

5

POLEMICA EDUCATIVA

Constructivismo, ¿construir qué?

COLECCIÓN POLEMICA EDUCATIVA

Constructivismo, ¿construir qué?

Dino Segura

ESCUELA PEDAGÓGICA EXPERIMENTAL

5

CONSTRUCTIVISMO: ¿CONSTRUIR QUÉ?

Dino Segura

COLECCIÓN POLÉMICA EDUCATIVA

Escuela Pedagógica Experimental
Apartado Aéreo 25683, Santafé de Bogotá, Colombia
Correo electrónico: corepe@yahoo.com

© 2000. Dino Segura

PRIMERA EDICIÓN: abril de 2000

ISBN: 958-955-02-2-3 (Colección Polémica Educativa)
958-95502-3-1 (Este volumen)

EDICIÓN:
Escuela Pedagógica Experimental

DISEÑO DE PORTADA:
Sergio Ricardo Vargas

DIAGRAMACIÓN Y CