáneo. Y en cierto aspecto, desde luego, la educación busca un propósito como el que aquí se esboza. Sin embargo, cabe señalar como, en ocasiones con independencia de la educación (que por desgracia, en multitud de aspectos, va a la zaga), la vida cotidiana contemporánea ofrece al niño un contacto directo con objetos tecnológicos que generalmente no comprende: televisión, teléfono, aviones, cohetes, etcétera, constituyen un espacio urbano en el que el estudiante se encuentra inmerso cotidianamente, mientras que en la escuela percibe un mundo distinto, a veces sin vinculación real con su experiencia diaria.

Preparar, pues, al educando para que sea capaz de "recibir" de un modo mejor la ciencia, para que comprenda cómo la ciencia y la tecnología son responsables en una gran escala del mundo en el que diariamente se mueve, es una tarea de la educación. Pero no es la tarea última y definitiva.

Además de lo anterior, la educación debe tender a formar en el educando la actitud que es propia de la actividad científica, a saber, la disposición inquisitiva, base de la investigación en cualquier ciencia, natural o social. Obviamente, mediante tal formación no se pretende constituir científicos. Ya se ha dicho que la ciencia no es, en rigor estricto, "enseñable"; y lo que el niño no comprenda por sí, esto

es, lo que no haga suyo del modo más personal posible (o sea, en un determinado sentido: suyo en tanto que lo redescubre o lo reinventa) no será jamás asimilado por él. Todo conocimiento es "traducido" al lenguaje propio, y por ello todo proceso de conocimiento es, en un sentido específico, re-conocimiento, mejor dicho, invención.

Sin embargo, de lo anterior, no puede desdenarse, en alguna manera, el papel enorme que juega, en el proceso de creación de la ciencia, el que los miembros de una sociedad estén en condiciones de desarrollar sus aptitudes científicas. A esto puede referirse, también, la famosísima polémica entre Sócrates y el sofista Protágoras. Si se recuerda, Sócrates sostiene, de modo radical, que la *areté* política, entendida como el arte de gobernar la ciudad, no es enseñable; si lo fuera, dice, el hijo de Pericles habría sido tan buen gobernante como su padre. A ello responde Protágoras en términos que son de una actualidad perturbadora. Acude, como se sabe, a lo que podría llamarse una causalidad estadística y probabilística. Si es verdad, señala, que el hijo de Pericles no poseía en el mismo grado que su padre la *areté* política, no es menos cierto que la poseía, al menos en un determinado grado. Inmediatamente después de lo cual dice que si se enseñara a tañer la flauta a todos los miembros de una ciudad, de entre ellos habría quienes tañerían en grado excelente (unos pocos), quienes la tañerían aceptablemente (los más) y quienes apenas estarían en condiciones de hacerlo (de nuevo: unos pocos); pero, en su conjunto, los habitantes de esta ciudad tañerían mejor la flauta que los miembros de otra en la que tal enseñanza no se hubiera impartido.⁸

Lo propio ocurre en el caso de la ciencia. Lo que se trata de generar, es precisamente, un espíritu de orden inquisitivo que posibilite la creación posterior de la propia ciencia. Generar tal espíritu, a través de la educación, sólo es posible en el sentido de crear las condiciones generales para su desarrollo y ampliación. La respuesta se inscribiría, por lo tanto, en la misma línea que la de Protágoras: los

miembros de una sociedad que desarrollare la aptitud para la creación científica se encontrarían en mejores condiciones para hacer ciencia que aquellos que jamás hubieran sido sujetos de un trabajo educativo semejante.

Puntos para la discusión

- ¿En qué medida la ciencia es parte de la cultura?
- ¿Cuál es la diferencia entre la ciencia básica y la ciencia aplicada?
- ¿Por qué se debe enseñar ciencia en la escuela primaria?
- ¿Cuál es la relación de la tecnología con la cultura?
- ¿Cómo influye en nuestra vida el desarrollo de la tecnología?

Referencias

- ¹ J.D. Garcia Bacca, *Elementos de filosofía de las ciencias*, Caracas, Universidad Central de Venezuela, 1967, p. 15.
- ² Charles E. Silverman, *The Myths of Automation*, Nueva York, Harper, 1967, Cap. 6.
- ³ Jacques Ellul, *La technique, ou l'enjeu du siècle*, Colin, Paris, 1954, *passim*.
- ⁴ J.D. Wisdom, *The need of corroboration*, en: *Technology and Culture*, Chicago 7, N° 3, 1966.
- ⁵ R.J. Forber, *Historia de la técnica*, FCE, pág. 347.
- ⁶ J.D. Garcia Bacca, *Op. Cit.*
- ⁷ N. Wiener, *Cybernetics*, Introducción, The MIT Press, Cambridge, 1948.
- ⁸ Platón, Protágoras, *El mito y discusión de Protágoras*, 317 C-328 d.

Así pues, la ciencia es mucho más semejante al mito de lo que cualquier filosofía científica está dispuesta a reconocer. La ciencia constituye una de las muchas formas de pensamiento desarrolladas por el hombre, pero no necesariamente la mejor. Es una forma de pensamiento, conspicua, estrepitosa e insolente, pero sólo intrínsecamente superior a las demás para aquellos que ya han decidido en favor de cierta ideología, o que la han aceptado sin haber examinado sus ventajas y sus límites. Y puesto que la aceptación y rechazo de ideologías debería dejarse en manos del individuo, resulta que la separación de iglesia y estado debe complementarse con la separación de estado y ciencia: la institución religiosa más reciente, más agresiva y más dogmática. Semejante separación quizá sea nuestra única oportunidad de conseguir una humanidad que somos capaces de realizar, pero que nunca hemos realizado plenamente.

La idea de que la ciencia puede, y debe, regirse según reglas fijas y universales, es a la vez irrealista y perniciosa. Es irrealista porque supone una visión demasiado simple del talento de los hombres y de las circunstancias que animan, o producen, su desarrollo. Y es perniciosa porque el intento de reforzar las reglas está condenado a incrementar nuestra cualificación profesional a expensas de nuestra humanidad. Además, semejante idea es perjudicial para la ciencia misma porque olvida las complejas condiciones físicas e históricas que influyen sobre el cambio científico. Convierte la ciencia en algo menos agradable y más dogmático: toda regla metodológica va asociada a suposiciones cosmológicas, de modo que al usar la regla estamos dando por supuesto que dichas suposiciones son correctas. El falsacionismo ingenuo da por supuesto que las leyes de la naturaleza son manifiestas y que no se ocultan

Feyerabend, Paul. "Así pues, la ciencia es mucho más semejante al mito de lo que cualquier filosofía científica está dispuesta a reconocer ...", en: Tratado contra el método. Red Editorial Iberoamericana-México, México. 1993. pp. 289-304.

X Convergencias y divergencias entre, ciencias y mito

bajo irregularidades de una magnitud considerable. El empirismo da por supuesto que la experiencia sensible refleja mejor el mundo que el pensamiento puro. El elogio de la argumentación da por supuesto que los artificios de la Razon dan mejores resultados que el juego incontrolado de nuestras emociones. Semejantes suposiciones pueden ser perfectamente plausibles e incluso verdaderas. Sin embargo, ocasionalmente, deberían ser sometidas a contrastación. Someterlas a contrastación significa dejar de emplear la metodología asociada con ellas, empezar a hacer ciencia de una manera diferente, y ver qué pasa. Los estudios de casos, como los que hemos señalado en capítulos anteriores, muestran que siempre se han dado contrastaciones de este tipo, y ello nos informa *contra* la validez universal de cualquier regla. Toda metodología tiene sus límites y la única «regla» que sobrevive es el principio «todo vale».

El cambio de perspectiva que aportan estos descubrimientos conduce una vez más al problema, tanto tiempo olvidado, de la excelencia de la ciencia. Este problema se plantea por primera vez en la historia moderna porque la ciencia moderna pudo más que sus oponentes, aunque no los convenció. La ciencia se impuso por la fuerza, no por argumentación (esto fue especialmente cierto en aquellas colonias donde la ciencia y la religión del amor fraterno se introdujeron como la cosa más natural del mundo, sin consultar a, o discutirlo con, sus habitantes). Hoy día nos damos cuenta de que el racionalismo, por estar vinculado a la ciencia, no puede ayudarnos en el debate entre ciencia y mito, y sabemos además, por investigaciones de una clase completamente distinta, que los mitos son mucho mejores de lo que los racionalistas se atreven a admitir ⁴⁶⁴. Así pues, nos vemos obligados a plantear la cuestión de la excelencia de la ciencia. En efecto, un examen cuidadoso nos descubre que la ciencia y el mito coinciden en muchos aspectos, que las diferencias que creemos percibir constituyen, a menudo, fenómenos locales que pueden suponer semejanzas en otra parte, y que las discrepancias fundamentales son consecuencia de objetivos distin-

⁴⁶⁴ Cf. los maravillosos estudios de casos realizados por Evans-Pritchard, Griaule, Edith Hamilton, Jeremias, Frankfort, Thorkild Jacobsen y otros. Para un resumen, cf. de Santillana-von Dechend, *Hamlet's Mill*, Boston, 1969, así como mi *Einführung in die Naturphilosophie*, Braunschweig, 1974. Se trata de estudios de casos en el sentido de Lakatos y satisfacen sus criterios más rigurosos. Entonces, ¿por qué él y sus camaradas racionalistas son tan recalcitrantes a aceptar sus conclusiones?

los más que de métodos diferentes que intentan alcanzar uno y el mismo fin «racional» (tal como, por ejemplo, el «progreso», el aumento de contenido, o el «desarrollo»).

Para hacer ver las sorprendentes semejanzas que hay entre mito y ciencia, examinaré brevemente un interesante artículo de Robin Horton, titulado «African Traditional Thought and Western Science» ⁴⁶⁵.

Horton examina la mitología africana y descubre las siguientes características: la búsqueda de la teoría es una búsqueda de la unidad subyacente a la complejidad aparente. La teoría sitúa las cosas en un contexto causal suministrado por el sentido común: tanto la ciencia como el mito cubren el sentido común con una superestructura teórica. Hay teorías con diferentes grados de abstracción que se usan según las diferentes exigencias de explicación que se plantean. La construcción de teorías consiste en la disolución de objetos del sentido común y en reunir los elementos resultantes de forma diferente. Los modelos teóricos parten de la analogía, pero gradualmente se alejan del ejemplar en el que se basaba la analogía. Etc.

Estas características, que emergen de estudios de casos no menos cuidadosos y detallados que los que realiza Lakatos, refutan la suposición de que la ciencia y el mito obedecen a principios distintos de formación (Cassirer), de que el mito avanza sin reflexión (Dardel), o especulación (Frankfort, a veces). Tampoco podemos aceptar la idea, que se encuentra en Malinowski pero también en los eruditos clásicos como Harrison y Cirnford, de que el mito posee una función esencialmente pragmática o que se basa en el ritual. El mito es mucho más semejante a la ciencia de lo que cabría esperar descubrir por una discusión filosófica. Es más semejante a la ciencia de lo que el mismo Horton está dispuesto a admitir.

Para ver esto, consideremos algunas de las diferencias que subraya Horton. Según Horton, las ideas fundamentales de un mito se consideran sagradas. Existe ansiedad ante lo de las amenazas. «Casi nunca se encuentra una confesión de ignorancia» ⁴⁶⁶ y los eventos «que desafían seriamente las líneas establecidas de

⁴⁶⁵ Aparecido originalmente en *Africa*, vol. 37: 1967, 87-155. Voy a citarlo por la reimpresión abreviada en Max Marwick (ed.), *Witchcraft and Sorcery*, Penguin Books, 1970, 342 ss.

⁴⁶⁶ *Ibid.*, 362.

clasificación de la cultura donde ocurren» provocan una «reacción de tabú»⁴⁶⁷. Las creencias básicas son protegidas por esta reacción así como por la estrategia de las «elaboraciones secundarias»⁴⁶⁸ que, en términos actuales, constituyen series de hipótesis *ad hoc*. La ciencia, por otra parte, se caracteriza por un «escepticismo radical»⁴⁶⁹, cuando los fracasos se hacen continuos y profundos, se pasa inexorablemente de la defensa de la teoría al ataque de la misma⁴⁷⁰. Esto es posible debido al «carácter abierto» de la empresa científica, debido al pluralismo de ideas que encierra y debido también a que «cualquier cosa que desafíe o no consiga entrar dentro del sistema de categorías establecido no constituye algo horroroso que hay que aislar o excluir. Por el contrario, es considerado como un «fenómeno» fascinante, un punto de partida y un desafío para el descubrimiento de nuevas clasificaciones y nuevas teorías»⁴⁷¹. Como puede verse, Horton conoce bien a Popper⁴⁷². Un estudio de campo sobre la ciencia nos descubre un cuadro muy diferente.

Un estudio de este tipo revela que, aunque es posible que algunos científicos procedan en la forma descrita por Horton, la gran mayoría de ellos siguen un sendero diferente. El escepticismo es mínimo, y va dirigido contra el punto de vista de la oposición y contra las ramificaciones menores de las ideas básicas propias, nunca contra las mismas ideas básicas⁴⁷³. El ataque a las ideas básicas provoca reacciones de tabú que no son más débiles que las reacciones tabú en las llamadas sociedades primitivas⁴⁷⁴. Las creencias básicas son protegidas por esta reacción así como por las elaboraciones secundarias, como ya hemos visto, y cualquier cosa que no consiga encajar dentro del sistema de categorías establecido o se afirma que es incompatible con este sistema, o bien es

⁴⁶⁷ *Ibid.*, 364.
⁴⁶⁸ *Ibid.*, 365.
⁴⁶⁹ *Ibid.*, 358.
⁴⁷⁰ *Ibid.*, cit.
⁴⁷¹ *Ibid.*, 365.

⁴⁷² Ver la discusión de lo que él llama «Categoría Cerrada y Categoría Abierta» (Closed and Open Predicament) en la parte 2 de su ensayo.
⁴⁷³ Este es un procedimiento familiar en la brujería africana. Cf. Evans-Pritchard, *Witchcraft, Oracles and Magic Among the Azande*, Oxford, 1937, 230, 338; c. además *Social Anthropology*, op. cit., 99.

⁴⁷⁴ Cf. las primeras reacciones contra las variables ocultas en la teoría cuántica, la actitud hacia la astrología, telepatía, Vudú, Ehrenhaft, Velikovsky, etc. Cf. también la divertida historia de Kocattler, *The Midwife Toad*, New York, 1973

considerada como algo totalmente horroroso, o bien, lo que es más frecuente, *se declara sin más inexistente*. La ciencia tampoco está dispuesta a erigir el pluralismo teórico en fundamento de la investigación. Newton reinó durante más de 150 años, Einstein introdujo por poco tiempo un punto de vista más liberal sólo para ser sucedido por la Interpretación de Copenhague. Las semejanzas entre ciencia y mito son ciertamente asombrosas.

Pero los dos campos aún están más estrechamente relacionados. El dogmatismo masivo que he descrito no constituye sólo un hecho, sino que además desempeña una función importante. La ciencia sería imposible sin él⁴⁷⁵. Los pensadores «primitivos» demostraron un conocimiento más profundo de la naturaleza del conocimiento que sus «ilustrados» rivales filósofos. En consecuencia, es necesario revisar nuestra actitud hacia el mito, la religión, la magia, la brujería y hacia todas aquellas ideas que los racionalistas desearían ver estirpadas de la superficie de la tierra para siempre (sin apenas haberlas examinado; una típica reacción de tabú).

Hay otra razón por la que semejante revisión se hace más apremiante. El surgimiento de la ciencia moderna coincide con la exterminación de las tribus no occidentales por los invasores occidentales. Las tribus no sólo son exterminadas físicamente, sino que además pierden su independencia intelectual y son obligadas a adoptar la sangüinaria religión del amor fraterno: el cristianismo. Los miembros más inteligentes reciben una bonificación extra: son introducidos en los misterios del Racionalismo Occidental y en la cumbre de dicho racionalismo (La Ciencia Occidental). Ocasionalmente esto conduce a una tensión casi insoportable con la tradición (Haití). En la mayoría de los casos, la tradición desaparece sin dejar huellas de una argumentación: simplemente se deviene esclavo tanto en el cuerpo como en la mente. Hoy día, este desarrollo está siendo invertido de forma gradual; con gran desgana, ciertamente, pero está siendo invertido. Se recupera la libertad, se redescubren las tradiciones antiguas, tanto entre las minorías de los países occidentales como entre las grandes masas de los continentes no occidentales. *Pero la ciencia continúa reinando de modo soberano. Reina de modo soberano porque sus seguidores son incapaces de comprender, y están mal dispuestos a partir*

⁴⁷⁵ Esto ha sido puesto de relieve por Kuhn; ver «The Function of Dogma in Scientific Research» en A. C. Crombie (ed.), *Scientific Change*, London, 1963, 69, 347, y *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, 1962.

con ideologías distintas, porque tienen el poder de conseguir sus exigencias, y porque emplean este poder del mismo modo que sus antepasados emplearon su poder para imponer el Cristianismo a los pueblos que encontraban a lo largo de sus conquistas. Así, mientras un americano puede elegir hoy la religión que prefiera, todavía no le está permitido exigir que sus hijos aprendan en la escuela magia en lugar de ciencia. Existe una separación entre estado e iglesia, pero no separación entre estado y ciencia.

Y sin embargo, la ciencia no tiene más autoridad que cualquier otra forma de vida. Sus objetivos no son más importantes que los objetivos que dirigen las vidas en una comunidad religiosa o en un tribu cohesionada por el mito. En cualquier caso, estas comunidades y tribus no tienen ningún negocio entre manos que coarte las vidas, los pensamientos y la educación de los miembros de una sociedad libre donde todo el mundo debería tener la oportunidad de formarse su propia opinión y de vivir de acuerdo con las creencias sociales que considere más aceptables. Por tanto, la separación entre estado e iglesia ha de complementarse con la separación entre estado y ciencia.

No es de temer que semejante separación conduzca al hundimiento de la tecnología. Siempre habrá individuos que prefieran ser científicos a ser los dueños de su destino y que se sometan de buena gana a la clase de esclavitud (intelectual e institucional) más abyecta, suponiendo que estén bien pagados y suponiendo además que haya otros individuos que examinen su trabajo y canten sus glorias. Grecia se desarrolló y progresó porque pudo apoyarse en los servicios de esclavos involuntarios. Nosotros nos desarrollamos y progresamos con la ayuda de numerosos esclavos voluntarios en las universidades y laboratorios que nos abastecerían de píldoras, gas, electricidad, bombas atómicas, comidas congeladas y, ocasionalmente, de algunos cuentos de hadas interesantes. Trataríamos bien a estos esclavos, e incluso los escucharíamos, pues a veces tienen algunas historias interesantes que contamos; pero no permitiríamos que impusiesen su ideología a nuestros hijos bajo la forma de teorías «progresivas» de la educación.⁴⁷⁶ No les permitiríamos enseñar las fantasías de la ciencia como si fueran los únicos enunciados factuales que existen. La mencionada separación de ciencia y estado tal vez sea nuestra única oportunidad de

⁴⁷⁶ Cf. apéndice 3, 206.

superar el febril barbarismo de nuestra época científico-técnica y de conseguir una humanidad que somos capaces de realizar, pero que nunca hemos realizado plenamente.⁴⁷⁷ Revisemos pues, a modo de conclusión, los argumentos que pueden aducirse en favor de semejante procedimiento.

La imagen de la ciencia del siglo xx en las mentes de científicos y profanos está determinada por milagros tecnológicos tales como la televisión en color, los proyectiles lunares, hormos de rayos infrarrojos, así como por un rumor vago aunque muy influyente, un cuento de hadas, sobre la manera en que se producen estos milagros.

De acuerdo con dicho cuento de hadas, el éxito de la ciencia es el resultado de una sutil y equilibrada combinación de inventiva y control. Los científicos tienen ideas y disponen de métodos especiales para mejorarlas. Las teorías científicas han superado el test del método y ofrecen una explicación del mundo mucho mejor que las ideas que no han superado el test.

El cuento de hadas explica por qué la sociedad moderna trata la ciencia de forma especial y por qué le concede privilegios que no disfrutaban otras instituciones.

En una concepción idealista, el estado moderno es ideológicamente neutral. La religión, el mito, los prejuicios sí tienen una influencia, pero sólo de forma indirecta, a través de los partidos políticamente influyentes. Los principios ideológicos pueden penetrar la estructura del gobierno, pero sólo por medio del voto de la mayoría, y tras una prolongada discusión de las posibles consecuencias. En nuestras escuelas las religiones principales se enseñan como fenómenos históricos. Sólo se enseñan como partes de la verdad si los padres insisten en un modo más directo de instrucción. Es responsabilidad suya decidir sobre la educación religiosa de sus hijos. El apoyo financiero a las ideologías no excede al apoyo financiero concedido a los partidos y grupos privados. Estado e ideología, estado e iglesia, estado y mito, están cuidadosamente separados.

Estado y ciencia, sin embargo, van estrechamente juntos. Se gastan inmensas sumas en el avance y aplicación de las ideas

⁴⁷⁷ Para las deficiencias humanistas de la ciencia, cf. «Experts in a Free Society», *The Critic*, Noviembre/Diciembre 1971, o la versión alemana corregida de este ensayo y de «Towards a Humanitarian Science» en parte II del vol. I de mi *Ausgewählte Aufsätze*, Vieweg, 1974.

científicas. Materias bastarías tales como la filosofía de la ciencia, que no cuentan con un sólo descubrimiento en su favor, se aprovechan del boom de las ciencias. Incluso las relaciones humanas son tratadas de manera científica, como se ve por los programas de educación, propuestas para la reforma de las prisiones, instrucción del ejército, etc. Casi todas las materias científicas son materias obligatorias en las escuelas. Mientras que los padres de un niño de seis años pueden decidir que se instruya a su hijo en los rudimentos del protestantismo o de la fe judaica, o incluso omitir por completo la instrucción religiosa, no tienen una libertad semejante en el caso de las ciencias. Debe aprender física, astronomía, historia. Estas materias no pueden ser sustituidas por la magia, la astrología, o por el estudio de las leyendas.

Tampoco se está contento con una exposición meramente histórica de los hechos y principios físicos (astronómicos, históricos, etc.). No se dice: algunas personas creen que la tierra se mueve alrededor del sol, mientras que otros conciben la tierra como una esfera hueca que contiene el sol, los planetas y las estrellas fijas. Lo que se dice es: la Tierra se mueve alrededor del Sol y todo lo demás es pura necesidad.

Por último, la manera en que se aceptan o rechazan las ideas científicas es radicalmente diferente de los procedimientos de decisión democrática. Aceptamos leyes científicas y hechos científicos, los enseñamos en las escuelas, los convertimos en base de importantes decisiones políticas, pero todo ello sin haberlo sometido jamás a votación. Los científicos no se someten a votación, o al menos esto es lo que ellos dicen, y el profano, ciertamente, no somete a los científicos a votación. A veces se discuten propuestas concretas, y resulta indicado hacer una votación. Pero el procedimiento no se extiende a las teorías generales y a los hechos científicos. La sociedad moderna es «copernicana» no porque el copernicanismo fuese escrito en una papeleta, sometido a un debate democrático, y luego saliese elegido por mayoría absoluta; es «copernicana» porque los científicos son copernicanos y porque se acepta su cosmología tan acríticamente como en otro tiempo se aceptaba la cosmología de los obispos y cardenales.

Incluso pensadores audaces y revolucionarios se someten al juicio de la ciencia. Kropotkin quiere derribar todas las instituciones existentes, pero no toca la ciencia. Ibsen llega muy lejos en el desenmascaramiento de las condiciones de la humanidad contem-

poránea, sin embargo conserva la ciencia como medida de verdad. Evans-Pritchard, Lévi-Strauss y otros han reconocido que el «Pensamiento Occidental», lejos de constituir una cúspide única del desarrollo humano, está atormentado por problemas que no se encuentran en otras ideologías, sin embargo excluyen la ciencia de su relativización de todas las formas de pensamiento. Incluso para ellos la ciencia es una estructura neutral que contiene conocimientos positivos independiente de la cultura, ideología o prejuicio.

La razón para este trato especial concedido a la ciencia se encuentra, por supuesto, en nuestro pequeño cuento de hadas: si la ciencia ha descubierto un método que transforma las ideas ideológicamente contaminadas en teorías verdaderas y útiles, entonces es que, en realidad, la ciencia no es mera ideología, sino una medida objetiva de todas las ideologías. Así pues, la ciencia no queda incluida en la exigencia de separación entre estado e ideología.

Pero, como hemos visto, el cuento de hadas es falso. No existe ningún método especial que garantice el éxito o lo haga probable. Los científicos no resuelven problemas porque poseen una varita mágica (una metodología o una teoría de la racionalidad), sino porque han estudiado un problema durante mucho tiempo, porque conocen muy bien la situación, porque no son demasiado torpes (aunque esto último resulta hoy día ligeramente dudoso. Dado que casi todo el mundo puede llegar a ser científico), y porque los excesos de una escuela científica son equilibrados casi siempre por los excesos de otra escuela. (Además, los científicos sólo rara vez resuelven su problemas, cometen montones de errores, y muchas de las soluciones que dan son completamente inútiles). Básicamente, apenas existe diferencia alguna entre el proceso que conduce a la proclamación de una ley científica nueva y el proceso que antecede a la aprobación de una nueva ley social: se informa, o bien a todos los ciudadanos o a los que están directamente interesados, se reúnen «hechos» y prejuicios, se discute el asunto, y por último se vota. Pero, mientras que en una democracia se hace algún esfuerzo por explicar el proceso para que todos puedan entenderlo, los científicos o bien lo encubren, o lo dirigen para hacerlo coincidir con sus intereses sectarios.

Ningún científico admitirá que el voto desempeña un papel en su materia: los hechos, la lógica, y la metodología son los únicos que deciden. Esto es lo que os dice el cuento de hadas. ¿Pero

de ciencia como impositivo
caricaturesco
de ciencia no es de ciencia

cómo deciden los hechos? ¿Cuál es su función en el avance del conocimiento? No podemos *derivar* nuestras teorías de ellos. No podemos dar un criterio *negativo* afirmando, por ejemplo, que las buenas teorías son aquellas que pueden refutarse, pero que todavía no han sido contradichas por ningún hecho. Un principio de falsación que elimine teorías porque no se conforman con los hechos, tendría que eliminar toda la ciencia (o tendría que admitir que partes enormes de la ciencia son irrefutables). La indicación de que una buena teoría *explica más* que sus rivales tampoco es muy realista. Ciertamente las nuevas teorías predicen a menudo cosas nuevas, pero casi siempre a expensas de cosas ya conocidas. Si nos volvemos a la lógica, comprobamos que incluso las exigencias más simples *no son* satisfechas por la práctica científica, y *no pueden ser satisfechas* debido a la complejidad del asunto. Las ideas que los científicos emplean para actualizar lo conocido y avanzar por lo desconocido sólo rara vez se conforman a los preceptos estrictos de la lógica o de la matemática pura y el intento de hacerlas conformar privaría a la ciencia de la elasticidad sin la que no se puede conseguir progreso. Vemos que los hechos por sí solos no son bastante fuertes para hacerlos aceptar, o rechazar, las teorías científicas. el margen que dejan al pensamiento es *demasiado amplio*; la lógica y la metodología, por el contrario, eliminan demasiadas cosas, son *demasiado estrechas*. En medio de estos dos extremos se encuentra el dominio siempre cambiante de las ideas y deseos humanos. Y un análisis más detallado de los pasos exitosos del juego de la ciencia («exitosos» desde el punto de vista de los mismos científicos) muestra que en realidad existe un amplio margen de libertad que *requiere* una multiplicidad de ideas y *permite* la aplicación de procedimientos democráticos (papeleta-discusión-voto), margen que se encuentra suprimido hoy día por la política de la fuerza y la propaganda. *Aquí es donde el cuento de hadas de un método especial asume su función decisiva*. Este cuento encubre, mediante la recitación de criterios «objetivos», la libertad de decisión que los científicos creativos, y el público en general, tienen incluso dentro de las partes más rígidas y más avanzadas de la ciencia y de este modo protege a los peces gordos (ganadores del Premio Nobel; jefes de laboratorio, de organizaciones tales como AMA, o de escuelas especiales; «educadores»; etc.) de las masas (profanos; expertos en campos no científicos; expertos en otros campos de la ciencia); no sólo cuentan aquellos

ciudadanos que fueron sometidos a las presiones de las instituciones científicas (soportaron un largo proceso de educación), que sucumbieron a esas presiones (han superado los exámenes), y que ahora están firmemente convencidos de la verdad del cuento de hadas. De esta forma los científicos se engañan a sí mismos y a todos los demás por lo que respecta a su profesión pero sin sufrir ningún detrimento real: tienen más dinero, más autoridad, más *sex appeal* del que merecen, y los más estúpidos procedimientos y los resultados más estúpidos en su dominio están rodeados de una aureola de excelencia. Ha llegado el momento de reducir su número y de darles una posición más modesta en la sociedad.

Esta amonestación, que sólo unos pocos de nuestros contemporáneos bien situados están dispuestos a aceptar, parece estar en conflicto con ciertos hechos simples y muy conocidos.

¿No es un hecho que un médico experto está mejor preparado para diagnosticar y curar una enfermedad que un profano o que el hechicero de una sociedad primitiva? ¿No es un hecho que las epidemias y las enfermedades individuales peligrosas han desaparecido sólo con el advenimiento de la medicina moderna? ¿No estamos obligados a reconocer que la tecnología ha hecho enormes progresos desde el surgimiento de la ciencia moderna? y ¿los cohetes espaciales, no constituyen una prueba impresionantemente innegable de su excelencia? Estas son algunas de las preguntas que le son lanzadas al pobre diablo que se atreve a criticar la posición especial de las ciencias.

Estas cuestiones sólo consiguen su objetivo polémico si se da por supuesto que los resultados de la ciencia, *que nadie niega*, se han obtenido sin la ayuda de elementos no científicos y que no pueden mejorarse mediante una combinación de tales elementos. Los procedimientos «científicos», como los conocimientos herbarios de las brujas y de los charlatanes, la astronomía de los místicos, la terapia en las sociedades primitivas, carecen absolutamente de mérito. *Sólo la ciencia nos proporciona una astronomía útil, una medicina eficaz, una tecnología fiable*. Además, se tiene que dar por supuesto que la ciencia debe su éxito al método correcto que usa y no simplemente a golpes de suerte. No fue una afortunada conjetura cosmológica lo que condujo al progreso, sino la *manipulación correcta y cosmológicamente neutral* de los datos. Estos son los supuestos que hemos de hacer para dar a las preguntas

anteriores la fuerza polémica que presumen tener. Pero ni uno solo de estos supuestos resiste un examen minucioso.

La astronomía moderna empezó con el intento de Copérnico por adaptar las antiguas ideas de Filolao a las necesidades de las predicciones astronómicas. Filolao no era un científico riguroso, era, como hemos visto (capítulo 5, nota 72), un pitagórico desordenado, y las consecuencias de su doctrina eran consideradas «increíblemente ridículas» por un astrónomo profesional como Ptolomeo (capítulo 4, nota 37). Incluso Galileo, que disponía de la visión copernicana, muy superior, de las ideas de Filolao, dijo: «Mí asombro no tiene límites cuando considero lo que Aristarco y Copérnico fueron capaces de hacer con la razón para superar los sentidos, de modo que, desafiando a estos últimos, aquella se convirtiese en dueña y señora de su creencia» (Diálogo, 328). «Sentido» se refiere aquí a las experiencias que Aristóteles y otros habían usado para demostrar que la Tierra debe estar en reposo. La «razón» que Copérnico opone a los argumentos aristotélicos es la razón genuinamente mística («mística» desde el punto de vista de los racionalistas de hoy día) en el carácter fundamental del movimiento circular. He mostrado ya que la astronomía moderna y la dinámica moderna no podían haber avanzado sin este uso anticientífico de ideas antediluvianas.

Mientras la astronomía sacaba provecho del Pitagorismo y del amor platónico por los círculos, la medicina se aprovechaba del conocimiento de las hierbas, de la psicología, de la metafísica y de la fisiología de las brujas, comadronas, charlatanes y boticarios ambulantes. Es bien sabido que la medicina de los siglos XVI y XVII, aunque teóricamente hipetrófica, estaba completamente desamparada ante la enfermedad (y permaneció en ese estado durante mucho tiempo después de la «revolución científica»). Innovadores como Paracelso recurrieron a ideas primitivas y mejoraron la medicina. En todas partes la ciencia se enriquece con métodos científicos y resultados científicos, mientras que los procedimientos que a menudo han sido considerados como partes esenciales de la ciencia quedan completamente suspendidos o son esquivados.

Este proceso no se restringe a los primeros pasos de la historia de la ciencia moderna. No es sólo una consecuencia del estado primitivo de las ciencias en los siglos XVI y XVII. Incluso hoy día la ciencia puede aprovecharse, y de hecho lo hace, de una mezcla de

ingredientes científicos. Un ejemplo que hemos examinado antes, capítulo 4, lo constituye el renacimiento de la medicina tradicional en la China Comunista. Cuando en los años cincuenta los comunistas obligaron a hospitales y escuelas médicas a enseñar las ideas y los métodos contenidos en el *Yellow Emperor's Textbook of Internal Medicine* y a emplearlos en el tratamiento de los pacientes, muchos expertos occidentales (entre ellos Eccles, uno de los «campeones del popperianismo») se horrorizaron y predijeron el hundimiento de la medicina China. Lo que ocurrió fue exactamente lo contrario. La acupuntura, la moxibustión, la diagnosis por el pulso, han conducido a nuevos conocimientos, a nuevos métodos de terapia, y a nuevos problemas tanto para el médico occidental como para el chino. Y a quienes no les guste ver el estado occidental metido en los asuntos de la ciencia, deberían recordar el considerable chauvinismo científico: para la mayoría de científicos el eslogan «libertad de la ciencia» significa la libertad de adoctrinar no sólo a los que se asocian con ellos, sino también al resto de la sociedad. Desde luego, no toda combinación de elementos científicos y no científicos resulta satisfactoria (ejemplo: Lysenko). Pero la ciencia tampoco resulta siempre satisfactoria. Si han de evitarse las combinaciones porque a veces fallan el tiro, entonces también debe evitarse la ciencia pura, si es que existe semejante cosa. (No es la *interferencia* del estado lo que resulta objetable en el caso de Lysenko, sino la *interferencia totalitaria* que destruye al oponente en lugar de permitirle seguir su propio camino).

Combinando esta observación con la idea de que la ciencia no posee ningún método particular, llegamos a la conclusión de que la separación de ciencia y no ciencia no sólo es artificial, sino que va en perjuicio del avance del conocimiento. Si deseamos comprender la naturaleza, si deseamos dominar nuestro contorno físico, entonces hemos de hacer uso de todas las ideas, de todos los métodos, y no de una pequeña selección de ellos. La afirmación de que no existe conocimiento alguno fuera de la ciencia —*extra scientiam nulla salus*— no es más que otro cuento de hada interesado. Las tribus primitivas disponen de clasificaciones más detalladas de animales y plantas que la zoología y botánica contemporáneas, conocen remedios cuya eficacia asombra a los médicos (aunque la industria farmacéutica ya está oliendo aquí una fuente nueva de ingresos), tienen medios de influir en sus camaradas que la ciencia consideró durante mucho tiempo como no existentes (Vu-

dú . resuelven problemas diticiles de una forma que todavía hoy no se comprende bien (construcción de las pirámides; viajes de los polinesios); en la antigua Edad de Piedra existió una astronomía muy desarrollada e internacionalmente conocida, esta astronomía era factualmente, así como emocionalmente, satisfactoria, resolvía tanto problemas físicos como problemas sociales (no se puede decir lo mismo de la astronomía moderna) y era contrastada de manera muy simple e ingeniosa (observatorios de piedra en Inglaterra y en el Pacífico Meridional; escuelas astronómicas en Polinesia — para una exposición más detallada y referencias acerca de estas afirmaciones, cf. mi *Einführung in die Naturphilosophie*). Existía la domesticación de animales, la invención de la agricultura rotativa, se producían nuevos tipos de plantas y se los conservaba puros evitando cuidadosamente fecundaciones cruzadas, tenemos inventos químicos y tenemos un arte asombroso que puede compararse con los mejores logros del presente. Es cierto, no había excursiones colectivas a la Luna, pero, los individuos por sí solos, despreciando grandes peligros para su alma y para su salud, se elevaban de esfera en esfera hasta encararse finalmente con el mismo Dios en todo su esplendor, mientras que otros se transformaban en animales y volvían a ser humanos de nuevo (cf. capítulo 16, notas 248 y 249). En todos los tiempos el hombre ha inspeccionado su contorno con los ojos bien abiertos y una inteligencia fecunda, en todos los tiempos ha hecho descubrimientos increíbles, y en todos los tiempos podemos aprender de sus ideas.

La ciencia moderna, por otra parte, no es en absoluto tan difícil y tan perfecta como la propaganda científica quiere hacernos creer. Materias como la medicina, o la física, o la biología parecen difíciles sólo porque se enseñan mal, porque la enseñanza standard está llena de material redundante, y porque empieza demasiado tarde. Durante la guerra, cuando el Ejército Americano necesitaba médicos en breve plazo, de repente se hizo posible reducir la instrucción médica a medio año (en todo caso, los manuales de instrucción adecuados han desaparecido hace tiempo). La ciencia puede simplificarse durante la guerra. En tiempo de paz, el prestigio de la ciencia exige mayor complicación. ¡Y cuántas veces no ocurre que el juicio orgulloso y arrogante del experto es puesto en su justo lugar por un profano! Numerosos inventores construyen máquinas «imposibles». Los juristas nos ofrecen constantes ejemplos de un experto que no sabe lo que está diciendo. Los

ojo segundo

científicos, particularmente los médicos llegan a menudo a resultados diferentes de modo que es responsabilidad de los parientes de la persona enferma (o de los habitantes de un área determinada) decidir por voto el procedimiento a seguir. ¡Cuán a menudo es mejorada y corregida la ciencia, y orientada en direcciones nuevas, por influencias no científicas! Es responsabilidad nuestra, es responsabilidad de los ciudadanos de una sociedad libre, o bien aceptar el chauvinismo de la ciencia sin oposición o superarlo mediante la contrafuerza de la acción pública. La acción pública fue empleada contra la ciencia por los Comunistas de China en los años cincuenta, y fue empleada de nuevo, en diferentes circunstancias, por algunos oponentes de la evolución en la California de los años setenta. Sigamos su ejemplo y liberemos a la California de la sofocante custodia de una ciencia ideológicamente petrificada, del mismo modo que nuestros antepasados nos liberaron de la sofocante custodia de la Unica Religión Verdadera.

El camino hacia este objetivo está claro. Una ciencia que insiste en poseer el único método correcto y los únicos resultados aceptables es ideología, y debe separarse del estado y, en particular, del proceso de la educación. Se la puede enseñar, pero sólo a aquellos que hayan decidido hacer suya esta superstición particular. Por otra parte, una ciencia que haya abandonado tales pretensiones totalitarias ya no es independiente ni autocomprensiva, y puede enseñarse según muchas combinaciones diferentes (el mito y la cosmología moderna podrían constituir una de tales combinaciones). Por supuesto, toda profesión tiene derecho a exigir que sus adeptos sean preparados de una forma especial, e incluso puede exigir la aceptación de cierta ideología. (Por mi parte, estoy en contra de diluir las materias de modo que se hagan cada vez más similares entre sí; a cualquiera que no le guste el catolicismo de hoy día debería abandonarlo y hacerse protestante, o ateo, en lugar de degradarlo mediante cambios insustanciales como la misa en lengua vernácula). Esto es verdad de la física, como lo es de la religión o la prostitución. Pero semejantes ideologías particulares y semejantes habilidades particulares no tienen cabida en el proceso de la *educación general* que prepara al ciudadano para desempeñar un papel en la sociedad. Un ciudadano maduro no es un hombre que ha sido *insruído* en una ideología particular, como el puritanismo o el racionalismo crítico, y que ahora arrastra esta ideología como un tumor mental; un ciudadano maduro es una

persona que ha aprendido a formarse su propia opinión y que luego *ha decidido* a favor de lo que piensa que es más conveniente para él. Es una persona que posee cierta solidez mental (no se echa en brazos del primer cantor ideológico que se encuentra en la calle) y que por tanto es capaz de *elegir conscientemente* la profesión que le parece más atractiva, en lugar de ser tragado por ella. Con el fin de prepararse a sí mismo para esta elección, estudiará las ideologías más importantes como *fenómenos históricos*; estudiará la ciencia como un fenómeno histórico y no como la soa y única forma razonable de acercarse a los problemas. La estudiará junto con otros cuentos de hadas tales como los mitos de las sociedades «primitivas», de modo que posea la información necesaria para poder llegar a una decisión libre. Una parte esencial de una educación general de esta clase consiste en familiarizarse con los propagandistas más famosos de todos los campos, de modo que el alumno pueda preparar su resistencia contra toda propaganda, incluida la propaganda llamada «argumento». Sólo *después* de un proceso de endurecimiento semejante, el ciudadano será requerido a que se forme su opinión sobre el debate racionalismo-irracionalismo, ciencia-mito, ciencia-religión, etc. Su decisión en favor de la ciencia —suponiendo que elija la ciencia— será entonces mucho más «racional» de lo que es hoy día cualquier decisión en favor de la ciencia. En todo caso, la ciencia y las escuelas habrán de estar tan cuidadosamente separadas como lo están hoy día la religión y las escuelas. Los científicos, desde luego, participarán en las decisiones gubernamentales, pues todo el mundo participa en tales decisiones. Pero no les será concedida una autoridad por encima de los demás. El *voto de todos los interesados* es quien decide los debates fundamentales tales como los métodos de enseñanza a usar, o la verdad de las creencias básicas tales como la teoría de la evolución, o la teoría cuántica, y no la autoridad de los peces gordos que se ocultan detrás de una metodología inexistente. No hay nada que nos obligue a temer que se mejante forma de ordenar la sociedad habrá de conducir a resultados indeseables. La ciencia misma emplea el método de la papeleta, la discusión y el voto, aunque sin la comprensión clara de su mecanismo y de una forma fuertemente sesgada. Sin embargo, la racionalidad de nuestras creencias se verá, a buen seguro, considerablemente incrementada.

Angustia ante el mundo técnico

El primer vuelo realizado a través del Atlántico por Lindbergh entusiasmó a Occidente. Nos dio un héroe que hizo la hazaña en una máquina endeble. De ahí su fama. El primer vuelo a través del Atlántico por un bombardero *sin piloto*, efectuado veinticinco años después, proporcionó una demostración espectacular del puro mecanismo que opera aislado de los hombres gracias a una soberana extensión de los poderes de éstos sobre la materia y la naturaleza. Pasó casi inadvertido. ¿Qué cambió en los hábitos de los pueblos o individuos? Tan poco como casi nada. Es fácil ver que la introducción del arado entre los mayas hubiera alterado su civilización, acaso evitado su éxodo a Yucatán y revolucionado todo su sistema social. Pero al parecer, nuestras conquistas técnicas no trastornaron tan radicalmente nuestro *habitat*, nuestras costumbres y la continuidad de nuestros caracteres nacionales.

La cuestión que entonces se plantea es saber si el pensamiento occidental no ha formado el hábito, durante los últimos cincuenta años, de exagerar desmesuradamente y sin verificaciones la importancia y peligro de la técnica, así como de sus efectos sobre la persona humana. Las diatribas repetidas centenares de veces contra "la esclavitud del hombre por la máquina" parecen delatar una alarma mayor ante la embriagadora libertad del hombre que ante las limitaciones que la máquina puede imponerle. ¿Deben ser realmente las diatribas a observaciones exactas de la repercusión de la técnica sobre el hombre?

En el mundo moderno entregado a las leyes inexorables de

las máquinas se ha levantado un largo grito de angustia. Todos los pensadores del siglo, con sombrero ardor, y siguiendo una tras otra a Tolstoy, fueron los que más se lamentaron, y toda revista y diario del mundo amplió y difundió el grito, gracias a las máquinas de que podían valerse. Ha habido una exigencia de un suplemento de espíritu, conforme a la injustificable (pero fácil de citar) metáfora de Bergson. Pónese desesperado énfasis en la despersonalización del hombre y de ello se acusa a la producción en serie. Vaticínase el reinado del robot. Es ahora inclusive general llegar al extremo de oponer la Bomba H a la idea de progreso y aun a la indagación científica en general. Es como maldecir a la electricidad a causa de la silla eléctrica, pero ello no importa: la causa es noble y la ansiedad delata que es auténtica y popular. Tras de esta campaña unánime, permítaseme distinguir dos especies de motivos que se alegan.

Las protestas se lanzan en nombre del Espíritu o simplemente en nombre de la mente, y se las vocifera contra las fuerzas impersonales que repudian al hombre y su dignidad, y por ello amenazan esterilizar sus facultades más humanas: juicio, elección, gusto de diferir, fantasía, necesidad de lo inesperado, serenidad, ocio, propio dominio, individualidad y libertad...

Las protestas se lanzan en nombre de la *Naturaleza* y del majestuoso movimiento de las estaciones, y del contacto con la tierra, contra un mundo que se torna más y más artificial y feo, uniforme y abstracto, sin aliento y regido por un horario, separado de los ciclos naturales y de la poesía de las *Geórgicas*.

O también se juntan ambas fuentes, y la doctrina espiritual se enlaza con el naturalismo en una alianza inesperada pero lícita.

Si bien unánime entre nuestros bracmanes sabios y su público, esta reacción es impotente. A veces privó a los hombres de ciencia de subsidios, pero no impidió seriamente la marcha de la investigación técnica. "La invasión de nuestras vidas por las máquinas" la ha frenado el precio de los aparatos y no las quejas de los literatos. Los obreros han dejado desde hace mucho de romper las máquinas, y las clases medias tuvieron siempre mucho cuidado de hacerlo. Y en cuanto aquellos que decidieron "abandonar el mundo" y tejer

sus propios vestidos, etc., nada perdurable ha surgido de esas pequeñas comunidades que viven en retiro. No obstante, la actitud de rebelión impotente contra el modo de vida del mundo moderno, si fracasó en cambiar el mundo, modifica a quienes lo condenan. Acrecienta la sensación de inseguridad y el pesimismo de las masas; y de tal modo contribuye a mantener esa "crisis" que es tema favorito de nuestras mejores mentes.

Y sin embargo, y aun cuando permanezca impotente y aun cuando las satisface en términos generales sus argumentos patéticos pero fataces, semejante ansiedad acerca de la era de la máquina, la era de la Bomba, no es por ello menos reveladora de nuestra situación occidental. Trátase, una vez más, de saber si señala una encrucijada sin salida, o crecientes angustias, el fracaso de la Aventura o un nuevo azar.

Su prehistoria

La prehistoria de la técnica se remonta a los comienzos de la humanidad y llega a fines del siglo xviii. La historia de la técnica, en cuanto entidad separada, sólo comienza con el siglo de la máquina, el siglo de la química y la electricidad, para expandirse en el siglo de la electrónica y de las energías nuclear y solar.

En este aspecto, hasta entonces Oriente y Occidente apenas difieren. Los juncos chinos eran mejores que las carabelas de Colón. La arquitectura hindú nunca fue inferior a la nuestra. Las industrias artesanales —textiles, del papel y la imprenta— que comenzaron muy rezagadas en Europa hasta el Renacimiento, no llevaron la delantera a las de Asia en modo alguno hasta que se inventaron las máquinas. Alrededor de 1800 se vieron sometidas a repentina transformación.

Pero permítasenos retroceder a la era paleolítica. ¿Por qué el hombre fabrica herramientas? Hay tantas respuestas a esta pregunta como concepciones del hombre. Una es que el *homo faber* retó a la naturaleza: las hizo con ayuda de artícuos más duros que prolongaban las acciones de sus manos y las decisiones de su mente. Otra es que el hombre sólo se vio impelido a hacerlo para mejorar su condición o para amon-

tonar más alimento y riqueza: esta teoría "económica" o utilitaria supone un tipo de hombre poco conocido o ignorado hasta el siglo xix: aparece el tipo de hombre que ha escrito en nuestros manuales escolares pero que no ha inventado nada. Finalmente, desde Nietzsche a Spengler, pasando por Scheler y Schubart, hemos visto una suerte de ave de rapaña que se lanzaba contra la naturaleza para subyugarla a su "voluntad de poderío". Se ha apelado también a Prometeo, la única figura que podía servir para ilustrar esta trágica teoría, la cual reflejaba el gusto de la época más bien que la realidad. ¿Pensó alguna vez el hombre primitivo —que aún sobrevive en cada uno de nosotros— dominar la naturaleza? Echando una mirada retrospectiva hacia él, parece estar antes sumergido en ella que formar parte de ella. ¿Cómo podría amenazar "el libre desarrollo de su personalidad"? Sin duda, lo forzó a trabajar muy duro en nuestro clima occidental, a fin de procurarse alimento, protegerse del frío, las inundaciones y la sequía. La naturaleza podría haberlo matado, pero de ella él extrajo su vida. Todo ello se acepta como algo descontado, como algo precisamente "natural". En el punto en que estaba implicada la mente del hombre, no se trataba en modo alguno de atacar a una naturaleza cuyas intenciones estaban lejos de ser malevolentes; tratabase de transigir con ella, de modo tal de hacer frente y dominar a sus demonios. El modo de entrar en buenas relaciones con el dios del fuego —que, según opinión antigua, apareció en dos puntos del planeta, en el Cáucaso y en China— fue primero comulgar con él a fin de apaciguarlo y propiciárselo: se le daba un trozo de la misma carne que comían los suplicantes (¿de ahí la invención de la comida usata?). Con ello, el dios quedaba comprometido pues había compartido la misma comida ritual con los hombres. Hemos de sentir en esto no tanto una "voluntad de poderío" —que sería una relación unitaria de fuerza, inimaginable en aquel estadio— sino una necesidad de jugar, en el sentido más energético del verbo, que es un sentido religioso. La civilización

* Un examen de las circunstancias en que acontecieron las grandes invenciones hasta nuestros días muestra que la atracción de la riqueza y el bienestar casi nunca operó. Cf. D. Brinkmann, *Mensch und Technik* (1946), págs. 85-92 y *passim*. Esto cambió en el siglo xx con las investigaciones llevadas a cabo en laboratorios al servicio de las grandes industrias.

apareció simultáneamente con las herramientas, armas y vajillas, ropas y casas, todas ellas cosas un tanto más fuertes o más sólidas que el hombre y que le permitían jugar su mano para compensar la debilidad que constituye su marca. Empero, la utilidad de tales artículos no agotó de ningún modo la intención que los creó y, es más, con mucha frecuencia ni siquiera la tuvo en cuenta. Todo aquello con que se comen- zaba era mágico, todo era diálogo con las fuerzas naturales que habrían de ser seducidas aun cuando hubiesen de ser obedecidas: De ahí la falta de adaptación que nuestra mente racional piensa descubrir en lo que erróneamente toma por "técnica" entre los pueblos antiguos. La historia de la invención no es la de las necesidades que pudieron haber existido antes de ellas. Su lógica no es la de la utilidad sino la del juego. ¿Ahora bien, hablar de "juego" significa "fijar reglas". Lo que habla de ser mantenido con celoso cuidado era el sistema de convenciones sagradas entre el hombre y las fuerzas naturales. Lo que el hombre temía no eran las leyes de la naturaleza sino, por el contrario, el carácter inesperado de los fenómenos. Lejos de haber habido algún esfuerzo por escapar de semejantes leyes, había la esperanza de que el sol y la lluvia, los poderes que hacían fructífera la tierra, continuaran "jugando el juego", conforme a las reglas. De esta suerte, la humanidad, en sus ritos religiosos, "jugaba" con el orden natural para que éste pudiera perpetuarse. Las nociones de magia, de mito y liturgia, el ideal alquimista y el panteísmo activo del Renacimiento, así como los motivos religiosos en general, parecen haber sido mucho más fructuosos que los motivos de utilidad y poderío para explicar el porqué y el propósito real de la enorme mayoría de las invenciones que se han verificado hasta nuestro período. El hombre creó herramientas porque jugaba con los demonios emboscados en el fuego o la piedra, en la fuente agua, o en un animal, y que luego poblaban sus sueños o fantasmas de la vigilia. El sueño de volar es lo que produjo el acroplano; y el sueño de lanzarse al azar a lo,

* Los autómatas del siglo xviii eran juguetes: puro juego. Sin embargo eran antepasados de nuestros robots, que son indispensables para manipular las sustancias radiactivas, por ejemplo. A su vez, el descubrimiento de la radiactividad no correspondió a ninguna necesidad utilitaria, pero creó muchas necesidades que se han tornado "vitales".

largo de un camino abierto, el automóvil. Véase la autobiografía de Henry Ford. Ford era un incurable soñador, como lo saben sus lectores, un hombre capaz de salir airoso en cualquier empresa comercial, sin poseer cultura o genio, que se sabía construir una "máquina de caminos" que no debiera obedecer a las rígidas leyes del ferrocarril ni de sus horarios sino que pudiera transitar por donde quisiera: típico sueño de adolescente. Lo realizó en 1893, unos pocos años después de que un alemán, Otto, hubiera inventado el motor de combustión interna. Todos sabemos sobre el particular que docenas de inventores —especialmente en Francia— habían construido automóviles mucho antes que Ford. No obstante, su invención, o reinención, no por ello deja de ser un ejemplo instructivo.

Una historia de las invenciones que no se produjeron, o que de ellas el hombre "no se valió", como suponemos, conduciría a la misma conclusión. ¿Por qué los mayas no araban su tierra? ¿Por qué los aztecas sólo usaban la rueda para hacer juguetes? ¿Por qué el oro era puramente ornamental entre tantos pueblos? Debido a su magia, a sus sueños diferentes, a las leyes particulares de su juego con la naturaleza.

Hasta ahora la naturaleza fue el Objeto del hombre, su opuesto y espejo. El hombre no tenía aún conciencia de que todo cuanto podía ver en la naturaleza eran sus sueños, y que el espíritu de las cosas es un reflejo del propio espíritu. Sumergido en la naturaleza, la sentía más poderosa que él; y debido a que proyectaba en ella las ansiedades de su propio pecho acababa por ver en ella el mismo Mal. Rastremos el proceso.

Una vez que el conjunto de ritos, de creencias codificadas y de instrumentos del alborar de una civilización permitieron al hombre poner una suerte de distancia entre la naturaleza y su vida —siendo la distancia el contorno y atmósfera en que él existía—, el espíritu humano concibió un Bien separado de la naturaleza, y sólo esa naturaleza parecía estar fuera de su alcance. La mente humana llegó a concebir la virtud perfecta y la salud perfecta, el poder, la abundancia asegurada, la libertad de ir lejos, o, por el contrario, la de fijarse en un lugar a pesar de los cambios naturales, la capacidad de cumplir los propios sueños, de volar, de escapar a las estaciones (el Paraíso pintado como una primavera eterna), subyugar al cuerpo, no morir... Por lo tanto toda cosa que se opusiera

y resistiera a este Bien era la servidumbre de la naturaleza, la necesidad animal de matar a fin de sobrevivir, la enfermedad, los instintos tiránicos, la muerte. Pronto los hombres más dotados espiritualmente pensarían en Dios como algo semejante a su Bien: Él era bueno, justo, perfecto e inmortal; sólo trataba su omnipotencia el principio demoníaco, desde entonces asimilado a la naturaleza. El Dios del Bien no podía ser el autor del Mal. Por lo tanto la naturaleza había de ser obra de Otro. Esto ha de reconocerse como la actitud maniquea que invariablemente acompañó el ascenso de religiones de un Dios Bueno, y que erigieron en contra de ellas, en medio de semejante calma, un "idealismo purificado" que es, de hecho, un dualismo. Pues desde entonces el hombre se representó como un alma dentro de un cuerpo. Nunca sería libre y nunca sería realmente bueno a menos que pudiera *evadirse* de la carne, de la materia, y de la vida natural, del reino y creación del Demiurgo. De ahí el ascetismo, monaquismo y angelismo en que la materia, la carne y la naturaleza son despreciadas, que sólo podían llevar a la condenación y renuncia de toda especie de esfuerzo inventivo.

Sobre esta misma Naturaleza —objeto de hostilidad para los "puros"—, hombres menos espiritualmente dotados fueron capaces de ejercer libremente sus artes y ardores. Se valieron de la naturaleza como de una cosa sin alma, cosa que habían de hallar cómo emplear. Esta última actitud, contragolpe de la anterior, se pondría al servicio de la técnica moderna batiendo con muchos de los escrupulosos que sentían sus agentes y usuarios.

Su historia

Permítasenos volver a nuestro siglo actual. Ahora que toda especie de magia ha sido expulsada de ella, la Naturaleza está siendo domesticada por la técnica y por primera vez en la Historia. El hombre ya domina los medios de someter varios aspectos de la "inhumanidad" de la Naturaleza. Virtualmente puede prevenir el hambre (máquinas agrícolas, abonos, alimentos sintéticos, cloreia, fotosíntesis); controlar la temperatura (calefacción, refrigeración, climatización, ropas racionales), la sequía (irrigación de los desiertos y lluvia artifi-

cial), las epidemias e infinidad de enfermedades (antibióticos, vacunas, asepsia, energía nuclear, higiene preventiva, psicoterapia), la distancia y los intervalos temporales (transporte rápido, telecomunicaciones). El hombre está aún lejos de haber consumado esta sujeción, pero ya está habilitado para considerarla algo alcanzable. (Las inundaciones, los tifones y los terremotos siguen siendo libres; pero los animales salvajes más grandes, los gusanos, piojos y pulgas, así como muchas clases de insectos han sido vencidos.)

Por otro lado, descubrimos que somos verdaderamente los primeros contemporáneos de la máquina. Inventada en el siglo pasado, la máquina no afectó notablemente la vida diaria del mayor número hasta la primera guerra mundial. Una porción infinitamente pequeña de seres humanos hablan de viajar hasta entonces por tren, por ejemplo, y todos los trenes desde 1380 hasta 1900 sin duda transportaron menos pasajeros que lo que lo hace la navegación aérea hoy en un solo año. El automóvil, el tanque, el aeroplano, el subterráneo, las máquinas agrícolas y domésticas, la electricidad doméstica, el teléfono y la telegrafía sin hilos irrumpieron en nuestras vidas sólo durante el primer tercio de este siglo.

Tales son por cierto los hechos, hablando en términos generales. Pero incurriría en error quien creyera que los pueblos de Occidente buscaron o quisieron alguna vez lo que ahora están obteniendo como cosa propia. ¿Qué quieren en general los hombres occidentales? Salud, salarios más altos, mejor protección contra lo imprevisible, viajar un poco, que no se les impida disfrutar de sus triviales hobbies o excentricidades (y no "someter a la Naturaleza") Y he aquí que la satisfacción de semejantes modestos deseos constituyen los increíbles dones de la técnica. Algunos de ellos realizan nuestros deseos secretos, pero muchos a nada corresponden. Al haberlos propuesto, la técnica ha de tomarlos a su cargo y crear una enorme necesidad de ellos. Sobre la base de estos juguetes para gente grande, una economía seria y científica ha venido a erigir el sistema de sus "leyes". Pretende "satisfacer" necesidades que nadie ha sentido en lo más mínimo. El automóvil no se inventó porque el hombre lo necesitase, sino que aconteció todo lo

* En 1833 Thiers declaró que la locomotora de un ferrocarril era "simplemente un juguete científicamente construido".

contrario: el hombre lo necesitó porque había sido inventado. Sin embargo, la existencia de innumerables fábricas, marcas, exposiciones anuales, dividendos y récords presta tanta consistencia a la industria del automóvil que su origen como fantasma (en el estricto sentido psicoanalítico) se ha olvidado.

¿De dónde, entonces, hemos obtenido la técnica, como no sea en respuesta a nuestras necesidades materiales y utilitarias, que sólo después salieron a relucir? El problema equivale a averiguar cómo y por qué la técnica cobró repentino ímpetu en un momento particular de la Aventura occidental.

Sería vano intentar hallar ese porqué y razón de la pasión inventiva, que es de orden poético (en el sentido griego del término), y que les pertenece a los hombres en general. Pero algo único ocurrió en Europa en los comienzos de nuestra edad técnica: la ciencia, al fin erigida sobre una base autónoma y exacta, se encontró con el sueño del alquimista, que, habiendo sido arrojado por la química del dominio de la investigación pura, se volvía hacia aplicaciones prácticas. Y ello en un clima social y político que se había tornado muy favorable a las brutales empresas de aquellos que fueron apodados "capitanes de industria" y fueron inspirados —y encontraron su sanción en ellos— por los precedentes de la Revolución y el Imperio francés. Obraban así tres fuerzas, dos creadoras y la última instrumental.

En cuanto a la ciencia la cosa está descontada: las matemáticas, la física y la química estaban en la base inmediata de las mayores invenciones de la técnica. Pero no condujeron a ésta orgánicamente. El paso del deseo de un conocimiento interesado a la idea de aplicar algunos de sus resultados requirió hombres distintos que los mejores científicos, y asimismo habla de haber algún propósito que no fuese el que dirige la tarea de aquéllos. Sabemos ahora que lo que los alquimistas querían hacer no era fabricar oro a fin de enriquecerse, sino por cierto llevar a cabo una gran tarea de transfiguración de la materia por parte del hombre, del hombre en su papel de demiurgo delegado por Dios. ⁴ El parentesco de los alquimistas-

⁴ En cuanto a lo que la alquimia se propuso ser espiritualmente no puedo sino remitir a mis lectores a las obras de C. G. Jung, *Psychologie*

tas y los químicos parece menos importante desde el punto de vista de la técnica que aquella de los alquimistas con los platonistas alemanes, y la de los últimos con los fundadores de numerosas iglesias modernas. Leonhard Eulew, pietista de Babilonia, no sólo fue el más grande matemático de su siglo sino también el inventor de la turbina.

El deseo de conocimiento contemplativo y el deseo de conocimiento transformativo (por la transmutación de la materia y las almas) constituyen las dos fuentes del avance técnico y confluyen en el gran mito de la Edad Moderna. El héroe del *Fausto* de Goethe es ante todo un alquimista, pero termina su albur humano (condicionado por las tres notas dominantes del puro saber, el poder y la salvación) como ingeniero que crea un nuevo país.⁶

Hubiera sido sumamente asombroso que la avidez natural, la sed de ganancias en esta forma moderna que vino a llamarse capitalismo, no se hubiese adueñado de estos elementos. Pero el capitalismo nada creó: financió el "progreso" sin pagar regalías a sus autores y en detrimento de sus obreros. Y de este modo, la aplicación de la ciencia a la vida social, alimentada por una doctrina mística que tendía a la salvación conjunta del cosmos y del espíritu humano, repentinamente cambió de signo y se convirtió en un azote al crear el proletariado, una vez que las desenfrenadas ambiciones de los Napoleones de la industria se hubiesen adueñado de él sin escrúpulos ulteriores.

La profunda paradoja de la era técnica surge del hecho de que sus dádivas no se esperaban. La sociedad occidental del siglo XIX —tomada de sorpresa por un acontecimiento que la dejó maravillosamente estupefacta y cuya futura amplitud no podía medir— incurrió en un doble error: se equivocó respecto

⁶ *und Religion, Psychologie und Alchemie*, etc. En *Mensch und Technik*, de Oswald Blöbaum se encontrarán numerosos ejemplos que muestran la influencia de los "sueños alquimistas" sobre los inventores de los siglos XVIII y XIX. Su genealogía se remonta a Paracelso, vía Hieronymus Cardanus, Leibnitz, Denis Papin, a través de los platonistas del siglo XVIII y acaba en una pléyade de investigadores más o menos "delirantes", cuyo misticismo fue decisivo para la mayor parte del avance técnico. Advirtamos por otra parte que dos de los grandes místicos del período eran ingenieros de minas: Swedenborg y Novallis.

⁷ El modelo que sirvió a Goethe para escribir la última parte de su *Segundo Fausto* fue el ingeniero inglés W. A. Madocks, que construyó una muralla marítima a lo largo de la costa de Gales del Norte.

de los fines de la técnica y no comprendió cómo podía valerse de ella. Era incapaz de prever el aterrador precio que estaba destinada a pagar por el milagroso desarrollo de la máquina. El señuelo de enormes y rápidos beneficios y la tentación del poder (no sobre la Naturaleza sino sobre los hombres) cegó a esta sociedad ante los medios que empleaba. Y en cuanto a los fines: la técnica debía contribuir a *liberar al hombre de la herramienta*, es decir, del trabajo exigido por las necesidades de su subsistencia; tendía a liberarlo para otras tareas y en modo alguno a acrecentar su trabajo nada más que para acrecentar sus necesidades naturales y añadir a ellas otras artificiales.

Semejantes errores monstruosos cometidos en el punto de partida hablan de ser curamente pagados —y aún están siéndolo— por el proletariado industrial, que debía sufragar desde el comienzo los "costos humanos" de la operación.⁶ Y en cuanto a aquellos que obtuvieron un beneficio material de ella, pagaron un precio menos visible y tangible, pues no hay valores espirituales mensurables ni tampoco se sabe a ciencia cierta qué pierde un hombre asesinado dentro de sí mismo. Históricamente, la paradoja se nos aparece manifiesta si comparamos las *realidades* con los correspondientes *estados de espíritu* en los siglos XIX y XX.

En el siglo XIX, el avance técnico creó entre el pueblo común una miseria inhumana, pero en la gran mayoría de las élites de la clase media un floreciente optimismo. En el siglo XX, aconteció todo lo contrario. Las masas aceptaron el progreso técnico e hicieron de él un artículo de fe, al paso que las élites lo miran con creciente pesimismo. El vuelco es significativo.

En 1836, Andrew Ure, en la *Filosofía de las manufacturas*, cantaba loas a las fábricas "que excedían en número, en valor, en utilidad y en nobleza arquitectónica a los celebrados monumentos de los despotismos asiáticos, egipcio y romano". Pero ya en 1846 Michelet era heraldo de la reacción pesimista:

⁶ El término romano de "proletarios", aplicado a los obreros industriales, fue introducido por Simondi ya en 1819. Treinta años después Marx estaba en condiciones de decir perfectamente que las fuerzas modernas de la producción hicieron de los proletarios "el viviente complemento de un mecanismo muerto".

más que nuestros cuerpos). Pero no es culpa de ellos el que no digamos ya nuestras oraciones.

Retorno al eje

De modo contrario al budismo y al maniqueísmo, la ortodoxia cristiana no condena el mundo tangible de la Naturaleza. La doctrina de la Encarnación, que es siempre su base activa, es suficiente para velarlo. La Naturaleza ha de ser redimida por medio del hombre redimido, pues ha sido so metida a corrupción a causa del pecado y no por su propia voluntad. De ello se infiere que los esfuerzos del hombre para someter a la Naturaleza a las voluntades y deseos humanos serán benéficos si proceden del divino esfuerzo que obra en el hombre, pero pésimos si proceden de nuestro orgullo. *El mal no está en las cosas sino en el hombre*. Está enlazado a nuestra Libertad. Pertenece a nuestra situación humana, del mismo modo que el anverso pertenece al reverso. Está en nuestro espíritu y no existe en ninguna otra parte y es dentro de nosotros mismos donde debemos luchar con él.

¿Cómo imaginar entonces que la técnica, habiendo sido creada por el hombre, pueda adquirir una existencia independiente? Su mal proviene de nuestra culpa y su bien de nuestra parte. De nuestro esfuerzo por alcanzar la salvación. Cesemos por lo tanto de proyectar el mal que está dentro de nosotros en las cosas, sean éstas máquinas o la misma Naturaleza, y dotarlas de intenciones autónomas. El procedimiento mágico no debería ya engañarnos.

Los escritores de hoy que, en lo que concierne al avance técnico, adoptan no obstante una posición neomaniquea, están influidos por dos motivaciones que han de distinguirse.

1. La idea cristiana de que el mal está en el hombre y de que la naturaleza es inocente les hace temer que la técnica acrecentará la capacidad humana para hacer el mal antes que el bien, y que al mismo tiempo hará perder al hombre la armonía con el pulso de la Naturaleza considerado sólo en su aspecto

* Romanos, VIII, 18-24.

¡Qué humillación contemplar tras la máquina al hombre caído tan bajo! Desgarra el corazón visitar esas casas inarvillosas en que el hierro y el bronce, deslumbrantes y relucientes, parecen marchar por acuerdo propio, parecen pensar y querer, al paso que el hombre, débil y pálido, es el humilde servidor de esos gigantes de acero... Admiré aquello tristemente; resultaba imposible evitar advertir al mismo tiempo las lamentables caras de los hombres, las muchachas ajadas, los chicos doblegados, entumecidos.

Las clases medias europeas no tenían conciencia de nada de esto en el siglo XIX, así como bajo Hitler nada sabían de los campos de concentración. Sin embargo, el número de proletarios que murieron de miseria en torno de sus fábricas durante todo el siglo pasado excede sin duda al de personas asesinadas en los campos de concentración nazis, si no el número de muertos en Colima y otros lugares de reeducación.

En el siglo XX la situación ha sido inversa. Los trabajadores norteamericanos y escandinavos reciben el producto de su trabajo en la puerta de sus casas: automóviles, radios, refrigeradores y alimentos envasados; y el cine está en la esquina. Volvieron a tomar conocimiento con la Naturaleza en los fines de semana, o bien en los días feriados pagos. Además, imaginan que el "movimiento irresistible de la Historia" los favorece más y más. Entretanto, la clase media cultivada, cuya conciencia está aguzada desde hace cien años por los crímenes sociales de sus abuelos e influida por la lectura de los mejores pensadores y de un millar de editoriales, aterrada además por la Bomba H mira con angustia el "progreso técnico". En los últimos cincuenta años hemos sido testigos del desarrollo de una actitud que recuerda el maniqueísmo, aun cuando los valores estén invertidos: no se trata ya de que la Naturaleza represente el mal sino que es el trabajo manual del hombre, la técnica inexorable, personificada y elevada a la categoría de mito, lo que hoy nos gobierna y nos vacía de nuestra humanidad.

La proyección del Mal sobre la máquina delata un relajamiento de nuestra vitalidad espiritual. Equivale a golpear la mesa porque uno ha tropezado con ella. Pero también a ocultar nuestras secretas dudas bajo una oportuna "fatalidad". Las máquinas son más fuertes que nosotros, concedido (un martillo es más duro que mi mano, las paredes de una casa resisten

regulador. El pesimismo humano se conjuga con el optimismo natural, ambos unilaterales.

2. La idea del Mal se proyecta nuevamente no ya sobre la Naturaleza sino de modo inequívoco sobre la Técnica personificada y sus productos, como la Bomba, a la que se dota así de una suerte de intrínseca capacidad para perjudicar al hombre. Un retorno a la magia.⁸

Estas confusiones gemelas, según me parece, explican los más obvios errores en que han incurrido los "antimodernos" a que he aludido.

El error sobre la Bomba. Escribí al día siguiente de Hiroshima:

La Bomba no es en modo alguno peligrosa. Es una cosa. Lo que es horriblemente peligroso es el hombre. Es él quien hizo la Bomba y quien se apresta a valerse de ella. Dominar la Bomba es absurdo. ¡Se han designado comités para restringir su uso! Es como si yo me arrojará contra una silla para evitar que ésta rompa vasos chinos. Si se la deja sola, la Bomba no hará nada, lisa y llanamente nada. Permanecerá quieta en su cuanasto. De modo que, por favor, no oigamos más cuentos. Lo que necesitamos es dominar al hombre.⁹

El error sobre el teléfono. La esclavitud al teléfono es uno de los clisés de nuestra época. Pero el teléfono, nada más que un aparato, nada hizo por su propia cuenta e invariablemente es alguien quien le habla a uno por medio de esa trompeta habladora. Si uno corre a contestar, irritado por el ruido, es uno quien esperaba algo que no quería perderse. De modo que uno no es más que el propio esclavo de uno mismo.

El error sobre el auto lujoso. Ese hombre, dicen, es el esclavo de su auto. ¡Vean cuántas preocupaciones se toma por él! ¡Viaja a causa de él, se está arruinando por él, y algún día se matará a causa de él! Sin embargo algún otro está haciendo lo mismo por la mujer a la que desea, o por una obra de arte, o

⁸ A esta tendencia neomágica responde la pretensión de cierto psicoanálisis a cuyos ojos el mal que está en el hombre puede ser "conducido" a inadecuaciones ético-sociales. Lo que equivale nada más que a hacer retroceder la dificultad. O bien es la moral, producto humano, la que es el "mal"; volvemos así al neomaniquismo. O bien es la Naturaleza la que sería mala; maniquismo. Pero el bien y el mal suponen una Autoridad suprema que juzga: si se niega a Dios, ella será la Sociedad. Esto es aceptar la concepción totalitaria en su principio.

⁹ *Letras sur la Bombe Atomique*, 1946.

por su inclinación a las drogas. La tiranía es ejercida por nuestras pasiones, y no por la técnica misma.

El error sobre la uniformización del trabajo. Se nos dice hasta el cansancio, desde la derecha y desde la izquierda, que el trabajo en serie deshumaniza y que estamos viviendo en un mundo sin alma, de uniformidad y producción en masa. Debe comprenderse que esto se refiere a los obreros "taylorizados" (menos numerosos hoy que los prisioneros de los campos de trabajo de las naciones que viven bajo el comunismo). He aquí el aspecto serio del asunto: no el sentimiento de formar parte de un "mundo sin alma" sino el hecho de que los hombres no son ahora ya más que las "contrapartidas vivientes de un mecanismo muerto". Ahora bien, no cabe por ello censurar el mecanismo muerto. No es la máquina la que convierte a un hombre en esclavo. Es cierto comportamiento que otros hombres imponen a un obrero, no tanto para facilitar la manipulación de su máquina como para asegurar que mantenga con ella determinado grado de producción. Por lo tanto, la producción es lo que hace de un hombre un esclavo, cualquiera sea el sistema económico que así lo exija, capitalista o comunista. Taylor pensaba que un obrero era una máquina humana que podía ser ajustada perfectamente como un reloj. Su sistema, y no la máquina, es lo que esclaviza al hombre. Pero Taylor creó su sistema conforme a nociones materialistas del hombre que eran producto del siglo de la Ilustración. Censuremos tales nociones, no la técnica.

El error sobre las invenciones. El "hombre volador" de Leonardo había de hacer nevar en ciudades agobiadas por el calor en verano; el acropiano bombardea nuestras ciudades. Los geniales descubrimientos de Einstein culminaron en la bomba atómica. ¡Maldita sea la invención! Pero, ¿qué está intentando decir la gente? ¿Imagínase que alguna invención pueda emplearse sólo para bien? Yo digo que semejante invención sería obra del Diablo: privaría al hombre de su libertad, que Dios quiso para él.

El problema real

La gran queja del siglo xx contra la técnica hubiera estado justificada cien años antes: contra las ruinas e insalubres fábricas, los obreros podrían haber dicho muy bien por labios de un poeta de la época:

El aire de nuestros talleres nos corroe los pulmones,
y morimos con los ojos vueltos hacia los campos.¹⁰

Actualmente el progreso de la técnica devuelve el campo a los habitantes de la ciudad, tanto a los trabajadores manuales como oficinescos y profesionales. La técnica ha hecho más para acercar al hombre a la Naturaleza que lo que han hecho las teorías del retorno a la Naturaleza que condenan la técnica. Los muchachos y muchachas que forman campamentos llevan vida tan desnuda como los polinesios de Gauguin. La que estaba remota de la Naturaleza era la Edad Media; la temía.¹¹ La edad clásica la tenía por impropia. El Romantismo la miraba con sentimientos excitados, pero no se bañaba en ella físicamente. La afición por tomar baños de sol en la playa ha sido contemporánea del automóvil.

En su infancia, la técnica creó el proletariado industrial, pero es la técnica y sólo ella la que puede rescatarlo de su situación y del atroz escenario de su existencia actual. Lo que rebolió la esclavitud en Europa no fue el escolasticismo sino el mejoramiento de la tecnología agrícola, y de modo particular vincir los caballos por medio de un rígido cabezal de freno. El proletariado no se emancipará gracias a nuestras protestas contra el trabajo en serie sino por el recemplazo de los obreros serviles por robots. Las fábricas sin obreros, de que pronto seremos testigos, resolverán el problema del "obrero esclavo de las máquinas".

Pero una vez que dejamos de lado los seudoproblemas —así como la emancipación de la clase trabajadora no ya por el comunismo sino, y de modo nada ambiguo, por la técnica—,

¹⁰ Auguste Barbier, *Jambes*, citado por P. M. Schuhl, *Machinisme et Philosophie* (1938).

¹¹ Las únicas descripciones "amenas" de la Naturaleza en la poesía y la pintura medieval son de huertos. El resto es terror.

dos problemas muy ingentes y muy verdaderos se plantearán a la humanidad en Occidente. Uno, un peligro: la tecnocracia. El otro, una engañosa promesa: el ocio.

Tecnocracia. Un hombre que pierde el sentido de los fines últimos de su existencia y deja de desarrollarlos está destinado a ponerse a hablar de "las exigencias de la técnica". Sólo entonces la técnica se torna un peligro auténtico; no por cierto la técnica por sí misma sino el hombre que habla de ese modo. Ernst Jünger ha visto claramente que la técnica nos inclina a una moral nihilista, pues su consigna es la de una acción "sin causa ni razón", sin propósito ninguno. Encontramos una vez más aquella obsesión del movimiento por el movimiento mismo, que sintetiza la política de los jacobinos y totalitarios de todos los matices. El objetivo práctico consiste en retener el poder, o en dominar el mercado, sin que uno se deje ya guiar por la incierta y sospechosa finalidad de los deseos humanos. Esta intoxicación por obra de la acción se debe a fatiga mental. Y el olvido de los fines últimos no es más que una inmensa y reveladora caída: delata la ansiedad sobre las perspectivas de intoxicación del ocio, que nos harán enfrentar de modo inmediato y concreto al gran problema de los fines por los cuales estamos aquí abajo.

Al repudiar el gran sueño alquimista, la técnica queda a menudo reducida a los únicos e inmediatos motivos del beneficio, bienestar y fuerza militar. Privada de objetivos a largo plazo, no puede sino quedar encerrada dentro de la *moral corriente*, así como de sus leyes abstractas o usuales. Pero la moral individual no tiene asidero en un carácter distintivo y queda modificada al nivel de la economía nacional; el beneficio depende más y más de la vida medio de una nación; y "las necesidades de defensa nacional" determinan la misma ciencia, fuente de invenciones. De ahí que la única moral que resulta lo bastante poderosa para regular el elemento técnico sería por lo tanto la moral social, que los grandes estaceros definen.

Pasar por alto los fines últimos del albur humano ha de hacernos arribar entonces a la tecnocracia, que es el gobierno de los medios sobre los fines. (Las "exigencias de la técnica", constantemente invocadas, son en última instancia deci-

sivas.) Y la moral, cuando la determinan los estados, conduce a dictaduras totalitarias. (La Sociedad reemplaza a Dios y, como el estado es el único representante de la Sociedad, sus decisiones son inapelables.)

La evolución en la dirección hacia sociedades cerradas nos parece a todos lo más inevitable que está aconteciendo ante nuestros propios ojos, desde hace casi medio siglo. Anteriormente hemos visto cómo la técnica no contribuye por sí misma a ello, pero sí por cierto empleo que el hombre hace de la técnica. De ahí la idea, corriente entre las élites, de que un poco más de técnica sólo puede producir un poco más de socialismo estatal y una libertad igualmente un tanto menor. Y, en efecto, al socialismo estatal no cabe detenerlo, pero resulta posible dar cierta dirección a la técnica hasta que éstos los decisivos produzcan una nueva situación. Si mañana la técnica puede pagar a las masas que viven en el ocio en escala más generosa que lo que ha pagado nunca a sus accionistas en dividendos, el tecnócrata dominará los medios, pero su prestigio se desvanecerá en la precisa medida en que el ocio y su contenido lleguen a ser un problema vital y excitante. Entonces el "serio" se cambiará de campo. Aquel cuyo trabajo consista en dirigir una fábrica colosal sin obreros reinará soberano sobre la ausencia. Pero las famosas necesidades técnicas no preocuparán entonces a nadie como no sea a él. ¿Qué será capaz de sugerir a seres humanos liberados para otros sueños y otros juegos, es decir, para nuevas formas de trabajo y creación?

La tarea actual me parece estar menos lejos de la aplicación de un freno moral a la técnica que de su intensa aceleración, hasta el punto en que nada de lo que nos atrevamos a confesar nos impida ya, al fin, obtener sus beneficios humanos.

Ocio. ¿Es esta cura de la enfermedad técnica merced a la propia técnica una utopía? Veamos primero en qué medida ya se ha llevado a cabo.

El nivel de vida medio en Europa ascendió, se nos ha dicho, de 1 a 15 entre 1800 y 1950. (Más exactamente, se afirma que es diez veces más alto en 1954 que en 1880.) Confieso que estas cifras no me persuaden gran cosa. La misma noción de un "nivel de vida medio" no es muy clara y se torna aun más clara cuando se la multiplica. (¿Qué significa la palabra

"vivir" si se nos dice que vivimos 10 o 15 veces mejor que nuestros antepasados?) Pero aquí hay algo perfectamente perceptible. De 1890 a 1954 la semana de trabajo en los talleres de algodón y lana descendió de 65 a 40 horas, el año de trabajo para los ferroviarios de 3.900 a 2.000 horas, y la producción fue acrecentándose constantemente.

De esta suerte el ocio tomó la forma de un subproducto de la técnica cuyo propósito principal consiste en suministrar más artículos y más beneficios. Y sin embargo, ¿caso este "subproducto" no era ante todo uno de los intentos subyacentes en la invención técnica? Al hacerse cada vez más abundante, ¿no aparecería un día próximo como el verdadero propósito de la empresa? Desde luego, esto supone que ha de alcanzarse cierto punto de saturación de las necesidades naturales. La técnica ha multiplicado los hombres cuyas necesidades aumentaba. Al parecer, cuanto más se desarrolla, más retrocede en las perspectivas de satisfacer las necesidades humanas que ella propone. ¿Cogerá alguna vez el borrico la zanañoria en pos de la cual ha venitado corriendo desde hace ya siglo y medio?

Anteriormente hemos visto que de hecho la distancia entre los medios de la técnica y uno de sus propósitos posibles —el ocio— ha disminuido en una tercera parte durante ese período. Un segundo propósito consiste en asegurar la subsistencia de la humanidad, que crece en 70.000-almas por día; y este segundo propósito ha parecido pasar a segundo plano cuando Occidente tuvo más clara conciencia del destino de las grandes masas asiáticas, tan desnutridas como incontrolablemente prolíficas. Pero el hecho de que haya surgido esta nueva índole de conciencia señala finalmente para la técnica un único objetivo propiamente humano. Lo que falta por encontrar es el medio en cuya virtud se adapte al propósito reconocido, es decir, que acontezca todo lo contrario.

Estos medios que aún esperamos hallar los poseemos ya en principio: energía nuclear, fotosíntesis, automatización, planes en escala mundial. Dentro de veinte o treinta años, conforme a nuestros mejores expertos, una tercera parte de la población del planeta —por entonces mucho mayor en número— será suficiente, trabajando cuatro horas por semana, para satisfacer (y mucho mejor que hoy) todas nuestras necesidades "mate-

riales": alimentación y transporte, vivienda, higiene y placeres. Fácilmente veo los aspectos teóricos de estas cifras, así como que ellas suponen una distribución socializada de mercancías producidas en masa y en gran abundancia, a precio muy bajo; y que el desarrollo de África, Asia y las regiones polares proporcionará nuevas "ocasiones de trabajo"¹¹; y finalmente que la guerra atómica puede arruinarlo todo antes de que el huevo esté empollado. Pero el huevo está allí, portando su germen y nuestro futuro, ese futuro que hemos de estar listos para mirar de frente.

Se ha dicho: ¿Qué harán las masas si se hallan en efecto y repentinamente libres hasta ese punto? No tengo la menor idea. ¿Veta alguien más claro alrededor de 1880 lo que la técnica estaba en vías de producir? Esta vez nuestro deber consiste en ver los problemas de frente en lugar de soslayarlos porque nos dan vértigo.

Estamos en el umbral de una era en la que la cultura será la cosa seria de la vida. (Siempre lo fue, pero ahora lo veremos.) Hasta ahora el trabajo llenaba la esencia de nuestros días y de él dependía nuestro destino: salarios, alimento y vivienda. Si mañana la técnica —y puede hacerlo— permite satisfacer estos requisitos elementales a un precio muy bajo, "el tiempo vacío" del ocio se transformará en el tiempo real de nuestras vidas cotidianas. La pregunta: "¿Qué haré de mi vida?"

¹¹ Y hay más. Según J. Fourastié, la suma de trabajo "terciario" indispensable, tanto para el rendimiento como para la distribución de los productos, realizado por las fábricas automatizadas, debería aumentar en una proporción casi infinita, pero el caso es que apenas puede duplicarla. (Cf. *Le Grand Espoir du xx^e siècle*, págs. 201-210.) Sin embargo, el aumento del trabajo "terciario", y por lo tanto de las actividades intelectuales a expensas de las actividades manuales y mecánicas, acarrea y supone un progreso cultural (sea éste denominado ocio o trabajo).

¹² *La Enciclopedia de 1765* define el ocio como "el tiempo vacío". Consecuentemente, supone que el trabajo es el tiempo real, el tiempo pleno. Esta jerarquía de valores ha dominado hasta nuestros días. Explica en parte por qué los sindicatos se oponen a la creación del ocio por parte de la técnica, esto es, por la automatización. Pues para ellos el "tiempo vacío" equivale a desocupación. El que el ocio fuese la meta real de la era de la máquina es una sugerencia que no cabía mantener. Sin embargo, ello es lo que puede ser, tan pronto como los beneficios de la industria se compartan entre los trabajadores, notablemente en la forma de un descenso del costo de la vida, para compensar al menos las horas perdidas de trabajo.

no podrá soslayarse ya mediante la réplica —hecha millares de años antes—: ¡Ganármela! Carecerá repentinamente de sentido.

No tengo ahora intención de describir ninguna utopía que pueda divertir a nuestros descendientes. Todo puede cambiar radicalmente y muy pronto, no tanto a causa de los factores materiales que pude haber pasado por alto, o no puedo prever, como a causa de nuestras *decisiones libres*. (La invención de la rueda no es lo que cuenta por sí misma, sino el empleo que un pueblo decidió hacer de ella: carretas y wagones en Occidente, juguetes y ornamentos entre los aztecas.) Lo que, sin duda es cierto es que el progreso técnico ha de dar un salto sin precedentes y producirá una situación en la cual nuestros discos reales, nuestras orientaciones y nuestras opciones reales se manifestarán transparentemente y a ellas seguirán efectos casi inmediatos. Acaso pueda vaticinar semejantes deseos y orientaciones basándome en nuestra actual predisposición espiritual.

Liberado del trabajo material, un hombre de Occidente se vuelve al punto hacia los viajes, los deportes, los juegos y el erotismo.

La experiencia de las vacaciones pagas ha mostrado esto en pequeña escala, si bien por un espacio de tiempo demasiado corto para que pueda distinguirse su secuela. Una prueba un tanto más prolongada la proporcionan los habitantes del Círculo Ártico —suecos y noruegos—, condenados al ocio durante seis meses de invierno. Abrazan la cultura. Ahora bien, ocurre que Occidente ha aumentado diez o cien veces, durante este siglo, los instrumentos y medios de cultura. Se publican más libros que antes, y a precios baratísimos. Las bibliotecas y centros locales de cultura se generalizan por doquier. Toda la pintura del mundo puede ahora colgar de nuestras paredes bajo la forma de reproducciones que "fascinan"; toda la música llega al hogar por medio de radios y discos; conferencias públicas, diálogos y discusiones tienen lugar por millares y millares en nuestros países democráticos. Y la enseñanza impartida por el estado se duplica felizmente por cientos de obras de divulgación que permiten a Occidente por primera vez en la Historia tener una idea general de su propia Aventura: un sentido de la Historia, un sentimiento de descubrir el mundo,

la ciencia y la técnica, la política, las religiones.¹⁴ Esto equivale a decir que ya estamos acrecentando —como si estuviéramos en vísperas de un mañana en que hubiese tiempo para cantar— las ocasiones de comprender nuestras vidas mejor y de no comprender, también, las obras maestras... Y en cuanto a la calidad, creación o relativo carácter nocivo de esta invasión de cultura, nadie puede vaticinar nada. Me satisface decir que todo lleva a ello tanto para mejor como para peor. En otras palabras, todo conduce a una era religiosa.

En cuanto a la cultura, cuando todo está dicho y hecho, ella no es más que un prisma de difracción del sentido religioso, sobre aquellas actividades nuestras denominadas creadoras, desde la matemática pura a la alfarería y desde la metafísica hasta el mueble tallado. De este modo la técnica mañana nos hará retroceder, virtualmente como la ciencia, a las opciones religiosas. Y no puedo imaginar ninguna droga lo suficientemente fuerte para apartar al género humano de ellas.¹⁵

Sé muy bien que la vida religiosa más intensa ha significado desde hace mucho ascesis y renunciación, tanto en Occidente como en Oriente. (De hecho es —y debería serlo— especialmente un acceso a la verdad, y los medios que para ello se empleen carecen de importancia.) Por lo tanto, no es en modo alguno fácil ver a primera vista cómo una era técnica pueda conducir a religiones. La ascesis era en verdad un esfuerzo por oponer

resistencia a la técnica en su forma primitiva, así como el misticismo fue un movimiento en cuya virtud se iba más allá del dogma formulado o le llevaba la delantera; pero ambos se apoyaban en el objeto de su renunciación y dependían estrechamente de éste. La ascesis de mañana difícilmente podrá cobrar la forma de un retorno a la Naturaleza —al trabajo manual de Gandhi, por ejemplo—, puesto que la técnica será la que haga posible este retorno al dar lugar al ocio. Y en cuanto al misticismo, presupone por sobre todo un conocimiento exacto del dogma. "El misticismo en estado salvaje —para emplear la expresión de Claudel acuñada para describir el caso de Rimbaud— florece simplemente gracias a los dispersados reflejos del dogma y la liturgia en la cultura de que está impregnado. Por ello el conocimiento de los dogmas y de las opciones fundamentales de nuestras religiones serán en el futuro la primera condición de las herejías y gnosis que están destinadas a aparecer. De otro modo, ello no sería más que repetir lo antiguo, que no se desvaneció sin razón, o bien resucitar doctrinas cuyo estilo creador ha tenido su día.¹⁶ No digo que vayamos a anteceder a estos errores. Pero advierto que sobre un público hasta ahora del todo ignorante de este orden de realidades, la cultura está propagando cierta curiosidad que no ha de detenerse en modo alguno. La televisión y la radio entregan el mundo a domicilio, y los espectáculos solemnes organizados por el arte o los deportes están preparando tanto a las masas como al individuo para liturgias inesperadas. Las religiones de "diversión" —en el sentido pascaliano del término, que incluye, en este contexto, las grandes marchas totalitarias del pasado— por cierto que ganarán con ello. Y es asimismo de sobra sabido, por otro lado, que la pasión por lo oculto está creciendo constantemente en las ciudades, llenando rápidamente el vacío del espíritu dejado por el materialismo. De ahí el éxito sin precedentes de libros que ofrecen recetas para alcanzar la felicidad, sobre telepatía, erotismo, paz del espíritu, o entusiasmo del alma. Mañana serán válidas reglas "científicas" de yoga a la manera occidental.

Muchos espíritus superficiales imaginan que el hombre es

¹⁴ No hablo aquí de la televisión, que nos trae desde países lejanos, sin su olor ni su temperatura, sin el gusto de sus vinos ni la cualidad de su aire, "visiones" que, por eso mismo, son tanto más falsas-nuevas-verosímiles y, por lo tanto, sumamente peligrosas.

¹⁵ El jactancioso menosprecio de las cuestiones religiosas no será más que un rasgo transitorio de nuestra civilización occidental. La intelectualidad de Berlín, luego la de Nueva York, y luego parte de la de París suponían en el siglo XX que eran antirreligiosas o arrreligiosas, y por cierto que lo eran en gran medida. El superrealismo francés fue una señal de la primera rebelión contra la visión "racionalista" del mundo. De ahí su éxito en toda la superficie del planeta hasta el comienzo de la segunda guerra. André Breton jamás desistió de buscar un mundo más de "paganos" mundo y de la vida, para lo cual probó que tenía mucho más de un prolongado que J. P. Sartre, que se coloca en el plano de la moral en una prolongación de las exigencias existenciales de un ético protestante-liberal, sin que importe, por lo demás, qué índole de ateísmo sea el suyo. En la literatura occidental, un retorno a los problemas religiosos se intentó por primera vez en 1919 y desde entonces ha venido cobrando mayor impulso.

¹⁶ Nuestras sectas orientalistas me hacen pensar a veces en alguien que inventara una máquina para subir las escaleras en lugar de tomar el ascensor.

una especie de globo que sólo pide "elevarse" tan pronto como quede libre de los cuidados diarios. La prueba de que no es nada de eso consiste en que nuestros místicos más grandes vivieron en las peores condiciones físicas. La técnica nada puede hacer en favor del Espíritu, del mismo modo que la falta de bienestar nada ha podido contra él. Sólo digo que podemos entrar en una era donde las cuestiones religiosas serán *más serias* de lo que son hoy las "leyes" económicas y las cuestiones materiales, consecuencia todo ello de la política, el cine o el mismo arte.

En cuanto a saber si esto significará un avance o un nuevo azar, es este un punto que me lleva a considerar de nuevo el sentido y la naturaleza final del progreso.

Agricultura

EL ORIGEN DE LA AGRICULTURA EN EL NUEVO MUNDO

Todos los botánicos están de acuerdo en creer que el alto grado de civilización del Nuevo Mundo se alcanzó primero en relación con el cultivo del maíz (*Zea Mays*), que era el pan de cada día del indio americano en los tiempos precolombinos, y continúa siéndolo hoy día. Sin embargo, en lo que se refiere al lugar de origen del maíz en América, no existe esa unanimidad de opinión. Una escuela de investigadores cree que la agricultura se desarrolló en la América del Sur, en las tierras altas del Perú, mientras que otra sostiene que se desarrolló en algún lugar de Mesoamérica, tal vez en las tierras altas del occidente de Guatemala. Aunque estos sitios recientemente descubiertos en la costa occidental del Perú, muestran que el maíz fue introducido cuando otras plantas ya habían sido domesticadas, la importancia fundamental del maíz como alimento principal de los pueblos del Nuevo Mundo, hacen de su origen un factor de suma importancia en la reconstrucción de la historia de la civilización de América.

Las dos regiones consideradas al presente como lugar de origen del cultivo del maíz por los genetistas botánicos, son la cuesta oriental de los Andes y las tierras altas de Mesoamérica. Aunque todavía no lo sabemos a ciencia cierta, la fecha de su domesticación tampoco es segura, pero fechas recientes obtenidas por medio del radiocarbono, en el norte de México y en Nuevo México, indican que el maíz se cultivaba en Mesoamérica desde 2500 a. C.

LA AGRICULTURA MAYA DEL MAIZ

El sistema maya moderno de cultivar el maíz es el mismo que se ha practicado durante los últimos tres mil años o más, un sencillo procedimiento de derribar los árboles, quemarlos junto con la maleza, sembrar el grano y cambiar el sitio de las milpas

cada pocos años. Este es prácticamente el único sistema de agricultura que se emplea todavía en la región húmeda tropical de América y el único método al alcance de un pueblo primitivo que vive en un país densamente cubierto de bosque, pedregoso y de suelo poco profundo, como el del norte de la Península de Yucatán, donde no puede usarse el arado, y que carece de la ayuda de animales de tiro. ○○○

143

Este sistema es conocido con el nombre de agricultura de milpa, de la palabra azteca *milpa*, que significa maizal. Se le llamó así porque los españoles encontraron primero este sistema de cultivar el maíz en México, y desde el siglo XVI el uso de esta palabra para designar un campo de maíz se ha extendido a todas las demás partes de México y la América Central. La palabra usada por los mayas de Yucatán para designar el campo destinado a la siembra del maíz es *col*, y todas las lenguas de la familia maya tienen palabras semejantes para nombrarlo. Y es que, la siembra del maíz es la actividad individual más importante del hombre maya hoy día, como lo era en los tiempos más antiguos.

La agricultura de milpa, hasta donde podemos juzgar, no ha cambiado sustancialmente desde la Epoca Clásica y aun desde antes de ese período. En aquellos tiempos los principales instrumentos agrícolas, eran la vara de sembrar, puntiaguda, endurecida al fuego (*xul* en maya), el hacha de piedra (*baat* en maya) y la bolsa de fibra para llevar la semilla de maíz (*chim* en maya). Los instrumentos más importantes que en tiempos modernos se han agregado a los antiguos son el machete de acero, un cuchillo parecido de una hoja sencilla, de unos sesenta centímetros de largo, el hacha de acero y la punta de hierro que se ha adaptado a la vara de sembrar. Los instrumentos modernos de agricultura son inútiles en la región maya y sobre todo en el norte de Yucatán, donde el suelo es pedregoso y poco profundo.

En vista de que el maíz forma parte preponderante de la alimentación del maya moderno (del 75 al 85 por ciento de lo que come cada individuo maya es maíz en una u otra forma), se hace necesario comprender la agricultura de milpa maya y sus varias etapas.

La agricultura de milpa maya ha sido dividida en once etapas diferentes:

1. Localización del campo.
2. Derribo del bosque y maleza.

3. Quema del monte (roza).
4. Cercado del campo.
5. Siembra del campo.
6. Desyerba del campo.
7. Dobleamiento de las cañas.
8. Cosecha del maíz.
9. Almacenamiento del maíz.
10. Desgrane del maíz.
11. Conducción del maíz al pueblo.

1. Localización del campo

La selección de una parcela de terreno para el nuevo campo de maíz es un paso importantísimo. El milpero, trabajando solo, emplea por lo menos un día buscando la clase de tierra adecuada, guiándose para ello por la altura y espesor del bosque y de la maleza que crece en ella. Mientras más altos son los árboles y mayor la espesura, más rico es el terreno. Otro factor deseable es la proximidad del agua. Yucatán es tierra seca, con muy poca agua superficial, y el milpero procura localizar su campo de maíz lo más cerca posible de los cenotes o pozos de agua poco profunda. La distancia de la milpa al pueblo donde vive el agricultor es variable. En una inspección de cinco aldeas del norte de Yucatán se encontraron 162 plantaciones de maíz a una distancia que variaba entre 3 1/2 y 24 1/2 kilómetros del pueblo más cercano. La distancia media actualmente en el norte de Yucatán entre la casa y la milpa es de 5 1/2 kilómetros, pero se tiene noticia de un caso extremo de las tierras altas de Guatemala, en donde los indios de cierta aldea tienen que caminar hasta 80 kilómetros a fin de encontrar tierras adecuadas.

Una vez escogido el campo, el labriego lo divide en *mecates*, o cuadrados que miden 20 metros por lado, y forma montones de piedras como mojones, colocados en las esquinas de cada mecate. Para medir su terreno, el agricultor maya usa una cuerda que es un poco más larga que los 20 metros establecidos; estas cuerdas de medir son, en el norte de Yucatán, de 21.50 metros de largo. Los mayas dicen que los mecates tienen que ser un poco más largos, "por lo que se llevan los pájaros".

2. Derribo del bosque y maleza

El bosque se derriba actualmente con auxilio del hacha o

machete de acero. Cuando los árboles son muy grandes, se les hace una hendidura alrededor de tronco y se les deja morir. El milpero comienza a derribar el bosque poco después de la salida del sol y continúa en esta labor hasta las primeras horas de la tarde. Corrientemente se cortan dos mecates al día, lo que implica doce días y medio de trabajo para cortar una hectárea. Como las milpas en Yucatán constan de 100 a 125 mecates (de 4 a 5 hectáreas), se necesitan de cincuenta a sesenta días para cortar el bosque de un campo de extensión corriente. El bosque alto se corta generalmente en agosto, en lo más intenso de la estación de lluvias. Los árboles están llenos de humedad en esta época y son más fáciles de derribar. Primero se cortan los arbustos, bejucos y maleza, y después los árboles más elevados. Los árboles derribados y la maleza se juntan a veces en montones para facilitar la quema. Los campos que han sido sembrados ya un año no se talan hasta pocas semanas antes de la roza.

Esta etapa de la formación de la milpa ha de haber consumido más tiempo en la época antigua y debe haber sido más laboriosa que hoy. El desmonte de un campo de maíz se ha facilitado enormemente con la introducción del hacha y machete de acero. (Lámina 20).

3. *Quema del monte (roza)*

El monte talado se quema en marzo o abril, cuando los soles ardientes de febrero y marzo lo han secado por completo. Se pone fuego al campo en un día en que el viento sople con fuerza, a fin de hacer una buena roza. Para el efecto se usa una tea hecha de una rama con la punta raspada del árbol llamado *catzim*, y se enciende el fuego en diferentes lugares por el lado de donde sopla el viento. Se invoca a los dioses de los vientos silbando constantemente, porque nada es más perjudicial a una buena quema que la suspensión del viento antes que el monte se haya consumido por completo.

Hay prueba, tanto arqueológica como documental, que demuestra que el día en que debían quemarse los campos para la siembra del maíz era escogido por los sacerdotes con mucho cuidado. Por ejemplo, en Copán, hay dos monolitos, las Estelas 10 y 12, que se levantan en dos cadenas de cerros que rodean los extremos occidental y oriental del valle de Copán en este punto. Estos monolitos distan el uno del otro 6 1/2 kilómetros

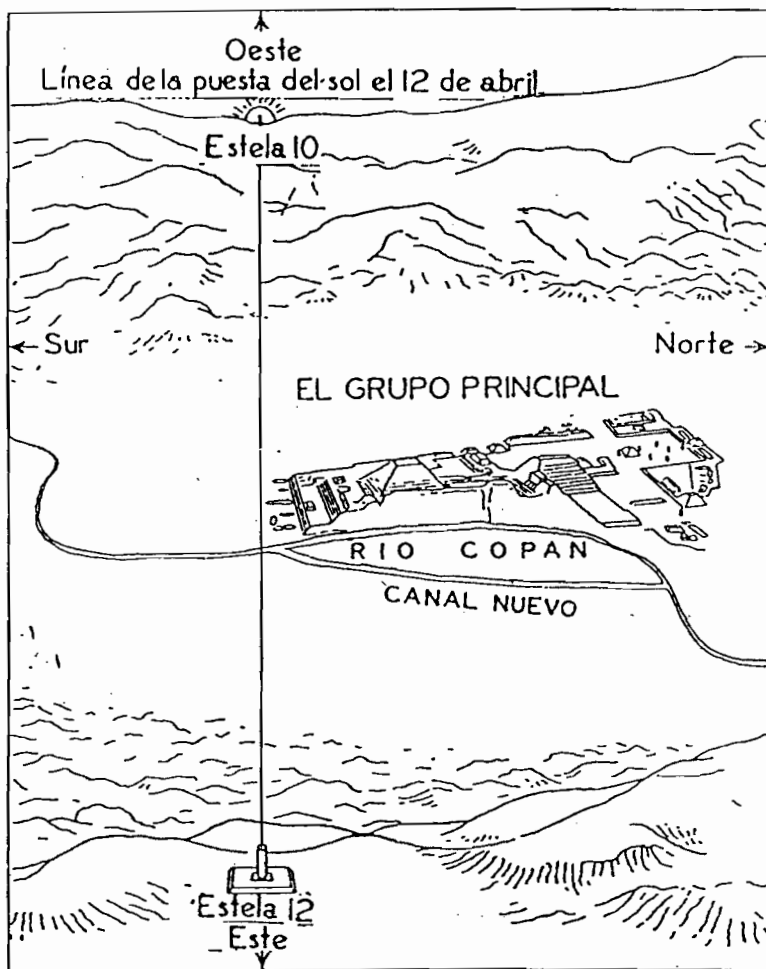


Fig. 4

El reloj de sol, compuesto de las Estelas 10 y 12, Copán, Honduras.

en línea recta, siendo el verdadero rumbo de la Estela 10, vista desde la Estela 12, N. 81°09'O. (Figura 4). Observándolo desde la Estela 12, se puede ver que el sol se pone directamente detrás de la Estela 10 el 12 de abril y el 7 de septiembre. Se ha sugerido que como el 12 de abril cae precisamente hacia la época en que se queman los campos en la región de Copán, ésta era la fecha escogida por los sacerdotes para dar principio a la quema de los campos. El objeto de erigir los monolitos en estas dos posiciones puede ser el de usarlos para dirigir cierta visual a

fin de determinar la fecha en que debían quemarse los campos de maíz.

Existe, además, prueba de fuente documental que indica que durante la Epoca Postclásica, el día destinado a quemar los campos era también de importancia ceremonial. En el *Códice Pérez* (post-conquista) se consignan los días del año sagrado que tratan especialmente del ritual perteneciente a la quema de los campos de maíz. En él se usan expresiones como las siguientes: "En este día el 'quemador' (*ah tooc* en maya) toma el fuego; en este día 'el quemador' comienza el fuego", etc.

Los fuegos de los campos de maíz no producen incendios en los bosques de Yucatán. El bosque y la maleza, aun en la estación seca, están demasiado verdes y no arden fácilmente. Es verdad que las llamas que corren hasta los árboles que quedan en pie matan a los de las orillas de las milpas, pero el fuego no penetra muy adentro del monte y se extingue paulatinamente. En la actualidad, existen leyes en México que obligan a abrir calles contra el fuego alrededor de los campos pero el labriego maya, en su campo alejado del pueblo o aldea más próximo, presta poca atención a estos reglamentos.

4. Cercado del campo

Esta operación no era necesaria en los tiempos antiguos, pues en aquella época los mayas no tenían animales domésticos, que son los que hacen necesario el cercado en la actualidad. Estas cercas son de carácter temporal, hechas de palos reunidos a la carrera, y duran solamente dos o tres años. Sin embargo, como casi nunca se siembran las milpas por más de dos años consecutivos, las cercas duran todo el tiempo que se las necesita.

5. Siembra del campo

La siembra se comienza inmediatamente después de las primeras lluvias, que todo indio maya cree que deben caer el 3 de mayo, día de la Santa Cruz, pero que puede ser cualquier tiempo entre abril y julio.

Hablando en general, la siembra de la milpa se termina corrientemente antes del último de mayo. Se necesitan dos días para desgranar el maíz suficiente para sembrar un campo de 4 o 5 hectáreas, y la siembra de una tierra de esta extensión requiere doce días de trabajo. Los mayas usan alrededor de 11 kilogra-

mos de semilla de maíz por hectárea, mientras que en los Estados Unidos se acostumbra usar alrededor de 9 kilogramos por hectárea. El maíz se siembra en hoyos hechos con la vara de sembrar de punta de hierro (Figura 5); los hoyos tienen de 9 a 13 centímetros de profundidad, y, hasta donde el terreno lo permite, se hacen siguiendo una línea más o menos recta y dejando entre cada uno una distancia de 1 metro 25 centímetros. En cada hoyo se echan de tres a seis granos, y dos o tres plantas crecen en él. En algunas ocasiones se siembran en el mismo hoyo, semillas de frijol y calabaza. Finalmente, se cierran los agujeros con el pie.

El Obispo Landa describía este mismo procedimiento hace cerca de cuatrocientos años:

Siembran en muchas partes, por si una faltare supla la otra. En labrar la tierra no hacen sino coger la basura y quemarla para después sembrarla; y desde medio enero hasta abril labran, y entonces, con las lluvias, siembran; lo cual hacen trayendo un taleguillo a cuevas y con un palo puntiagudo hacen agujero en tierra y ponen allí cinco o seis granos, lo cual con el mismo palo cubren. En lloviendo, espanto es cómo nace.

Como se ve, parece que hubo pocos cambios en el método seguido por los mayas para sembrar el maíz desde los tiempos antiguos.

6. *Desyerba del campo*

El número de veces que se desyerba un campo de maíz durante la estación del crecimiento de la milpa (mayo a septiembre) varía considerablemente. Una milpa nueva, hecha en monte alto, necesita sólo una limpia, la cual se hace cuando el maíz mide entre 50 y 75 centímetros. Sin embargo, una milpa sembrada el segundo año tiene que ser desyerbada con más frecuencia, dos y hasta tres veces antes de que madure el maíz. Cuando se piensa que toma más tiempo limpiar un mecate de monte bajo que derribar un mecate de monte alto, uno se pregunta por qué razón el maya moderno trata siempre de sembrar el mismo campo durante dos años consecutivos.

Una milpa sembrada el segundo año tiene más malas hierbas y enredaderas que el monte alto. Se debe esto principalmente al

método moderno de limpiar con el machete. En los tiempos antiguos la desyerba se hacía arrancando las plantas de raíz y la dispersión consiguiente de semillas se reducía al mínimo; pero hoy se cortan las malas hierbas de un machetazo, y las semillas se esparcen en todas direcciones. Esta diferencia puede tener grandísima importancia en su influencia sobre el período en que puede cultivarse con provecho un campo de maíz.

Cuando se arrancaban las hierbas de raíz, seguramente se eliminaba lo suficiente la competencia de las malas hierbas y las milpas podían cultivarse hasta cinco años, antes de que hubiera que abandonarlas. Actualmente, el rendimiento de una milpa de segundo año en Yucatán es de 10 a 20 por ciento menos que la cosecha del primer año.

Que la competencia de las malas hierbas, y no el agotamiento de la tierra, es la causa principal de este rendimiento decreciente, quedó demostrado en el campo experimental de la Institución Carnegie cerca de Chichén Itzá. Por espacio de diez años se tomaron muestras de la tierra de esta milpa después de levantada la cosecha, y al ser analizadas no presentaron una disminución apreciable de la cantidad necesaria de sales nitrogenadas, ni deterioro de la composición química del suelo, por lo menos en proporción suficiente para explicar la merma en el rendimiento anual. Por consiguiente, es probable que la competencia creciente de las malas hierbas, y no la disminución de la fertilidad de la tierra, sea la causa principal del rendimiento decreciente de las milpas mayas actuales.

7. Dobleamiento de las cañas

Cuando el maíz está maduro se doblan las cañas. Esta costumbre es general en toda Mesoamérica y se practica *después* que las mazorcas han madurado, en septiembre u octubre. Esta costumbre no se practica en los Estados Unidos en el cultivo del maíz. Los mayas poseen una clase de maíz que madura en dos meses y medio, otra que madura en cuatro meses y una tercera que madura en seis meses. El maíz crece muy alto en Yucatán, y alcanza por término medio 3 ó 4 metros. Las cañas se doblan cerca y abajo de las mazorcas. En esta postura se deja el maíz para que madure. Los mayas dicen que el objeto de doblegar las cañas del maíz es evitar que la lluvia penetre al interior de las mazorcas y las enmohezca.

8. Cosecha del maíz

Como un mes después del doblegamiento de las cañas, o sea en el mes de noviembre, el milpero maya comienza a levantar su cosecha, la cual llega a su mayor intensidad en enero y febrero y continúa durante marzo y abril, pues el maíz se va cosechando a medida que se necesita. Para deshojar la mazorca se usa una punta de madera, de hueso o de cuerno de venado, y durante esta operación preliminar solamente se separa la parte exterior. Un hombre puede cosechar una hectárea en siete u ocho días, y el rendimiento corriente es de 130 a 140 kilogramos de maíz desgranado por hectárea, o alrededor de 270 kilogramos en la mazorca por hectárea.

9. Almacenamiento del maíz

El sistema de almacenar el maíz varía según la región. En el nordeste de Yucatán se construyen graneros altos y rectangulares en las milpas; el maíz se almacena sin desgranar. El granero se hace de palos y el techo de palma, materiales que se encuentran en abundancia en los bosques inmediatos. Las mazorcas se almacenan verticalmente y tan juntas como sea posible. En el norte y centro de Yucatán las mazorcas se desgranar en la milpa y el maíz se lleva al pueblo, donde se le almacena en un cajón cilíndrico forrado de hojas de palmera.

El maíz se acaba de deshojar antes de hacer la nueva siembra en el mes de mayo.

10. Desgrane del maíz

El maíz puede desgranarse de varios modos: a) a mano; b) poniendo las mazorcas en una hamaca que puede contener de 10 a 15 cestas de mazorcas y aporreando enérgicamente la hamaca con un palo, con lo cual los granos caen al suelo por entre las mallas de la misma, y c) colocando las mazorcas en un bastidor de palos y aporreándolas con palos largos para que el grano caiga al suelo como en el segundo método. El desgrane se hace comúnmente por la noche, porque se cree que el cascabillo causa menos irritación de noche que de día. Por último se almacena el maíz en sacos de henequén que contienen dos cargas, o sean 86 kilogramos y medio cada uno.

11. *Conducción del maíz al pueblo*

El maíz es conducido de la milpa al pueblo a espaldas de los hombres o en acémilas o donde hay carreteras en camiones. Un hombre puede llevar una carga (43 1/4 kilogramos) y un caballo dos. A medida que aumenta el número de carreteras, el transporte a lomo de hombre y de caballo va desapareciendo gradualmente de la escena.

EL RENDIMIENTO DEL MAÍZ

Las operaciones descritas anteriormente son las etapas recorridas en la actualidad en el cultivo del maíz en Yucatán, exceptuando el cercado de la milpa y la conducción del maíz al pueblo, en lo que atañe a animales de tiro y camiones, son las mismas que recorrían los antiguos mayas.

Las dimensiones de las milpas en el área de Chichén Itzá, en el nordeste de Yucatán, son de 4 a 5 hectáreas. Este cálculo está basado en una inspección de 638 milpas que fueron sembradas en un período de cinco años en tres aldeas cerca de Chichén Itzá.

En el norte de Yucatán no se siembra el mismo campo de maíz por más de dos años consecutivos. El tercer año se escoge otro para la nueva milpa, y el terreno usado anteriormente se deja en barbecho durante diez años hasta que se llena nuevamente de suficiente bosque y maleza que compensen el trabajo de volverlo a desmontar. Si el terreno mide 5 hectáreas por término medio, y cada terreno se siembra de maíz sólo dos años y luego tiene que quedarse en barbecho durante otros diez, se necesitarán 30 hectáreas de tierra para mantener a una familia corriente de manera permanente. Es decir, que para mantener a una aldea de 500 habitantes (100 familias), se necesitan 3,000 hectáreas o alrededor de 65 caballerías. En las tierras altas de Guatemala, en regiones boscosas, en donde sólo ocasionalmente se encuentran algunos valles fértiles, se necesitan de 40 a 80 hectáreas para mantener a una familia indígena corriente, y en zonas parcialmente desprovistas de vegetación o empobrecidas se necesitan 200 y hasta 400 hectáreas para mantener a una familia ordinaria de manera permanente.

La costumbre general en Yucatán es sembrar de nuevo de 2 a 2 1/2 hectáreas de maíz el primer año y derribar otras 2 o 2 1/2

hectáreas de bosque para hacer una nueva milpa, aumentando la superficie cultivada a 4 o 5 hectáreas cada año. Rara vez se siembran las tierras tres años seguidos. La experiencia ha demostrado que el rendimiento de una milpa el tercer año es menos de la mitad de una milpa nueva y, además, el tercer año las cercas de palos están en tan mal estado que ofrecen poca o ninguna protección contra el ganado.

El rendimiento de una milpa, en el primer año, en la región de Chichén Itzá, es por término medio de cerca de $1\frac{2}{3}$ cargas por mecate; o sea alrededor de 18 kilogramos de maíz por hectárea. Aunque los mayas dicen que la cosecha del segundo año equivale únicamente a la mitad de la cosecha del primer año, cifras dignas de crédito demuestran que la merma en la cosecha del segundo año es a lo más de 20 por ciento de la cosecha del primero.

Sin embargo, si se siembra continuamente una milpa año tras año, produce menos y menos maíz. Una milpa experimental cerca de Chichén Itzá, que se sembró durante ocho años consecutivos (1933-1940), dio los resultados que se indican a continuación:

<i>Año</i>	<i>Rendimiento por hectárea</i>		
Desyerba con machete			
1933	805	kilogramos	por hectárea
1934	692	"	" "
1935	407	"	" "
1936	170	"	" "
Desyerba a mano			
1937	850	"	" "
1938	375	"	" "
1939	522	"	" "
1940	6	"	" "

Durante los primeros cuatro años el rendimiento anual del maíz disminuyó rápidamente bajo el método moderno de desyerba. El quinto año se hizo la limpia de la milpa experimental por el método antiguo, arrancando completamente las malas hierbas. Por este método más minucioso de desyerba se obtuvo un rendimiento ligeramente mayor que el de la cosecha del primer año, pero se perdió más de la mitad al año siguiente (el sexto año). Se volvió a ganar el séptimo año y se redujo casi a cero al

octavo año, a consecuencia de una plaga de langosta que comenzó en 1940.

Estas cifras revelan que empleando el antiguo método de desyerba, se prolongó la vida del campo a tal vez siete u ocho años, antes de que fuera abandonado. Si la milpa maya antigua se cultivaba continuamente cuatro veces más que la moderna, se habría necesitado solamente la mitad de la tierra que ha menester la familia moderna, para mantener a una familia permanentemente.

Es posible entonces, que antiguamente la tierra haya producido el doble de su rendimiento actual, permitiendo así el doble de población en las tierras bajas. Sin embargo, lo que limita el uso indefinido de un terreno desyerbado a mano es la invasión de la hierba. En la milpa experimental de la Institución Carnegie en los últimos tres o cuatro años que se sembró, la hierba invadió por todas partes el terreno, hasta que éste quedó cubierto por una espesa capa de grama, a través de la cual ni las malas hierbas podían abrirse camino.

En general, los mayas de la zona de Chichén Itza esperan recoger de una a una y media cargas de maíz desgranado por mecate, o sea de 45 a 65 kilogramos, o de 1,125 a 1,625 kilogramos por hectárea. Hay que advertir, sin embargo, que Chichén Itzá es una de las regiones que producen más maíz en el norte de la península.

Un término medio más exacto en el norte de la península tomado en conjunto sería probablemente de no más de una carga por mecate, o sean veinticinco cargas por hectárea, o 1,125 kilogramos por hectárea. Con fundamento en una inspección de cierto número de aldeas en el norte de Yucatán, puede decirse que las regiones productoras de maíz rinden de 10 a 12 cargas por persona, o sea de 432 a 520 kilogramos por individuo al año.

La inspección agrícola de Yucatán llevada a cabo por el doctor Morris Steggerda, perteneciente anteriormente a la Institución Carnegie de Washington, ha revelado otro hecho de significación histórica. Suponiendo que su terreno sea del tamaño corriente en el norte de Yucatán, o sea de 100 mecates o 4 hectáreas, el milpero maya trabaja solamente ciento noventa días al año, sobrándole ciento setenta y cinco días más para otras actividades independientes de la producción del maíz, base de su alimentación. Pero esto no es todo; durante los ciento noventa días empleados en trabajar en la milpa, el agricultor maya

cosecha más del doble de la cantidad de maíz que él y su familia consumen, y cría algo de ganado, uso que desconocía antes de la conquista española.

La familia maya corriente se compone de cinco personas. Esta cifra está basada en una inspección de 265 hogares, distribuidos entre cuatro aldeas indígenas en el norte de Yucatán. Se encontró que el término medio de consumo de maíz por individuo es de tres quintos de un kilogramo, y para la familia corriente de cinco personas, de 3 kilogramos diarios. Pero al revés de sus antepasados, el maya moderno mantiene unos cuantos animales domésticos y gasta en alimentar a sus animales 1 1/2 kilogramos más al día, lo cual hace subir el consumo diario de maíz para él, su familia y sus animales, a 4 1/2 kilogramos, o sea un total de 1,642 kilogramos al año. Pero como un campo ordinario de maíz es de 4 a 5 hectáreas produce 5,250 kilogramos de maíz, desgranado al año, queda un sobrante de 3,600 kilogramos al año. Este sobrante, convertido en dinero, sirve para comprar los efectos y artículos menores de lujo que la familia maya no puede producir. Las necesidades de estas gentes son sencillas y el maíz sobrante proporciona, por lo general, los fondos suficientes para satisfacerlas.

Sin embargo, si el agricultor maya y su mujer se contentan con prescindir de estos artículos extras del comercio, y si aquél mantiene únicamente unos cuantos cerdos y gallinas, puede producir suficiente maíz para su familia y sus animales en sólo setenta y seis días de trabajo; y si no tiene ninguna clase de animales, puede cosechar suficiente maíz para sí y para su familia en cuarenta y ocho días. En resumen, tiene entre doscientos noventa y tres y trescientos diecisiete días al año, que puede dedicar a otras actividades independientes del cultivo de su alimento principal.

Este era el tiempo sobrante, más o menos nueve o diez meses, durante el cual se construyeron los centros ceremoniales mayas antiguos, y los meses durante los cuales se levantaron en el período colonial español las iglesias y otros edificios públicos, y durante los cuales se han cultivado los campos de henequén del norte de Yucatán. Teniendo tanto tiempo libre, el indio maya, durante los últimos dos mil años, ha sido explotado primero por sus caciques y sacerdotes indígenas, luego por los colonizadores españoles, y más recientemente por empresas particulares en los campos de henequén.

OTRAS PLANTAS COMESTIBLES Y UTILES,
CULTIVADAS Y SILVESTRES

El frijol (*búul* en maya) es el fruto alimenticio que viene después del maíz en la agricultura maya y, frecuentemente, se siembra en los mismos hoyos del maíz y crece alrededor de las cañas de éste. Hay dos variedades de este grano, el pequeño frijol negro y el frijol colorado, siendo el primero el favorito de la gran mayoría de la población. Además de sembrarlo junto con el maíz, se le cultiva también por separado; en los tiempos antiguos gran parte de las proteínas de la alimentación maya provenían del frijol.

Se cultivan numerosas variedades de calabazas, a veces en la milpa, junto también con el maíz. Se cultivan, además, la batata, el tomate y la yuca o cazabe. Otras plantas alimenticias comunes de los mayas son: el *chayote* o *güisquil*, una planta herbácea trepadora que da un fruto tierno algo parecido a la calabaza de verano; la *chaya*, cuyas hojas se hierven y sirven como legumbre; la *jícama*, una raíz parecida al nabo, y que se come cruda; y muchas frutas, el mamey dulce y de carne roja que crece silvestre en la Península de Yucatán; el aguacate, elemento rico e importante en la cocina maya; el chico-zapote, un árbol de cuya savia se hace la goma de mascar y cuya madera se usaba para dinteles de los templos; la papaya, varias especies de anona, marañón, guayaba, *siricote* (*Cordia dodecandra*), nance, naranja, plátano, granadilla y muchas otras.

El ramón (*ox* en maya, *Brosimum alicastrum*) es otro árbol que crece en la Península de Yucatán y es muy común en el monte alto que rodea las ruinas de las poblaciones antiguas, lo mismo que el chico-zapote. La abundancia del ramón y el chico-zapote en los lugares vecinos a los antiguos centros de población maya es una fuerte indicación de que los mayas antiguos sembraron estas dos clases de árboles en la vecindad de sus pueblos, como lo hacen todavía sus descendientes. Las hojas del ramón son el forraje principal de las mulas y caballos de la Península de Yucatán. La corteza del fruto es dulce y comestible, y las semillas hervidas se comen también como legumbre o en forma de harina, moliéndolas cuando están secas.

Entre las plantas que se cultivan para dar sazón y aroma a la comida figuran el chile o ají, la vainilla, la pimienta de Tabasco, el orégano, el epazote (*Chenopodium*), el culantro o cilantro (*Coriander*) y otras hierbas, hojas y raíces. Se cultiva un número

OTRAS PLANTAS COMESTIBLES Y UTILES,
CULTIVADAS Y SILVESTRES

El frijol (*búul* en maya) es el fruto alimenticio que viene después del maíz en la agricultura maya y, frecuentemente, se siembra en los mismos hoyos del maíz y crece alrededor de las cañas de éste. Hay dos variedades de este grano, el pequeño frijol negro y el frijol colorado, siendo el primero el favorito de la gran mayoría de la población. Además de sembrarlo junto con el maíz, se le cultiva también por separado; en los tiempos antiguos gran parte de las proteínas de la alimentación maya provenían del frijol.

Se cultivan numerosas variedades de calabazas, a veces en la milpa, junto también con el maíz. Se cultivan, además, la batata, el tomate y la yuca o cazabe. Otras plantas alimenticias comunes de los mayas son: el *chayote* o *güisquil*, una planta herbácea trepadora que da un fruto tierno algo parecido a la calabaza de verano; la *chaya*, cuyas hojas se hierven y sirven como legumbre; la *jicama*, una raíz parecida al nabo, y que se come cruda; y muchas frutas, el mamey dulce y de carne roja que crece silvestre en la Península de Yucatán; el aguacate, elemento rico e importante en la cocina maya; el chico-zapote, un árbol de cuya savia se hace la goma de mascar y cuya madera se usaba para dinteles de los templos; la papaya, varias especies de anona, marañón, guayaba, *siricote* (*Cordia dodecandra*), nance, naranja, plátano, granadilla y muchas otras.

El ramón (*ox* en maya, *Brosimum alicastrum*) es otro árbol que crece en la Península de Yucatán y es muy común en el monte alto que rodea las ruinas de las poblaciones antiguas, lo mismo que el chico-zapote. La abundancia del ramón y el chico-zapote en los lugares vecinos a los antiguos centros de población maya es una fuerte indicación de que los mayas antiguos sembraron estas dos clases de árboles en la vecindad de sus pueblos, como lo hacen todavía sus descendientes. Las hojas del ramón son el forraje principal de las mulas y caballos de la Península de Yucatán. La corteza del fruto es dulce y comestible, y las semillas hervidas se comen también como legumbre o en forma de harina, moliéndolas cuando están secas.

Entre las plantas que se cultivan para dar sazón y aroma a la comida figuran el chile o ají, la vainilla, la pimienta de Tabasco, el orégano, el epazote (*Chenopodium*), el culantro o cilantro (*Coriander*) y otras hierbas, hojas y raíces. Se cultiva un número

considerable de plantas por la fibra que producen. Aunque los mayas actuales compran las telas de algodón hechas en máquina, éste es un hecho reciente, pues anteriormente se cultivaba el algodón en gran escala y la mayor parte de los vestidos mayas eran fabricados casi en absoluto de tejidos hechos a mano. Otra fibra importante es el henequén o sisal, que constituye casi el único producto de exportación de Yucatán. La fibra de la palmera *bayal* se usa en la fabricación de cestas, y las hojas jóvenes de la palmera llamada *guano* se emplean para hacer sombreros y esteras.

Los colores usados por los mayas son en su mayor parte de origen vegetal. El árbol de bija, conocido localmente con el nombre de achiote, se cultiva por su fruto, del cual se extrae una sustancia roja anaranjada que se usa mucho en la cocina para sazonar. El palo de tinte es común en los pantanos de la parte central de la península, y antes de la invención de las anilinas se exportaba en grandes cantidades. El palo de mora (o fustete) suministra la corteza y madera que dan el color amarillo-pardo y también el color verde.

Los bosques de Yucatán suministran en gran abundancia todas las materias primas requeridas para las casas de paja de la gente del pueblo: chico-zapote para las vigas y horcones de las casas; caoba y cedro tropical para las puertas, ventanas y marcos; hojas de palmera de *guano* y corozo para el techo. De los bosques utilizaban gran cantidad de bejucos que se usan para atar la armazón de madera de la casa, en lugar de los clavos, que ni actualmente se usan para hacer la casa maya techada de paja.

Otras plantas y árboles útiles, no comestibles son, la calabaza o jícaro cuyos frutos se usan para el agua y llevar los alimentos, el tabaco, el hule o goma elástica, el árbol de copal y el del palo mulato, la resina de los cuales se usa como incienso, el pino de ocote para teas, el jaboncillo, cuyos frutos dan una pulpa jabonosa que limpia, el árbol de *lignum vitae*, cuya madera se usa para hacer los recipientes en que se prepara el chocolate y, el *mahá* que suministra la madera de que se hacen los molinillos para batir dicha bebida.

La Península de Yucatán proporciona todo lo que la manera de vivir de los antiguos mayas requería: piedra, cal y cascajo para sus edificios religiosos, madera y techo para las casas de la gente del pueblo, una flora variada y excesivamente rica que suministra toda clase de alimentos vegetales, condimentos, utensilios de cocina, medicinas, fibras para los tejidos y cestería. Una selva poblada de caza de todo género, de la cual se aprovechan principalmente el jaguar y el venado, de cuyas pieles se hacían capas y sandalias para los caciques y sacerdotes e innumerables aves de bellissimo plumaje.

Pero en medio de toda esta abundancia, el don más preciado de la naturaleza era el maíz, sin el cual los mayas jamás habrían podido desarrollar su notabilísima cultura, la civilización indígena más brillante del Nuevo Mundo.

La enseñanza de la ciencia: ¿mito o realidad?

«Para nada sirve correr,
hay que salir puntual».

LA FONTAINE

EL MITO DEL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Después de muchos siglos, la investigación científica ha conquistado áreas que hasta nuestros días le eran desconocidas. Sin embargo, la victoria de la razón y de la ciencia sobre la creencia no es en absoluto completa: la ciencia, lejos de conseguir la muerte de las creencias —continuamente resurgen en la vida cotidiana—, a su vez ha engendrado otras, que crean sus propios mitos.

Por ejemplo, ¿cómo se explica que el espíritu experimental esté en nuestra sociedad tan poco extendido y tan escasamente afianzado? ¿Cómo se explica que la enseñanza de las ciencias sea casi siempre una pérdida de tiempo?

La actual enseñanza de la ciencia es insatisfactoria; así lo atestiguan los numerosos proyectos de renovación, realizados tanto en Francia como en otros países. Conviene señalar que en nuestra sociedad el espíritu científico es simplemente un buen deseo. Nuestros alumnos salen del bachillerato con una idea deformada y poco estimulante de la ciencia, tienen una imagen estereotipada, vaga. Almacenan en la memoria un cúmulo de hechos sin perspectiva, una serie de recetas y de fórmulas adquiridas por mecanismos repetitivos. ¿Y qué es de ese sesenta por ciento que no estudia más que el bachillerato? ¿Qué parte del saber aprendido les va a ser realmente útil para el dominio de su entorno natural y social?

Es hora de proclamar que la enseñanza de la ciencia no

*ciencia vs creencia
física vs metafísica*

Giordan, André. "La enseñanza de la ciencia: ¿mito o realidad?" en La enseñanza de las ciencias. Siglo XXI de España, Madrid, 1985. pp.19-29.

cumple la función que pretendía cumplir y que debería ser la suya. ¿Cómo se pretende formar el pensamiento científico con métodos repetitivos o imitativos donde se hace del alumno un simple ejecutor o un espectador, por no decir un simple creyente? ¿Cómo podemos pretender formar el pensamiento científico cuando nosotros, profesores de ciencias, nos contentamos con repetir un saber sin plantearnos la más mínima pregunta?

Es el momento de preguntarnos cómo hemos llegado hasta aquí. ¿Esta enseñanza no es acaso estereotipada a causa del papel que se le ha asignado: fabricar un gran número de técnicos que posean los conocimientos científicos indispensables para ser sólo productores y consumidores?

Desde hace mucho tiempo, la enseñanza científica ha sido cuestionada; y, en una época todavía reciente, Langvin declaró: «Nuestra ciencia está realmente en la infancia aunque sea vigorosa, se la disfraza de anciano: sus balbuceos inspiran similitud en lugar de la alegría que la juventud propaga a su alrededor en sus esfuerzos anhelantes.»

¿Por qué la ciencia se enseña de forma repetitiva, olvidando su estructura, es decir, todo lo que la hace interesante? Porque la ciencia es ante todo una ventana abierta a lo que nos rodea. Es también una actitud de crítica metódica donde se unen creación y comunicaciones múltiples. Exige una actitud: el enfoque científico permite conocer por uno mismo más que por lo que nos muestra una autoridad.

Varias causas son sin duda el origen de las desviaciones actuales, pero el problema estriba en la *transmisión del saber científico y su papel* en una sociedad. Toda educación influye en la cultura, así como en la sociedad. ¿Se puede, entonces, no estar preocupado por los efectos sociopolíticos de una ciencia que no se sabe transmitir? Por no poner más que algunos ejemplos:

- ¿Una experiencia realizada en clase es lo mismo que cuando se hace en el laboratorio?
- ¿El concepto de evolución tiene valor de investigación para un alumno que se encuentra en situación de asistencia pasiva?
- Un conocimiento científico que se imparte a las ocho y cuarto en clase o a la hora de la comida con la TV puesta, ¿conserva todavía su valor al nivel de la investigación científica?

¿Cómo evitar que los conocimientos sean deformados hasta el punto de perder todo el interés que podría tener

el alumno... Tal es el problema planteado por el espíritu dogmático de los métodos actuales. Por supuesto, es necesario esforzarse por transmitir la ciencia, pero, ¿puede ser transmitida verbalmente como una simple historia? El relato de una experiencia, donde el alumno se limita al papel de manipulador (ejecutante), ¿es una experiencia científica? Y sobre todo, ¿puede aportarle algo?

Cada día aumenta el desfase entre la ciencia que se hace y la ciencia que se transmite, hasta el punto que actualmente la información científica (enseñanza, divulgación) que se ofrece al 97% de los futuros no científicos, oscila entre la conferencia-espectáculo y la justificación pseudo-científica de los mitos de moda.

Nos encontramos con contradicciones que algunas personas consideran técnicas y a las que dan soluciones técnicas. De hecho, las soluciones son, ante todo, institucionales. Transmitiendo al alumno sólo doctrinas científicas bloqueadas, fosilizadas, ¿no cerramos sus posibilidades?

El procedimiento pedagógico, que consiste en transmitir un objeto carente de todo su sentido, ¿no muestra la función que las sociedades actuales asignan a la pedagogía? ¿No será la enseñanza científica, al igual que otras, más que una operación de socialización conducente a *reforzar el orden social existente?*

¿Por qué se intenta interesar a los alumnos en las ciencias, sin verificar previamente si *estos mismos alumnos van a adquirir la competencia científica?* Una encuesta entre alumnos del segundo ciclo nos ha mostrado que la mayoría de ellos reciben sólo el aura de la ciencia: un aura de eficacia absoluta, teñida de inaccesibilidad y de asombro. Cuando damos formación científica, ¿nos limitamos simplemente a crear un mito? Responderé lo que me dijeron los alumnos de Primero: «La ciencia, es seria, porque no entiendo nunca nada, aparte de fórmulas, pero me la creo». La mayor parte de los alumnos ¿no se ven abocados a contentarse con metáforas o analogías vagas y a apoyarse en «los que saben», mediante un atracción que les supera, donde se cultiva el deseo por lo anecdótico y el hecho aséptico? Las consecuencias de este engaño son graves. Favorece el desarrollo de la irracionalidad y permite el secuestro del saber y por ende del poder.

Favorece el desarrollo de la irracionalidad. En efecto, esta imagen de lo maravilloso —de eficacia a toda prueba— refleja mal la realidad. Sobre todo cuando se ha buscado demasiado superponer ciencia y progreso. La ciencia tiene sus propios límites: cada conocimiento científico sólo es válido en un campo determinado, no es más

que un tiempo de acercamiento a la realidad en campos limitados. Mal preparado para reconocer, el alumno se refugia en la irracionalidad. Además, la educación científica actual es una enseñanza en la que muy raramente se intenta desarrollar el espíritu crítico. Es una enseñanza donde se obliga a creer: se enseña por ejemplo, la teoría de la Evolución como si fuera el catecismo.

Permite el secuestro del saber, porque el mito crea autoridad. Estableciendo la ecuación «ciencia=seriedad, ciencia=autoridad de especialistas», se llega a la justificación de la tecnocracia: las decisiones políticas y económicas deben ser tomadas por las gentes consideradas competentes y basarse en argumentos «científicos». Desgraciadamente demasiado a menudo se recurre a un vocabulario que «es serio», como se trabaja en la publicación para vender leñas con enzimas o zumos de frutas en conservas vitaminadas. Desgraciadamente, las palabras «serias» sólo se usan para enmascarar los verdaderos problemas, y las personas «competentes» sólo existen para evitar que otros hombres les arrebatan el cargo. Así, se construye una jerarquización social del saber científico, creando una serie de barreras estáticas entre la élite tecnócrata que organiza el trabajo en nombre de la competencia científica y los demás: éstos, en nombre del mito científico así creado, son simples ejecutores o simples consumidores.

No desarrollaremos estos puntos más profundamente, pero es en este contexto en el que debe hacerse una reflexión sobre la enseñanza de la ciencia y debe basarse sobre los puntos siguientes:

- ¿qué saber hay que transmitir en el contexto sociocultural actual?
- ¿cómo transmitirlo para que conserve su interés como investigación?

El desarrollo de la ciencia y su amplia difusión permitiría esperar la expansión del individuo en el seno de una sociedad cada vez menos represiva. Ahora bien, actualmente, los científicos se ven abocados a plantearse estas preguntas: el desarrollo de la ciencia y sus modos de transmisión parecen más bien dirigidos hacia un objetivo opuesto. La ciencia-institución sirve cada vez más a los intereses que favorecen una doble dominación:

- una dominación tecnológica establecida sobre un reparto y un provecho desiguales del desarrollo científico,
- una dominación tecnocrática debida a una jerarquización del saber científico.

En este libro nos proponemos analizar y criticar los aspectos concernientes al segundo punto: el modo de transmitir la ciencia. Como toda refutación del sistema, esta

crítica puede convertirse muy rápidamente en vehículo de estibización y conformismo y corre el riesgo de reforzar las estructuras que la permiten, pero, conscientes de esta contradicción, intentamos, a pesar de todo, este análisis crítico porque, en el momento actual, la ciencia parece el conocimiento humano que más fácilmente puede llevarnos hacia la liberación. Quien, sorteando algunas de estas dificultades podremos esperar la realización de un pequeño avance (1).

Intentaremos analizar estas dificultades y sus orígenes, en el cuadro de los tres componentes de la relación pedagógica:

- el alumno: niño o adolescente;
- la ciencia;
- la institución (con su proyecto educativo) en la cual se sitúa la relación alumno-ciencia.

Efectivamente, el elemento importante del proceso educativo no es la ciencia que se trata de impartir sino la relación entre el alumno y la disciplina científica: permitir al niño o al adolescente apropiarse, construyéndolas, de las herramientas que le permitan dominar su cuerpo y su medio natural y social.

¿PUEDE LA INVESTIGACION PEDAGOGICA CUMPLIR UN PAPEL?

¿Se puede reformar un sistema educativo? Por supuesto que la innovación necesita medios, pero, ¿qué es lo que hay que cambiar? Las innovaciones y las reformas educativas se basan, casi siempre, en un cambio de enfoque de la disciplina misma y, aún con más frecuencia, debido a razones externas. Esto es insuficiente, pero no omitamos, sin embargo, la dificultad que encontraremos para poner en su lugar una pedagogía heurística de las ciencias; lo que se trata de derribar es sobre todo una actitud, lo que es preciso inventar es un sistema distinto de formación de profesores.

Tres parámetros merecen ser discutidos de entrada:

- 1) La relación del alumno con el saber y los instrumentos sobre los que se puede apoyar para apropiarse del saber.
- Si se analizan las dificultades actuales, se da una cuenta de que son el resultado de una actividad mal encaminada, que no ha tenido en cuenta las relaciones que intervienen, o que provienen de no haber respondido a los problemas planteados.

- 2) La estructura epistemológica e institucional del saber, en lo que se refiere al interés relativo de los conceptos entre sí y de éstos con los objetivos planteados.

3) Las condiciones o las situaciones... que favorecen la adquisición del saber, así como los tipos deseables de intervención del profesor.

Es fácil observar que se sabe muy poco de cosas tales como la *forma* en la que el alumno aprende en la *situación real de clase*, frente al maestro que sigue su propio camino.

Un estudio más profundo de los procesos de aprendizaje, de las representaciones y de los obstáculos ¿no permitirá al profesor ayudar mejor al alumno a progresar en su búsqueda? Más que establecer un catálogo, interesaría desarrollar entre los profesores cierta aptitud para captar estos aspectos.

Se sabe igualmente poco sobre la forma en que el alumno -no ya ante un ejercicio escolar sino frente a un problema de la vida cotidiana- es capaz de formularlo y, llegado el caso, descubrir entre las nociones que ha adquirido aquellas que le permitan encontrar mejor la solución.

Por otra parte, una reforma de los programas está a la orden del día, pero esto no permitirá una verdadera renovación de los contenidos si se limita sobre todo a las nociones anecdóticas, arbitrariamente separadas de los objetivos perseguidos y a las actitudes que corran el riesgo de quedarse en simples intenciones. Falta un método de trabajo y principios directrices que permitan:

- la comunicación objetiva de proposiciones, su análisis y el establecimiento de prioridades;
- la definición de estructuras de base;
- la formulación de conceptos para los alumnos de una edad determinada.

Además de investigaciones necesarias.

Todo esto no puede hacerse de una forma empírica; es necesario disponer de equipos de investigaciones interdisciplinarias, compuestos por personas vinculadas tanto a la práctica como a la teoría porque tales cuestiones no pueden ser tratadas sólo con relación a la práctica y necesitan metodologías científicas avanzadas en las más diversas ramas (psicología, epistemología, análisis institucional).

No convendría caer, sin embargo, en el exceso contrario: la investigación pedagógica, en el estado prehistórico en el que se encuentra actualmente, no puede permitirse el lujo de una investigación sofisticada haciéndose ilusiones con, un aparato matemático impuesto o estudiando al niño de una manera aislada. Debe más bien hacer un tipo de investigación-acción y encaminarse no a una nueva verdad pedagógica sino a un nuevo tipo de formación de

profesores y de alumnos, una formación pero con un espíritu de investigación.

Es preciso, pues, desarrollar metodologías e instrumentos de análisis de la clase suscitando entre los profesores un movimiento de reflexión que transforme nuestra confusión actual en toma de conciencia de lo que sucede en clase. Es preciso desarrollar también condiciones de trabajo (superando el simple aspecto material) que permitan a cada profesor practicar su propia investigación en el seno de un equipo educativo.

Estos son los problemas que nos hemos propuesto estudiar en la investigación INRP Sciences, animada por Victor Host. Sin embargo, esta investigación ha contado en primer lugar con condiciones «privilegiadas de la clase» (puesta en común y comunicación, formalización del trabajo en grupo, búsqueda de las mejores actitudes del profesor, arquitectura y clima de la clase), condiciones que, mucho más que el simple discurso expositivo del profesor, favorecen el acceso al método científico (2).

OBSERVACIONES

Para intentar responder a las inquietudes que sienten frecuentemente los profesores ante la enseñanza científica actual -sin caer en el empirismo y la subjetividad que caracterizan con demasiada frecuencia las innovaciones pedagógicas actuales- me ha parecido necesario proceder así: el punto de partida se sitúa en la práctica cotidiana y las dificultades que se presentan se analizan a lo largo de las sesiones de discusión (donde se encuentran los profesores de la misma disciplina o de disciplinas distintas), y después se procede a una consulta con especialistas de disciplinas fundamentales. Esto nos ha llevado a formular hipótesis de investigación y después a traducirlas a la práctica, es decir, a imaginar otras formas de pedagogía, y luego a analizar su valor y por retroacción a matizar o a cambiar las hipótesis.

Haciendo esto, he intentado favorecer al principio para los alumnos jóvenes una *práctica precientífica*, es decir, un comportamiento sensible cara a cara con su entorno y su cuerpo. Desde esta perspectiva, el alumno intenta descubrir e interpretar la naturaleza a partir de sí mismo; aprende a replantearse su opinión inmediata y sobre todo a justificar objetivamente este cambio.

Tal actitud, ¿puede ser ofrecida al alumno, no debe más bien conseguirla por sí mismo?

Haciendo esto, he intentado objetivar la situación en clase, la actitud del alumno frente al saber, y llegar así a

un mejor conocimiento del niño e. el proceso de aprendizaje. Por esto, ha sido preciso definir los índices que indican el desarrollo de una perspectiva científica, así como los hitos que señalan su progreso. Ha habido que construir instrumentos -esquemas de análisis- para intentar determinar las representaciones de los alumnos, sus modos de pensamiento y su aproximación al saber científico y, sobre todo, sus dificultades. Estos análisis han sido hechos en función de situaciones pedagógicas o de intervenciones propuestas por el profesor: el objetivo es siempre orientar las decisiones prácticas que determinan las elecciones en materia de educación (3).

No se trata de rentabilizar el sistema, es decir, de enseñar más, sino de educar mejor, aburriendo menos. Se trata de la relación del alumno con el poder y de la relación docente-discente.

No soy no directivo. Intento intervenir *sobre y según los progresos de los alumnos*. Pero, antes de enterrar este método, rindámosle homenaje porque ha puesto en evidencia un cierto número de problemas reales ocultos por la pedagogía clásica.

Al término de esta investigación quiero expresar mi agradecimiento a mis alumnos de Niza, Villeneuve-la-Garenne y París (Liceo Carnot), y particularmente a mis «queridos va-gos» que no quieren dejarse deformar por ningún sistema.

Mi agradecimiento a mis profesores y, en particular, por lo que concierne a este trabajo, a los profesores Host, Snyders, Heller, Canguilhem, Roger, Grmek, Gohau, a mis colegas del grupo Sciences del INRP, del grupo de reflexión del E.N.S. Ulm y del seminario de París VII, y más particularmente a Rumelhard Coulthac, Astolfi, Deunff, Deman, Roncin, Langet, de Vecchi, Chomillier, Goupil, Abrial, Ginsburger, Guyon, Pilot, Veslin, Jessequel, Borgel, Phelouzat; y a Gauthier, Dentier, Andraud, Lefevre, por la realización técnica (4).

NOTAS

1. Esta etapa de nuestra reflexión intenta desvelar las grandes líneas de una pedagogía heurística de las ciencias experimentales. Proponemos a nuestros lectores que compartan con nosotros esta obra inacabada y quizás contradictoria. En efecto, no se trata en este caso de hacer una digresión intelectual como placer espiritual. Nuestro problema es un problema de acción, basado en nuestro punto de vista de profesor que se esfuerza para que se produzca una evolución en una situación bloqueada.

2. Al igual que la pedagogía explicativa de las ciencias -que intento practicar con alumnos de mayor edad- no debería constituir, desde el principio, la enseñanza de las explicaciones científicas, sino más bien la investigación sobre las condiciones que

favorecen - desarrollan una actitud adecuada para resolver problemas. Se trata de desarrollar entre los alumnos la necesidad de explicación y la perspectiva científica necesaria. Es evidente que los mecanismos que condicionan la adquisición de conocimientos son más importantes que el conocimiento mismo.

3. Los diferentes aspectos que se exponen no se me han ocurrido de forma lineal sino que, los propongo de forma didáctica, dada la naturaleza de este texto. Las nociones que he establecido no se inscriben en una línea de investigación básica. Constituyen simplemente una base para establecer un proceso pedagógico que parta del niño y se relacione estrechamente con un estudio científico. Hemos obtenido algunas conclusiones de este análisis pero sólo se trata de un inventario provisional. Mis objetivos deben considerarse únicamente como un intento de reflexión sobre la manera más adecuada de poner de manifiesto aquello que no funciona en nuestra pedagogía y remediarlo.

4. Este trabajo está basado en una tesis titulada «Rien ne sert de courir, il faut partir à point» realizada en el Institut National de la Recherche Pédagogique, en colaboración con la Universidad de París V (Ciencias de la Educación) y la Universidad de París VII (Biología), bajo la dirección de los Señores Heller, Snyders, Canguilhem y Host.

Arca, M. P. Guidoni y F. Mazzoli. "Educación científica y estilos de enseñanza", en: Enseñar ciencia. Paidós, Barcelona, 1990. pp. 119-137.

Con las observaciones que siguen quisiéramos abordar una serie de problemas que consideramos particularmente relevantes para un lector que, de algún modo, esté relacionado con la enseñanza escolar. Quisiéramos, en efecto, discutir cómo es posible, en nuestra opinión, en una situación escolar más o menos definida, desarrollar ese complejo conjunto de capacidades que califican una educación válida para el conocimiento, y están, por lo tanto, en la base de toda educación para la ciencia. Es, sin embargo, evidente que con esto no se quiere sostener que se pueda poner como objetivo, para el fin de un ciclo escolar cualquiera, la posesión por parte de los jóvenes de una «cultura científica global»: que, entendiéndose como se entienda, es difícilmente definible en términos tanto de contenidos como de habilidades cognitivas generales. Nos parece, en cambio, que la primera tarea de una enseñanza adecuada para la escuela elemental debería ser la de poner en marcha y organizar el desarrollo de toda una serie de potencialidades intelectuales, que puedan luego explicitarse y orientarse en los contextos más diversos.

Por otra parte, estamos convencidos de que no se puede hablar de investigación en el campo de la educación científica sin presuponer, más o menos conscientemente, algún esquema de teoría del conocimiento al cual referirse; más aún, se podría decir que casi todas las dificultades y los problemas que un enseñante, y un formador de enseñantes (de preescolar de la escuela elemental y de la media, pero también de los niveles escolares superiores hasta la universidad) encuentran al afrontar temas científicos con sus alumnos, están de algún modo conectados con la falta de un esquema teórico de referencia lo suficientemente orgánico y estructurado.

Nuestra línea de investigación consiste, pues, en contribuir a la elaboración de ese esquema de base, evitando, sin embargo, detenerse en una serie de enunciados epistemológicos abstractos que de un modo vago aludan a un modo de comprender y de enseñar «distinto».

Para ilustrar este punto de vista, y esta actitud investigadora, quisiéramos partir aquí precisamente de un discurso sobre los modos de enseñar, en el que un modelo dinámico de desarrollo del conocimiento científico esté directamente referido a la problemática educativa. Y esto refleja el mismo modo de proceder de nuestro grupo, que trata de llevar adelante, de manera constantemente interconectada con el trabajo en

clase desarrollado directamente con los niños y con sus enseñantes, una reflexión continua y una investigación estimuladas también por el material vivo que surge precisamente del trabajo en clase, sobre los significados y los modos de organizarse del conocimiento científico.

En lo que sigue nos referiremos, como ejemplo, a un trabajo efectuado en un cuarto curso¹ sobre el tema: «Fuerzas, peso y equilibrio».²

LA ENSEÑANZA VISTA COMO INVESTIGACIÓN, EXPLICITACIÓN Y DESARROLLO DE ESTRUCTURAS DE PENSAMIENTO YA EXISTENTES EN LOS JÓVENES

Acabamos de mencionar la importancia que tiene para nosotros la necesidad de reanalizar y reinterpretar según un modelo coherente de desarrollo el conocimiento la gran cantidad de «material vivo» recogido durante nuestra intervención directa con los niños, en situaciones de discusión y trabajo abierto. Ahora quisiéramos tratar de aclarar el significado del título de este apartado especificando la naturaleza de este material, que constituye de todos modos una referencia esencial para la elaboración sistemática de la línea de trabajo. Está compuesto, por ejemplo en lo que se refiere al trabajo sobre las «fuerzas», de:

- a) Una serie de unas 350 «hojitas» donde los niños han escrito frases en las que se usa normalmente la palabra «fuerza», según lo que nosotros habíamos pedido al inicio del trabajo y para abrir la discusión.
- b) Respuestas escritas a preguntas en las que, en varios estadios del trabajo, eran esquemáticas (con palabras y dibujos) algunas situaciones problemáticas, propuestas como introducción a los diferentes juegos, o como reflexiones sobre sus resultados.
- c) Previsiones de los resultados de las experiencias que luego se harían realmente, en relación también a situaciones paradójicas, pero siempre verificables.
- d) Un amplio repertorio de transcripciones de las grabaciones de algunas de las largas discusiones acaecidas entre los niños sobre los diversos temas progresivamente propuestos.

Como ejemplo del tipo de problemas surgidos, analizables según este material, valga la siguiente cuestión, propuesta hacia la mitad del trabajo sobre las fuerzas, que generó una larga discusión entre los niños antes y después de haber hecho la correspondiente experiencia: «Si un niño que pesa 30 kg está sobre una báscula para personas y empuja hacia abajo con un bastón puntiagudo apoyándose en la báscula misma, con

toda su fuerza, ¿cuánto marcará la báscula?» (véase la figura 5). Relicando las hojas relativas a esta discusión, saltan a la vista algunos puntos importantes:

- 1) Los niños se dan cuenta enseguida de que esta pregunta está relacionada con diversas experiencias que cada uno ha tenido anteriormente.
- 2) Casi todos los niños se sienten en condiciones de responder, y también de refutar eventuales opiniones discordantes, antes de efectuar la experiencia: utilizando con este fin argumentaciones también muy estructuradas, y a menudo ricas en analogías y metáforas.
- 3) Durante la discusión, y recordando otros juegos sobre las «fuerzas», muchos niños modifican, extienden y a veces reniegan de su posición inicial, convencidos por las argumentaciones de los compañeros.
- 4) Una vez hecha, todos juntos, la experiencia, la discusión, lejos de agotarse, prosigue aún más vivaz: algunos niños tratan de justificar y de adaptar sus previsiones según lo que han visto, otros discuten las modalidades con que se ha realizado la experiencia misma (sin más, la exactitud de la lectura del peso señalado por la báscula).

A propósito de estas discusiones debe decirse que la intervención del maestro y de los otros alumnos tiene casi exclusivamente, durante una larga e importante fase inicial, la función de moderar y estimular las intervenciones para favorecer la expresión y la atención recíproca de los niños. Esto no significa, sin embargo, que las discusiones «nazcan solas». El punto sobre el que quisiéramos insistir es precisamente que, para afrontar cualquier tema de carácter científico con el fin de «motivar» a los jóvenes, de poner en juego su «sistema del mundo», es preciso ante todo que el enseñante desarrolle una verdadera competencia de «estimulador de problemas y de indagador» de estructuras de pensamiento: de modo que, a partir de una experiencia vivida en clase, o refiriéndose a una experiencia que los jóvenes tengan en común, se llegue a una sistemática explicitación de los esquemas de explicación (a menudo no homogéneos) que están ya en funcionamiento en el pensamiento

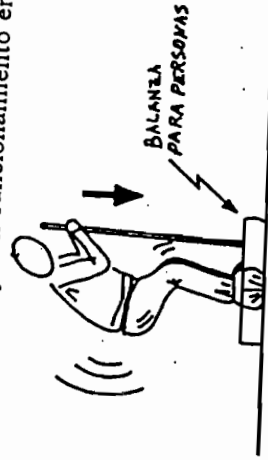


FIGURA 5.

1. Escuela elemental "Frattelli Bandiera", Roma. Los enseñantes de la clase, directamente implicados en el trabajo de investigación al que nos referimos, son L. D'Angiolino y A. Manzi.

2. Una relación esquemática de una parte de este trabajo aparece en el capítulo 3 de la segunda parte de este mismo libro.

de los jóvenes, o que pueden ser evocados en él mediante oportunas incitaciones. Según nuestro parecer, esta fase del trabajo es a todos los efectos un momento central y condicionante en el proceso de aprendizaje (en cualquier nivel), y no puede considerarse como puro «preludio de llamada» respecto de las actividades didácticas de otra naturaleza. En efecto, es precisamente a partir de estas discusiones, articuladas en torno a una búsqueda de explicación coherente de hechos diversos, en diversos contextos, que puede resultar posible utilizar significativamente modelos e instrumentos cognitivos capaces de reorganizar los conocimientos ya existentes en los jóvenes, y de estimular significativos desarrollos de conocimientos a través de la adquisición de nuevas experiencias y nuevos modelos.

LA ENSEÑANZA VISTA COMO CONFRONTACIÓN ENTRE DIVERSOS MODOS DE PENSAR Y CON LOS HECHOS QUE SUCEDEN

El apartado precedente pone, en realidad, de relieve también este segundo momento. Se trata aquí de valorar otra competencia que nos parece igualmente importante como verdadera competencia profesional de la enseñanza: la capacidad de hacer hablar a los jóvenes entre sí, y de evidenciar de vez en cuando las implicaciones y las contradicciones de aquello que dicen. Lo que, en efecto, a menudo contribuye a hacer escasamente eficaz el momento de la discusión de los jóvenes es la falta de una verdadera y continua interacción en las diversas personas y en el curso del tiempo, entre los diversos modos posibles de pensar y la realidad que se quiere de algún modo estudiar. Y a medida que se avanza en el recorrido escolar, a menudo las discusiones en clase se hacen cada vez raras y marginales, particularmente (aunque no exclusivamente) en el contexto de la enseñanza «científica». Lo que sucede en general, sobre todo en el nivel de la escuela media y superior, es que poco a poco el proceso de aprendizaje se reduce a una interacción «muda» de cada joven, encerrado en sus propios esquemas mentales de razonamiento, con el modo de interpretar y reorganizar las cosas que le es proporcionado por el enseñante (o peor aún, por una frase del libro de texto, que habitualmente no representa un modo de pensar), con el resultado, para el alumno, de encontrar cada vez mayores dificultades para relacionar las cosas que sabe con las cosas que se le dicen, y de llegar a menudo, por razones de «supervivencia», a una total escisión entre las dos. El enseñante, a su vez, que no logra ya «hacer mella» con aquello que dice en las estructuras mentales de los jóvenes, continúa proponiendo instrumentos que ellos ya ni siquiera intentan utilizar.

Si se quiere salir de tal estado de cosas, o no entrar en él, es necesario entonces, como tarea específica del enseñante, un continuo trabajo de síntesis entre aquello que quiere enseñar y la respuesta de los jóvenes a sus incitaciones, evidenciando dentro de lo posible —a través de las discusiones— analogías, incongruencias e integraciones entre todas

las cosas que se dicen, y las que se hacen, en clase y fuera: tratando siempre de ayudar a los jóvenes a recordar y volver a asociar cosas ya analizadas en otros momentos, o que se han experimentado en otros contextos. De este modo se favorecerá la formación de una suerte de «memoria crítica» de la clase, a partir de todas las explicaciones e interpretaciones (equivocadas o no) que han ido surgiendo de las palabras de los jóvenes, de sus experiencias y del mismo enseñante: es importante, en efecto, precisamente para los jóvenes, darse cuenta de cómo cada nuevo conocimiento se construye sobre conocimientos precedentes, correspondientes a hechos susceptibles de ser de vez en cuando reinterpretados; y de cómo puede ser expresado de forma reconocida y legitimada por toda la clase, vista así como un verdadero «sujeto» social.

LA ENSEÑANZA COMO REORGANIZACIÓN CONTINUA DE LAS EXPERIENCIAS Y DE LAS EXPLICACIONES

He aquí entonces de qué modo los diversos temas que el enseñante presenta están insertos en un proceso continuo de reorganización del patrimonio de «cosas aprendidas» constituido por observaciones, discursos, juegos, explicaciones, ejercicios, excursiones, etc., en los que lo individual y lo común se integran recíprocamente.

El punto central de cuanto se ha dicho consiste, pues, en desarrollar un modo de enseñar visto como continua «amasadura de conocimientos», en la que nuevas experiencias y nuevos aprendizajes se inserten significativamente y en el mayor grado posible en un proceso dinámico de progresiva estructuración de los modos de comprender las cosas. Una parte esencial de las actividades, de la clase estará entonces dedicada a los momentos de «resumen de todo lo que se sabe» (y, por qué no, de «todo lo que no se sabe») sobre un cierto tema, eligiendo cada vez los instrumentos de reordenación lógica que puedan ser útiles para tal fin: esquemas sinópticos o pequeños esquemas en bloques, cuadros, observaciones (distantiadas en el tiempo) de fotografías o diapositivas, también ya utilizadas, relativas al trabajo desarrollado, siempre tratando de proponer diversas claves de lectura para el mismo material y coordinándolo, para ciertos aspectos particulares, con otras secuencias de trabajo. Para los órdenes escolares superiores podrán construirse verdaderos «diagramas de flujo» de los recorridos lógicos y temporales que se han seguido, en los que se colocarán por orden de relevancia (orden o jerarquías, que pueden ser obviamente modificadas en el tiempo) los diversos temas y las diversas técnicas formales adquiridas en un arco de tiempo lo suficientemente largo.

Con los niños de cuarto, durante este año de trabajo sobre las fuerzas, se volvió varias veces a temas «viejos», en ocasiones sirviéndose de contextos diversos para reproponer brevísimas preguntas «a quemarropa» sobre cosas realizadas tiempo atrás. De vez en cuando se ha tratado así de desarrollar en los niños la conciencia de tener que enfrentarlos

se a un único gran «cuerpo de conocimiento sobre las fuerzas», y con una cantidad de problemas abiertos que con el tiempo se iban lentamente definiendo, pero también ampliando y extendiendo a los más variados campos, que al principio parecían totalmente extraños al «problema de las fuerzas». Al final del año se recogieron y revisaron también las diapositivas hechas durante la ejecución de los distintos juegos, con lo que este material visual puede constituir, para el futuro, un útil repertorio del que partir de nuevo para una ulterior sistematización de las muchas cosas realizadas y dichas en esta línea de trabajo.

LA ENSEÑANZA COMO BÚSQUEDA Y TRANSMISIÓN DE INSTRUMENTOS ADECUADOS PARA LA ESQUEMATIZACIÓN Y ESTRUCTURACIÓN COHERENTE DEL CONOCIMIENTO

El último punto se refiere a aquel conjunto de temas, de modelos de comprensión y de instrumentos formales (en primer lugar los lógicos-matemáticos) que normalmente se consideran contenidos específicos de una cierta área disciplinaria, y a menudo resultan desconectados de las situaciones en que podrían (y deberían) aplicarse (muchas veces la problemática relativa a la enseñanza de las ciencias se reduce a una lista de cuáles y cuántos de estos «contenidos» pueden afrontarse en los diversos niveles de escolaridad).

Según nuestro punto de vista, este planteamiento carece de sentido. Pensamos, en efecto, que lo que más cuenta, en un proceso de transmisión de instrumentos de conocimiento, es su nivel de significatividad: correspondencia con una verdadera estructura organizada de «pre-guntas» por parte de los jóvenes, que se encuentran afrontando por lo general precisamente aquellos problemas que con estos instrumentos pueden esquematizarse y estructurarse de modo coherente.

También aquí propondremos un ejemplo tomado del trabajo sobre las fuerzas. En su fase final se propone a los niños una serie de «juegos» que deben realizarse con una balanza de brazos variables, constituida por una barra de metal con una veintena de agujeros (tomada del juego del *meccano*) que puede quedar suspendida por el agujero central, y en la cual pueden colgarse, a diversas distancias del centro, varios pernos iguales entre sí. Los distintos juegos se basan en la búsqueda y descripción de las situaciones de equilibrio o de desequilibrio, disponiendo siempre del material oportuno. La «ley física» de la igualdad de los momentos dice que, en una situación similar, hay equilibrio si, por ejemplo, el producto del número de pernos colgados de una parte multiplicado por el correspondiente número de intervalos comprendidos entre el agujero central y aquel en que están colgados los pernos, es igual al producto análogo obtenido por el otro brazo de la balanza. Esta «ley», o mejor, esta formulación de una ley general de la física, no ha sido nunca «dada» en clase, ni en forma de enunciado ni en forma simbólica. Lo que ha sucedido es que los niños, jugando y discutiendo sobre estos

problemas, han propuesto y comparado una cantidad de reglas (o de «trucos», como a menudo se les llama) de naturaleza conceptual extremadamente diversa, que iban del reconocimiento perceptivo y ni siquiera verbalizado de algunas configuraciones simétricas de equilibrio, a la construcción de proporciones inversas entre los números que indican los dos pesos y los números que indican las dos distancias, y el descubrimiento de la simple «regla de la multiplicación» de cada peso con «su» distancia. Es difícil dar una idea de la variedad de estructuras de razonamiento, más o menos compatibles o reconducibles a la ley física correcta, que surgieron de los discursos de los niños durante o en la conclusión de su trabajo concreto. Fue un momento muy provechoso, tanto para los alumnos como para los enseñantes, en el que nos encontramos que muy difícilmente se habrían podido sospechar de explicar las cosas menos recuperar a posteriori, para poder introducir y «empalmar» en ellos una «explicación» reconocida por todos. En este caso, el instrumento aritmético de la multiplicación, junto con otros procedimientos formales (como el de la proporción, o más en general el de la compensación de cuatro variables), ha sido individualizado y utilizado a continuación de una verdadera «caza de la regla» efectuada por los mismos niños, en respuesta a una exigencia real de formalizar una situación que, con el avance del trabajo y de la comprensión, adquiere gradualmente aquello que el niño percibe como un «comportamiento según reglas», definido y reproducible. De este modo se puede ver que los diversos instrumentos formales, «aprendidos» en un contexto de puro ejercicio numérico, se van entrelazando continuamente con procedimientos lógicos numérico-neos de análisis y previsión de hechos observables, en una interacción coherente que no es ni una «aplicación» mecánica, ni una «abstracción» de la que no se comprendería el fundamento. En este sentido pensamos que debe entenderse la «significatividad» con que los instrumentos formales pueden proponerse y explicitarse, a fin de que su adquisición forme un todo con un proceso más general de desarrollo de las estructuras de pensamiento de los jóvenes.

Obviamente, con esto no se afronta aún de modo explícito el problema de cuáles y cuántos contenidos específicos pueden desarrollarse en la escuela básica; pero hemos querido insistir sobre la relevancia y sobre la indisolubilidad de toda una serie de actividades y de intervenciones que pueden desarrollarse por iniciativa del enseñante, y que en su conjunto coinciden en la «formación científica» de los jóvenes, y que en su da justamente como capacidad de hablar de los hechos e intervenir sobre los hechos de manera coherente, orientada y eficaz. Consideramos, en efecto, este aspecto como preliminar y condicionante respecto de cualquier ulterior discusión más particularizada.

RELACIONES ENTRE CONOCIMIENTO ESCOLAR Y CONOCIMIENTO CIENTIFICO

RESUMEN

Reconocer que el conocimiento escolar y el científico son distintos puede parecer obvio, pero, en realidad se trata de una "evidencia" que ha escapado, hasta muy recientemente a la reflexión. Este reconocimiento explícito permite repensar, de forma más fundamentada, las relaciones entre ambos, saliendo al paso de identificaciones abusivas (que se traducen en visiones simplistas y deformadas de la actividad científica) y clarificar qué conocimientos científicos interesa y podemos enseñar.

Introducción con agradecimientos

Aunque los agradecimientos suelen aparecer al final de un artículo y, a menudo, con letra pequeña, quisiera comenzar este trabajo agradeciendo a Rosario Cubero y a Eduardo García, coordinadores de este número, la iniciativa de abrir un debate en relación con la idea de conocimiento escolar y sus relaciones con el conocimiento cotidiano y con el conocimiento científico. Se trata de un debate muy oportuno, en mi opinión, que puede ayudarnos a profundizar en ideas centrales para nuestra actividad docente, a las que solemos referirnos como si se tratara de algo obvio, que no mereciera mayor atención. Pero, ¿entendemos todos lo mismo cuando hablamos, p.e., de proporcionar *conocimientos científicos* a los estudiantes?

Como sabemos, los mayores obstáculos en la resolución de muchos problemas científicos han procedido de aquello que se consideraba obvio, evidente, escapando

así a la crítica. Detenerse, pues, en la clarificación que proponen Cubero y García puede ayudarnos a evitar que las palabras nos confundan y nos impidan comprender diferencias sustanciales tras los mismos vocablos, o convergencias profundas, ocultas tras terminologías distintas.

Cubero y García resumían así su punto de vista en la invitación a este debate: ...

consideramos el conocimiento escolar como el conocimiento que se elabora en la escuela que, por un lado, trasciende las explicaciones cotidianas que se desarrollan fuera de los contextos académicos, y por otro, aunque tiene como marco de referencia el conocimiento científico, no es un conocimiento científico en sí, sino una elaboración de este conocimiento que se ajusta a las características propias del contexto escolar (Cubero y García, 1994).

Se trata de una idea que el Grupo Investigación en la Escuela ha desarrollado en algunos trabajos (Porlán, 1989 y 1993; Grupo Investigación en la Escuela, 1991;

García y García, 1992...) y que conecta con la de *transposición didáctica del conocimiento científico al conocimiento enseñado*, introducida por Chavelard (1985) en el marco de la investigación en didáctica de las matemáticas, pero con una notable influencia en la investigación francesa en didáctica de las ciencias (Develay, 1992; Josuha y Dupin, 1993).

Reconocer que el conocimiento escolar y el científico son distintos puede parecer obvio, pero, en realidad se trata de una "evidencia" que ha escapado, hasta muy recientemente a la reflexión. Este reconocimiento explícito permite repensar, de forma más fundamentada, las relaciones entre ambos, saliendo al paso de identificaciones abusivas, que se traducen en visiones simplistas y deformadas de la actividad científica.

La importancia de esta clarificación epistemológica queda reflejada en la abundante literatura recientemente publicada en torno a las visiones deformadas de la ciencia y del trabajo científico transmitidas por la enseñanza de las ciencias (Désautels y Larochelle, 1993; Hodson, 1993; Meichstry, 1993). Este debate puede contribuir a romper visiones simplistas sobre el conocimiento científico y a clarificar qué es lo que conviene y podemos enseñar, es decir, a clarificar qué entender por conocimiento escolar. Esta tarea está motivada, claro está, por algo más que una preocupación epistemológica. Como afirman Bell y Pearson (1992), empieza a comprenderse que, si se quiere cambiar lo que los profesores y alumnos hacemos en las clases de ciencias, es preciso previamente modificar la epistemología de los profesores. El problema es, pues, *qué hacer* (qué se puede y qué conviene hacer) en las materias científicas, dado que lo que venimos haciendo habitualmente presenta graves disfunciones, cualesquiera sean los criterios utilizados para el análisis.

La cuestión del conocimiento escolar conecta así con la de los modelos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias. Ello permite profundizar el análisis crítico de dichos modelos, al explicitar las transposiciones didácticas que indudablemente conllevan, pero que, a menudo, han quedado implícitas, escapando así a la crítica. Conviene resaltar que esta conexión puede contribuir a poner en relación tradiciones investigativas relativamente autónomas, enriqueciéndolas mutuamente y mostrando la coherencia de sus aportaciones. Se puede dar así un paso más en la construcción de la didáctica de las ciencias como un auténtico cuerpo de conocimientos, capaz de integrar coherentemente aportaciones diversas, que han surgido y se han desarrollado inicialmente de forma inconexa.

Con la voluntad de contribuir a este proceso de unificación teórica, desarrollaremos este trabajo de acuerdo con el siguiente hilo conductor:

- * Comenzaremos haciendo una primera aproximación a cómo se suele plantear el conocimiento escolar, considerando para ello qué es lo que solemos enseñar en las asignaturas científicas.

- * Revisar ~~los~~, a continuación, las visiones deformadas de la actividad y de conocimientos científicos transmitidas habitualmente por la enseñanza y cuya superación aparece como un objetivo fundamental, tanto para proporcionar una visión correcta de la empresa científica a los futuros ciudadanos y ciudadanas, como por evitar la incidencia negativa que estas deformaciones tienen en el aprendizaje.

- * Esta clarificación del conocimiento científico nos proporcionará una referencia necesaria para analizar el conocimiento escolar y estudiar qué puede ser útil y a la vez viable enseñar.

- * Por último nos detendremos en precisar las implicaciones que se derivan, en

nuestra opinión, de las recientes investigaciones e innovaciones didácticas, para el planteamiento del conocimiento escolar

Qué pretendemos que los estudiantes aprendan cuando enseñamos ciencias?

Ya nos hemos referido en la introducción a que no es difícil reconocer que lo que se hace (y puede hacerse) en la escuela está lejos, en muchos aspectos, de la actividad de los científicos y de los productos que dicha actividad genera, y que, como afirman Cubero y García, el conocimiento que se elabora en la escuela... no es un conocimiento científico en sí. Cualquier confusión a este respecto sólo puede corresponder a una visión simplista del conocimiento científico. La cuestión, sin embargo, no estriba en este reconocimiento casi trivial (una vez la cuestión ha sido planteada y se ha reflexionado sobre ello), sino en precisar lo que significa que el conocimiento tenga "como marco de referencia el conocimiento científico" y en qué consiste la elaboración de ese conocimiento para que se ajuste "a las características propias del contexto escolar". Puede ser conveniente en este sentido -y a ello destinaremos este apartado- comenzar mostrando la variedad de acepciones que recubre la idea de aprender ciencias. Hodson (1992) distingue tres elementos básicos en lo que él denomina alfabetización científica:

a) Adquisición de conocimientos científicos, entendiendo por tal un aprendizaje centrado en el cuerpo de conocimientos conceptuales actualmente aceptado por la comunidad científica.

b) Comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas interacciones con la sociedad.

c) Aprender a hacer ciencia, es decir, familiarizarse con la actividad de planteamiento y tratamiento científico de problemas.

Estamos de acuerdo con Hodson en que estos tres elementos representan aspectos clave de la alfabetización científica, aunque resulte necesario, sin duda, profundizar en el significado que damos a cada uno de ellos en la escuela. Pero, en nuestra opinión habría que añadir a estos tres componentes dos más:

d) Aproximación a la tecnología precientífica, es decir, al desarrollo tecnológico previo a la llamada revolución científica, caracterizado por el tratamiento de problemas concretos, de aplicación inmediata. Para algunos autores (Gilbert, 1992) la enseñanza de las ciencias debería comenzar abordando esta tecnología pre-teórica que, no

lo olvidemos, ha precedido miles de años a la ciencia moderna.

e) Por último podíamos referirnos al desarrollo de un interés crítico por la actividad científica, sus productos, su papel en las nuestras sociedades.

No se nos escapa que este último elemento es de naturaleza distinta a los cuatro precedentes y que podría ser considerado un desideratum común a cualquier planteamiento de enseñanza de las ciencias. Un hecho fundamental obliga, en nuestra opinión, a plantear la cuestión del interés y actitudes hacia la ciencia como un elemento explícito, tan relevante como el de la adquisición de los conocimientos científicos, la comprensión de la naturaleza de la ciencia o la familiarización con la actividad científica. Nos referimos al hecho bien conocido de que la actitud hacia la ciencia y su aprendizaje se hace más y más negativa con los años de escolaridad (James y Smith, 1985; Yager y Penick, 1986) hasta el punto de que comienza a producirse una carencia de candidatos para algunas ramas de la ciencia y, lo que es peor, se está generalizando esta actitud de

rechazo a lo que significa la intervención de la ciencia en nuestras vidas. Todo ello está conduciendo a preguntarse si el objetivo fundamental de la educación científica básica no debería ser interesar críticamente a los futuros ciudadanos por la ciencia (Solomon, 1991).

Es obvio que estos distintos componentes de la educación científica que acabamos de enumerar no tienen por qué plantearse como opciones enfrentadas o ni siquiera desligadas. No tiene sentido, por ejemplo, pretender generar interés hacia la ciencia al margen de la comprensión de la naturaleza de la actividad científica, o plantear una familiarización con la actividad científica que no comporte la adquisición de conocimientos científicos. Sin embargo, sí es posible, como de hecho ocurre, plantear una adquisición de conocimientos conceptuales que no comporte familiarización con la investigación científica, o centrarse en la comprensión de la naturaleza de la ciencia sin lograr generar interés hacia la misma.

Resulta necesario, pues, un análisis crítico acerca de cómo los cinco elementos enunciados son tenidos en cuenta (o no) como parte del conocimiento escolar. Pero, establecer con alguna precisión las relaciones entre esas distintas componentes y poder criticar fundamentadamente las opciones que priorizan unas u otras exige, previamente, clarificar qué entendemos por conocimiento científico. No tiene sentido, por ejemplo, indicar que la enseñanza de las ciencias se ha de centrar en proporcionar una correcta comprensión de la naturaleza de la ciencia si los profesores carecemos de una visión adecuada de la misma. Abordaremos esta cuestión en el siguiente apartado, para volver a continuación a analizar qué es lo que resulta conveniente y posible incluir en la educación científica de los futuros ciudadanos.

Contra una visión deformada del conocimiento científico

Ya hemos señalado nuestro acuerdo con la tesis de Cubero y García, punto de partida de este debate, acerca de que el conocimiento escolar *aunque tiene como marco de referencia el conocimiento científico, no es un conocimiento científico en sí*. Más aún, si la frase pretendiera ser una constatación de lo que acontece habitualmente en la enseñanza, la expresión habría de ser, pensamos, mucho más contundente: la verdad es que las investigaciones realizadas acerca de la imagen de la ciencia transmitida por la enseñanza, muestran profundas divergencias entre la actividad escolar y el marco de referencia científico (Désautels y Larochelle, 1993; Meichstry, 1993...). El peligro, por decirlo de otro modo, no parece estar en el intento de ahorrar la actividad de los alumnos a pautas científicas que no se ajusten a las *características propias del contexto escolar*, sino, más bien, en presentar como "científico" lo que no merece esa calificación desde ningún punto de vista; en realizar, en suma, una transposición didáctica absolutamente deformante del conocimiento científico.

Nuestra tesis a este respecto -que venimos desarrollando y profundizando desde hace más de una década (Gil, 1983 y 1993; Gil y Carrascosa, 1985 y 1990; Gil y Martínez-Torregrosa, 1987...) y que constituirá uno de los ejes de nuestra contribución a este debate- podría enunciarse diciendo que uno de los problemas fundamentales en el aprendizaje de las ciencias estriba, precisamente, en la escasa coherencia entre las situaciones de enseñanza/aprendizaje y las que corresponden a la construcción de conocimientos científicos. De hecho, como ya hemos señalado, el estudio de las concepciones epistemológicas del profesorado y, más concretamente, de

las visiones deformadas que la enseñanza transmite sobre la ciencia se ha convertido en una de las líneas de investigación prioritarias en la didáctica de las ciencias. Trabajos recientes como el de Désautels y Larochelle (1993) ilustran los efectos -nada positivos- de una epistemología implícita que escapa a la reflexión crítica.

El problema no se limita, por otra parte, a que los profesores poseamos, o no, concepciones correctas acerca de la ciencia. Como señala Hodson (1993), coincidiendo con otros investigadores, poseer concepciones válidas acerca de la ciencia no supone necesariamente que el comportamiento docente sea coherente con dichas concepciones. Es preciso tomar en consideración, añade, la pérdida de coherencia en el paso de "la retórica a la acción". Identificar los posibles conflictos entre concepciones sobre la ciencia y concepciones sobre el aprendizaje, y reconocer la inestabilidad de las posturas filosóficas de los docentes cuando son confrontadas con las exigencias de "la realidad" (programas, limitaciones de tiempo, necesidad de calificar...).

El problema principal, según el análisis de Hodson, que compartimos, estriba en que lo que realmente se hace en el aula no es coherente con concepciones sobre la ciencia epistemológicamente correctas. Esta incoherencia ha sido reiteradamente resaltada en la literatura en lo que respecta a las concepciones empiristas del profesorado de ciencias, que priman una observación y experimentación "neutras" ("no contaminadas por ideas apriorísticas"), olvidando el papel esencial de las hipótesis y la construcción de cuerpos coherentes de conocimientos (Giordan, 1978; Gil, 1983; Hodson, 1985; Millar y Driver, 1987; Meichstry, 1993). Pero no se trata únicamente de este reduccionismo experimentalista que identifica trabajo científico casi exclusivamente con observación y trabajo de laboratorio.

Junto a éste se dan otros reduccionismos y deformaciones (Gil 1993) que recordaremos aquí muy sintéticamente:

- Visión empirista y ateorica.
- Visión rígida (algorítmica, "exacta", infalible...) reduciendo, en suma, la complejidad y riqueza esenciales de la actividad científica a una *receta* simplista.
- Visión aproblemática y ahistórica (ergo dogmática).
- Visión exclusivamente analítica que olvida los esfuerzos de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos.
- Visión acumulativa, lineal que ignora las crisis y las remodelaciones profundas.
- Visión de "sentido común": los conocimientos se presentan como claros, obvios, "de sentido común", olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio.
- Visión "velada", elitista.
- Visión individualista.
- Visión descontextualizada, socialmente neutra.

Un problema básico que se plantea hoy la investigación e innovación en didáctica de las ciencias es, insistimos, superar estas visiones deformadas del trabajo y conocimientos científicos transmitidas habitualmente por la enseñanza (fruto de una transposición didáctica "espontánea", implícita y escasamente fundamentada).

Resulta necesario romper con esas visiones simplistas y transmitir la visión más creativa, abierta y socialmente contextualizada que proporciona la epistemología contemporánea.

Existe, además, el peligro de que huyendo de una particular deformación se incurra en otra de signo opuesto. Así, por ejemplo, Ordoñez (1994) advierte del peligro de que luchando contra una visión descontextualizada se caiga en *la visión puramente sociológica de la ciencia, o, en*

-definitiva, la visión acientífica de la ciencia. Un excesivo énfasis en la crítica a las actuales visiones descontextualizadas -que no se detienen en considerar la relevancia de los estudios realizados, ni prestan atención a las relaciones CTS, etc- puede hacer olvidar, p.e., que no hay ciencia sin construcción de cuerpos coherentes de conocimientos. Es verdad, por otra parte, que, como afirma Ordoñez, resulta casi imposible imaginar una enseñanza que no haya incurrido o pueda incurrir en alguna de las deformaciones contempladas. Pero pensamos que ello es debido, en gran parte, a la ausencia de una reflexión explícita y globalizadora acerca de esos posibles peligros. Tenerlos presente permite, precisamente, empezar a evitarlos a la hora de concebir el currículo.

Intentaremos ahora analizar las distintas componentes de la educación científica a las que nos referimos en el apartado 1, explicitando las transposiciones didácticas que subyacen, y considerando su adecuación, viabilidad e interés.

¿Qué ciencia es conveniente (y posible) enseñar a los futuros ciudadanos?

En el apartado 1 nos hemos referido brevemente a cinco componentes básicos que suelen configurar, en mayor o menor medida, lo que se enseña (y se pretende que se aprenda) en las asignaturas científicas. Ahora revisaremos críticamente dichos componentes, analizando su presencia real en el currículo, la forma en que está presente -es decir, los modelos de enseñanza/aprendizaje a los que aparecen asociados- así como sus efectos, con objeto de decantar una propuesta fundamentada de conocimiento escolar.

Como es lógico, por razones de extensión, deberemos limitarnos a presentacio-

nes muy escuetas que, inevitablemente, resultarán excesivamente esquemáticas. Se puede así dar la impresión de rechazos sin matices y descalificaciones absolutas de algunas de las propuestas didácticas que vamos a analizar. Ello no responde, sin embargo, a nuestra percepción del desarrollo de la didáctica de las ciencias (Gil, 1993) y confiamos en que, en la medida que se abra un auténtico debate, podamos salir al paso de involuntarias deformaciones.

¿Enseñar contenidos conceptuales?

No parece haber duda de que, en general, la parte fundamental de un curso de ciencias de nivel secundario suele estar centrada en la presentación y explicación de los hechos, conceptos, leyes... que conforman el cuerpo de conocimientos aceptado por la comunidad científica. Es necesario, sin embargo, antes de proseguir nuestro análisis, matizar una afirmación como la anterior: en realidad *no es posible* presentar *el* cuerpo de conocimientos correspondiente a un dominio dado (por razones obvias de extensión y complejidad). La cuestión se resuelve, habitualmente por la vía de la selección de contenidos y sobre todo, recurriendo a simplificaciones que pueden llegar a esquematismos desvirtuadores. En efecto, numerosos análisis de textos (desde los universitarios a los de primaria) muestran una similar tendencia a cubrir el máximo de contenidos conceptuales y, pese a todas las críticas realizadas al respecto, los profesores seguimos dando prioridad al aprendizaje de los contenidos conceptuales frente a, p.e., la comprensión de la naturaleza de la ciencia (Hodson, 1993; Porlán, 1993).

Esta reducción de la enseñanza de las ciencias a algunos contenidos conceptuales, presentados como algo acabado, siguiendo estrategias didácticas de transmi-

didáctica

En enseñanza de conceptos en lugar de buscar la comprensión de los científicos.

sión recepción- proporciona una visión de la ciencia en la que es fácil rastrear buen número de las deformaciones a las que hemos hecho referencia en el apartado 2. Por otra parte, esta reducción no logra que los alumnos lleguen a comprender siquiera los conceptos más fundamentales y reiteradamente enseñados. Nos remitimos aquí a la abundante investigación existente en torno a las concepciones de los estudiantes. Mucho menos aún contribuye a generar interés por la ciencia, sino que, por el contrario, dicho interés decrece notoria y regularmente a lo largo del periodo de escolarización (Yager y Penick, 1986).

La centración de la educación científica en los contenidos conceptuales aparece así como un ejemplo de transposición didáctica (sin duda el más común y espontáneo) particularmente cuestionable. De hecho, buena parte de la literatura más reciente contiene críticas fundamentadas a este reduccionismo. No podemos detenernos aquí, sin embargo, en describir este proceso crítico, solidario de la emergencia de los planteamientos constructivistas, ni en recoger, por otra parte, las indudables aportaciones realizadas, desde la propia orientación de transmisión de conocimientos elaborados, para la mejora de la enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Gil, 1993). Añadiremos, tan sólo, que el reduccionismo conceptual "tiene el caparazón duro" y que su influencia persiste, como han criticado Duschl y Gitomer (1991), incluso en las propuestas constructivistas de *cambio conceptual*.

¿Enseñar la metodología científica? *

Como reacción a una enseñanza como la que acabamos de describir, marcada por la atención casi exclusiva a los contenidos conceptuales, surgió (y sigue resurgiendo con una cierta frecuencia) la idea de cen-

trar la enseñanza en una familiarización con los métodos de la ciencia, en el aprendizaje "por descubrimiento" o, de forma más extrema, en el aprendizaje de *los procesos* de la ciencia. Se trata, a nuestro entender, de una segunda propuesta de transposición didáctica que, aunque mucho menos extendida y afianzada que la que reduce el conocimiento escolar a contenidos conceptuales, ha dominado los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias a lo largo de más de 30 años.

No vamos a insistir aquí en los abundantes análisis que han mostrado con toda claridad el fracaso del paradigma de aprendizaje por descubrimiento. El inductivismo extremo en que dicho modelo incurrió, la falta de atención a los contenidos (en la creencia de que estos carecen de importancia frente al "método" o de que la ejecución de los experimentos puede proporcionar a los estudiantes, incidentalmente, lo fundamental de la materia), la insistencia en una actividad completamente autónoma de los alumnos, etc, tienen poco que ver, en efecto, con con la visión actual de lo que constituye el trabajo científico. Se ha mostrado con claridad, por otra parte, el resultado negativo de su aplicación, tanto en lo que se refiere a la adquisición de conocimientos como en lo que respecta a la comprensión de la naturaleza de la ciencia (Ausubel, 1978; Gil, 1983; Hodson, 1985; Millar y Driver, 1987...). pero si bien es cierto que los resultados alcanzados distaron mucho de los objetivos perseguidos, la orientación de aprendizaje por descubrimiento supuso un intento sistemático de renovación curricular que rompía con una estabilidad de muchas décadas e iniciaba un proceso de transformación en el que seguimos hoy inmersos, sin que los objetivos de aproximar la actividad de los alumnos a las características del trabajo científico y, sobre todo, de generar actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje,

Una crítica al
método por
descubrimiento
dice que no
sirve

* depende del nivel sea

hayan perdido su vigencia. Muy al contrario, como indica, por ejemplo, Solomon (1991). *para la mayoría de los alumnos, nuestros objetivos básicos pueden consistir en generar actitudes favorables hacia la ciencia y una cierta comprensión por sus métodos de construcción de teorías.*

Lo que parece claro es que una transposición didáctica como la que supone la corriente de aprendizaje por descubrimiento no cubre dichos objetivos, ni el más ambicioso de enseñar a hacer ciencia. Conviene insistir en ello porque propuestas similares resurgen con cierta frecuencia como una especie de "enfermedad infantil" de los grupos innovadores en didáctica de las ciencias. En efecto, cuando se plantea a los profesores y a los estudiantes de materias científicas qué orientación habría que dar a dichos estudios, surge como idea central la conveniencia de realizar abundantes trabajos prácticos para romper con una enseñanza puramente libresco. Ello constituye, sin duda, una intuición básica de la generalidad de los profesores, que contemplan el paso a una enseñanza de las ciencias eminentemente experimental como una especie de "revolución pendiente", dificultada por la falta de instalaciones y material adecuado, un excesivo número de alumnos, el carácter enciclopédico de los currículos, etc. Pero este reduccionismo experimentalista muestra rápidamente sus limitaciones y produce un retorno a las propuestas de transmisión/recepción de conocimientos ya elaborados que, pese a indudables aportaciones (Ausubel, 1978), inciden en el reduccionismo conceptual de signo opuesto, que hemos analizado en el apartado 3.1.

Todo parece indicar que las orientaciones didácticas "clásicas" están asociadas a transposiciones didácticas claramente reduccionistas, que presentan visiones deformadas del conocimiento científico. La década de los 80 verá desarrollarse nuevas

orientaciones. Nos referiremos, en primer lugar, a las propuestas que intentan romper con la imagen de una ciencia "neutral", socialmente descontextualizada, y poner de relieve las complejas relaciones ciencia/técnica/sociedad (CTS).

¿Enseñar el papel de la ciencia en la sociedad?

Si el aprendizaje por recepción de conocimientos (conceptuales) ya elaborados y el aprendizaje por descubrimiento suponen dos transposiciones didácticas claramente deformantes (en sentidos opuestos) del conocimiento científico, ambas tienen en común, históricamente, el olvido de las interacciones CTS, incurriendo en visiones descontextualizadas, socialmente neutras. Los años 80 verán el surgimiento de planteamientos críticos que rechazan el mito de la neutralidad de la ciencia (Aikenhead, 1985; Catalan y Catany, 1986; Penick y Yager, 1986; Solbes y Vilches, 1989; Jiménez y Otero, 1990...).

La importancia dada a estas interacciones CTS ha conducido al diseño de módulos de educación científica -e incluso de currículos enteros- centrados en el tratamiento de problemas específicos de interés social, como, p.e., el crecimiento de la población o el consumo energético (Rosenthal, 1989). Y se ha recurrido también al tratamiento interdisciplinar de temas como el desarrollo histórico de la ciencia, las responsabilidades sociales de los científicos, etc (Solomon, 1990). Se trata, como puede apreciarse, de problemas claramente supradisciplinares. De hecho, el movimiento CTS aparece, a menudo, asociado a propuestas de *ciencia integrada* o de *tratamientos interdisciplinares* con la pretensión de dar una visión más global, menos parcializada, de los conocimientos científicos. Se trata de propuestas

que parten de la crítica de los currículos actuales de ciencias por su carácter operativista, centrados en situaciones artificiales, sin apenas conexión con la realidad, carentes de significado para los alumnos, etc. Una crítica fundamentada, que se apoya en una abundante investigación sobre los contenidos de los textos y sobre lo que se hace (y no se hace) en las clases de ciencias. Pero, como hemos intentado mostrar en otro lugar (Gil, 1994), dicha situación no viene determinada por el carácter disciplinar o supradisciplinar de los currículos.

No podemos reproducir aquí la discusión en torno a la organización de los conocimientos escolares siguiendo las disciplinas científicas clásicas o de forma más globalizada. Nos remitimos al amplio debate planteado por Pozo (1994) en las páginas de *Infancia y Aprendizaje*. Recordaremos, tan sólo, la llamada de atención que en este debate realiza Ordóñez (1994) acerca del peligro de caer en una lectura puramente sociologista de la actividad científica. Las referencias a las relaciones CTS, por otra parte, plantean la cuestión del lugar de la tecnología entre los conocimientos escolares. Una cuestión que, a nuestro entender, merece una atención particular:

Enseñar tecnología?

Durante décadas, los diseñadores de currículos han excluido la tecnología, considerándola -señala Martinand (1986)- como algo "demasiado mundano", demasiado próximo a las actividades "comunes" para merecer un lugar en la enseñanza. La técnica aparecía, a lo sumo, como una simple aplicación de los conocimientos científicos. La corriente CTS ha contribuido a cuestionar la habitual distinción entre ciencia y técnica, haciendo ver que no

existe una frontera definida entre ambas y que uno de los motores del progreso científico ha sido, muy a menudo, el intento de solucionar algún problema técnico. mientras que, en otros casos (como ocurrió, p.e., con el telescopio), son los avances técnicos los que permiten un desarrollo espectacular del conocimiento científico. Existen, pues, sobradas razones para que la tecnología ocupe un lugar en el currículo de ciencias.

Pero no se trata sólo de contemplar la tecnología correspondiente al reciente desarrollo científico-técnico. No podemos olvidar que la investigación científica es una actividad muy reciente que ha estado precedida por milenios de desarrollo tecnológico, de características muy diferentes a las de la ciencia actual. Esta tecnología que ha precedido y, en buena medida, hecho posible la explosión científico-técnica actual, no ha encontrado aún su lugar en la escuela, donde encontramos el mismo tipo de conocimientos desde la Universidad a la Enseñanza Primaria. Más aún, ante el fracaso de la enseñanza en lograr la alfabetización científica de la mayoría de alumnos y alumnas, se intenta introducir cuanto antes la preparación científica, con la creencia de poder contribuir así a reducir dicho fracaso. Ello se traduce, a menudo, en currículos de Primaria inabordables, que incurren en los mismos errores (correctos y aumentados) que hemos señalado para la enseñanza media, con intentos de introducir -como han denunciado Colub y Kolen (1976)- "la metodología científica" en preescolar.

En el número 1 de *Investigación en la Escuela* (Gil, 1987) abordamos estas cuestiones, refiriéndonos a cómo tanto los trabajos de epistemología genética (Piaget, 1970) como la consideración de la evolución histórica del pensamiento humano, apuntan a la conveniencia de favorecer, en una primera fase, la forma de pensamiento

típica de la vida ordinaria, fruto de la multiplicidad de actividades, del abordaje de problemas prácticos y preguntas que los mismos niños se plantean. Una forma de pensamiento a la que están asociadas las adquisiciones tecnológicas de miles de años y a las que la enseñanza debe prestar la atención que merecen, tanto por su interés en sí como por su valor formativo (Gilbert, 1992). Ello supone que el contenido escolar, en esta etapa inicial, tenga como referente al conocimiento ordinario más que al conocimiento científico. En esta fase, además, reviste una especial importancia la atención a generar intereses y actitudes positivas hacia la ciencia y su aprendizaje. Puede pensarse, incluso, en estrategias específicamente dirigidas a atraer el interés, más próximas a lo que puede ser un espectáculo que a una real aproximación a la ciencia.

En resumen, es necesario salir al paso de la tendencia a transferir a la enseñanza primaria, simplificándolos, los mismos esquemas y orientaciones utilizados en la enseñanza secundaria o, incluso, universitaria. El objetivo durante dicha fase inicial no puede ser transmitir un cuerpo de conocimientos, sino el de favorecer una cierta acumulación experiencial precientífica, a través de actividades exploratorias de conocimiento del medio (Kamii y Devries 1983), y desarrollar un interés crítico hacia un (posterior) estudio de las ciencias.

Nos hemos detenido aquí en abordar la cuestión de los contenidos escolares en el nivel primario, planteando la posibilidad de una orientación claramente diferenciada de la correspondiente a la educación secundaria, durante la cual (particularmente en su fase superior) resulta más factible y provechosa una verdadera introducción a la ciencia. Sin embargo, el contenido de este tercer apartado puede haber dado, hasta aquí, la impresión de serias dificultades para lograr unos contenidos escolares

que sean asequibles a los alumnos y alumnas y contribuyan a visiones correctas de la actividad científica y su papel en la sociedad. Dicho de otra forma, hemos resalta- do las limitaciones y peligros de diferen- tes transposiciones didácticas, sin mostrar en qué medida se producían avances su- peradores. Es preciso, pues, detenerse ahora mínimamente en apuntar dichos avances.

¿Qué podemos, pues, enseñar?

Hemos pasado revista a diversas orien- taciones de la educación científica, inten- tando clarificar cómo se plantea en las mismas la relación entre conocimiento es- colar y conocimiento científico. Nos he- mos preocupado, sobre todo -como acaba- mos de señalar- en mostrar los peligros de ciertos reduccionismos que suelen estar presentes en las distintas prácticas y pro- puestas didácticas. Sería erróneo pensar, sin embargo, que el desarrollo de la didác- tica de las ciencias puede resumirse en un rechazo de sucesivos intentos de renova- ción. Por el contrario -como hemos inten- tado mostrar en otro lugar (Gil, 1993)- la relación entre las distintas propuestas es mucho más articulada, y los resultados ne- gativos obtenidos con cada propuesta no pueden interpretarse como simples frac- sos, sino como el origen de reestructura- ciones posteriores que integran, además, las aportaciones positivas de las prece- dentes. La extensión de este trabajo no nos permite mostrar esta filiación, pero si queremos insistir en que la didáctica de las ciencias representa el desarrollo de un auténtico cuerpo de conocimientos y no meras aportaciones puntuales sin funda- mentación ni vinculaciones. Este desarro- llo ha conducido durante los años 80 a la emergencia de las propuestas constructi- vistas, resultado convergente de investiga-

siones y acciones educativas realizadas desde muy diversas perspectivas.

No es posible presentar aquí la fundamentación y principales características de las orientaciones constructivistas para la enseñanza/aprendizaje de las ciencias (Resnick, 1983; Driver, 1986; Weathley, 1991...). Pero sí queremos insistir en que la idea de asociar el aprendizaje significativo a la construcción de conocimientos ha impulsado la aproximación de las situaciones de aprendizaje de las ciencias a las de construcción de conocimientos científicos, es decir, a las de una investigación científica, entendida en su sentido más amplio y creativo: sin su reduccionismo a "los procesos"; sin ignorar la importancia fundamental del cuerpo de conocimientos de que se parte; sin olvidar la contextualización social de la actividad científica; sin incurrir, en suma, en las habituales concepciones erróneas sobre la ciencia a las que hicimos referencia en el apartado 2.

La necesidad de plantear el aprendizaje de las ciencias como una investigación de *situaciones problemáticas de interés* aparece como una conclusión común de los más diversos estudios (Gil y Martínez Torregrosa, 1987; García y García, 1989 y 1992; Burbules y Linn, 1991; Weathley, 1991; Hodson, 1992; Gil, 1993; Pinelli y Lefèvre, 1993; Porlán, 1993; Furió, Bullejos y de Manuel, 1994...). Particular importancia tiene la capacidad integradora de esta propuesta: como Hodson (1992) ha resalado, los objetivos parciales del aprendizaje de conocimientos científicos y de la comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas interacciones con la sociedad pueden quedar subsumidos en el de hacer ciencia, es decir, en el de implicar a los alumnos en investigaciones científicas: *Los estudiantes desarrollan su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia, participando en investigacio-*

nes científicas, provisto que haya suficientes oportunidades y apoyo para la reflexión.

Se trata de una tesis que Hodson fundamenta con una cuidadosa revisión de la abundante literatura publicada estos últimos años en apoyo de la interrelación entre conocimiento conceptual y procedimental, etc. Una tesis que compartimos plenamente y que, en nuestra opinión, *profundiza y modifica las propuestas de cambio conceptual* -basadas en la identificación y puesta en cuestión de las concepciones alternativas de los estudiantes- cuyas limitaciones hemos analizado en otro lugar (Gil, 1993). El *cuadro 1* intenta resumir esta estrategia de aprendizaje de las ciencias como investigación de situaciones problemáticas de interés (Gil, 1993), aunque existen, por supuesto otras formas de esquematizarla (ver, p.e, Porlán, 1993).

Una estrategia de investigación, como la que hemos intentado resumir en el *cuadro 1* da un nuevo sentido a la idea de cambio conceptual y, en particular, a las situaciones de conflicto cognoscitivo: ya no suponen para los alumnos el cuestionamiento externo de las ideas personales, ni la reiterada aceptación de las insuficiencias del propio pensamiento (con las consiguientes implicaciones afectivas), sino un trabajo de profundización en el que unas ideas (tomadas como hipótesis) son sustituidas por otras (tan propias como las anteriores). El cambio conceptual deja así de constituir el objetivo explícito y adquiere un carácter funcional: de hecho, una investigación no se plantea para cuestionar ideas, para provocar cambios conceptuales, sino para resolver problemas de interés para los investigadores (es decir, en nuestro caso para los alumnos, no únicamente para los profesores); problemas que se abordan, como es lógico, a partir de los conocimientos que se poseen y de nuevas ideas que se construyen a título tentativo.

En este proceso, las concepciones iniciales podrán experimentar cambios e incluso, aunque más raramente, ser cuestionadas radicalmente, pero ése no será nunca el objetivo, sino, repetimos, la resolución de los problemas planteados.

En las cuatro fases que esquematizan las estrategias de enseñanza propuesta en el cuadro 1 puede apreciarse también la integración de aspectos esenciales que afectan la actividad científica, pero que a menudo no son suficientemente tenidos en cuenta en la enseñanza de las ciencias. Nos referimos concretamente a los problemas de contextualización del trabajo científico (relaciones CTS, toma de decisiones) y a los componentes afectivos (interés por la tarea, clima de trabajo...).

Todo parece apuntar, pues, a la superación de los reduccionismos simplistas (conceptual, metodológico o sociológico) de la actividad científica, presentes en las propuestas didácticas que hemos analizado. La emergencia de las orientaciones constructivistas ha ido pareja a la superación de tales reduccionismos y es deudora de una mejor comprensión de la actividad científica. Sería engañoso, sin embargo, pretender que las estrategias constructivistas de enseñanza suponen identificar la actividad de los alumnos a la de auténticos científicos. Naturalmente comportan una determinada transposición didáctica de la investigación científica que es preciso clarificar. Destinaremos a ello el último apartado de este trabajo.

<p>1. Plantear situaciones problemáticas que -teniendo en cuenta las ideas, visión del mundo, destrezas y actitudes de los alumnos y alumnas- generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.</p>
<p>2. Proponer a los equipos de estudiantes el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones, con la ayuda de las necesarias búsquedas bibliográficas, para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a explicitar <i>funcionalmente</i> sus ideas).</p>
<p>3. Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva, entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La invención de conceptos y emisión de hipótesis (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones). - La elaboración de estrategias de resolución (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone. - La resolución y el análisis de los resultados, cotejándolos con los obtenidos por otros grupos de alumnos y por la comunidad científica. Ello puede convertirse en oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas hipótesis; replantear el problema, etc.
<p>4. Plantear el manejo reiterado de los nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Técnica/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia.</p> <p>Favorecer, en particular, las <i>actividades de síntesis</i> (esquemas, memorias, mapas conceptuales...) la <i>elaboración de productos</i> (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y la <i>concepción de nuevos problemas</i>..</p>

Cuadro 1. Estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación

La relación entre conocimiento escolar y conocimiento científico desde una perspectiva constructivista

La idea central del modelo de aprendizaje de las ciencias como investigación que hemos propuesto consiste, como acabamos de ver, en el tratamiento de situaciones problemáticas abiertas de interés, a través de las cuales los alumnos puedan participar en la construcción de los conocimientos. Se trata de una estrategia de enseñanza que puede calificarse de *radicalmente constructivista*, en el sentido de que contempla una participación efectiva de los alumnos en la construcción de los conocimientos y no la simple reconstrucción subjetiva de los conocimientos proporcionados por el profesor o los textos. Ello genera muy a menudo lógicas reticencias en el profesorado: ¿Hasta qué punto no se trata de una propuesta utópica? *¿Tiene sentido -se suele preguntar- esperar que los alumnos puedan construir por sí solos todos los conocimientos que tanto tiempo y esfuerzos exigieron de los más relevantes científicos?*

Como vemos, esta pregunta cuestiona la idea de identificar la actividad de los alumnos a la de los científicos. Ello resulta absolutamente razonable y obliga a precisar qué entendemos por investigación de los alumnos, cuáles son sus semejanzas y sus *diferencias* con la investigación científica, cuál es, en definitiva, la transposición didáctica que se propone.

Esta transposición puede inspirarse, en nuestra opinión, en el proceso de formación de los propios científicos. En efecto, es bien sabido que cuando alguien se incorpora a un equipo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo. Y ello, no mediante una transmisión verbal, sino abordando problemas en los que quienes

actúan de directores formadores son expertos.

La situación cambia, por supuesto, cuando se abordan problemas que son nuevos para todos. El avance, si lo hay, se hace entonces lento y sinuoso. La propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos responde a la primera de las situaciones, es decir, a la de una *investigación dirigida*, en dominios perfectamente conocidos por el "director de investigaciones" (profesor) y en la que los resultados parciales, embrionarios, obtenidos por los alumnos, pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, a través del profesor, por los obtenidos por los científicos que les han precedido. No se trata, pues, de "engañar" a los alumnos, de hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con que ellos los adquieren (Hodson 1985), sino de colocarles en una situación por la que los científicos habitualmente pasan durante su formación, y durante la que podrán familiarizarse mínimamente con lo que es el trabajo científico y sus resultados, replicando para ello investigaciones ya realizadas por otros, abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo.

El planteamiento constructivista del aprendizaje de las ciencias ha de responder, pensamos, a estas características de investigación dirigida. Un trabajo de investigación en el que constantemente se cotejan los resultados de los distintos equipos y se cuenta con la inestimable ayuda de un experto.

Debemos insistir en que hablar de los estudiantes como "investigadores noveles", aunque ayuda a entender que no se está proponiendo una absurda identificación entre estudiantes y científicos, es una metáfora (o, si se prefiere, sigue comportando una transposición didáctica) y que la

distancia entre la actividad de un estudiante y un auténtico investigador novel sigue siendo enorme. Los investigadores noveles abordan situaciones que, aunque familiares para el experto, están próximas a la frontera del conocimiento y comportan un cierto grado de novedad y riesgo. Esa novedad y riesgo se reducen al mínimo en el caso del trabajo escolar, en el que el profesor puede conocer (gracias a la historia de la ciencia, sus experiencias docentes previas, etc) las dificultades que encontrarán los estudiantes, prever las ayudas pertinentes, preparar otros resultados para facilitar la confrontación y el análisis, etc. Los ritmos de avance diferirán, pues, radicalmente. El trabajo escolar se realiza, además, en torno a *situaciones muy simplificadas*. Cierta que cualquier tratamiento científico exige la simplificación de las situaciones, su modelización y acotamiento, pero, como es lógico, estas simplificaciones son mayores en la situación escolar. Ello supone que el conocimiento construido tendrá el carácter de una primera aproximación, susceptible de ulteriores profundizaciones y *rectificaciones*. Y aunque ello no supone una diferencia cualitativa respecto al conocimiento científico -que también es una aproximación siempre susceptible de profundización y revisiones- sí que existe una clara diferencia de grado, pues el conocimiento escolar queda, a menudo, bastante alejado del nivel alcanzado por la ciencia contemporánea.

En resumen: la relación entre conocimiento escolar y conocimiento científico, desde una óptica constructivista, no es vista como una ilusa identificación de ambos. Pero sí -y esto es lo que conviene resaltar- como una buena aproximación, susceptible, además, de facilitar una adquisición significativa de conocimientos y de comunicar al trabajo de los estudiantes el interés de una actividad más abierta, creativa y contextualizada.

Inconclusión

Este trabajo ha sido concebido, junto a los otros publicados en este número, como contribución a un debate en torno al conocimiento escolar, que esperamos pueda proseguir a partir de las reacciones que estas primeras aportaciones generen. Estamos convencidos de que este debate permitirá profundizar en la problemática abordada y alcanzar algunas *conclusiones colectivas* que, aunque provisionales, nos ayuden a un mejor planteamiento de la enseñanza de las ciencias. Dejamos, pues, este artículo abierto, inconcluso, a la espera de las otras aportaciones.

BIBLIOGRAFIA GENERAL

- ARCA, M. P. GUIDONI Y P. MAZZOLI. Enseñar ciencia. Paidós, Barcelona, 1990. 207 págs.
- AZUELA, Arturo y otros. Cultura, ciencia y desarrollo. Grijalbo, México, 1980.
- BENLLOCH, Montse. Por un aprendizaje constructivista de las ciencias. Visor, Madrid, 1984. (Aprendizaje) 176 págs.
- BOJORQUEZ CASTRO, Luis y otros. Guía para el maestro. Medio Ambiente. Educación Primaria. SEP, México, 1992.
- DRIVER, R., E. GUESNE Y A. TIBERGHIEU. Ideas científicas en la infancia y la adolescencia. Ministerio de Educación y Ciencia-Morata, Madrid, 1989.
- FEYERABEND, Paul. Tratado contra el método. Red Editorial Iberoamericana-México, México, 1993. 319 págs.
- GIL PEREZ, Daniel. "Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico", en: Investigación en la Escuela. Num. 23. Diada, Sevilla, 1994. pp. 17-32.
- GIORDAN, André y Gerard de Vecchi. Los orígenes del saber. Diada, Sevilla, 1988. (Colección Investigación y Enseñanza). 239 págs.
- GIORDAN, André. La enseñanza de la ciencia. Siglo XXI de España, Madrid, 1985, 221 págs.
- MORLEY, Sylvanus G. La civilización maya. Fondo de Cultura Económica, México, 1982. 527 págs.
- FORLAN, Rafael. Constructivismo y Escuela. Diada, Sevilla, 1993. (Investigación y enseñanza). 194 págs.
- ROUGEMONT, Denis de. La aventura occidental del hombre. SUR, Buenos Aires, 1968. 197 págs.
- VARIOS AUTORES. Módulo científico-tecnológico. SEP-CONACULTA, México, 1992.

**PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA ANTOLOGÍA
BÁSICA DEL CURSO: EL NIÑO, LA ESCUELA Y LA NATURALEZA.**

AUTORA:

**ALMA DEA CERDÁ MICHEL
UNIDAD AJUSCO**

COLABORADOR:

MARCO VINICIO OLIVA LÓPEZ

ASESORA:

MARÍA NORMA VENEGAS GARCÍA

**COORDINADORA DE LA LICENCIATURA EN EDUCACIÓN,
PLAN 1994**

XÓCHITL L. MORENO FERNÁNDEZ

MÉXICO, JUNIO 1995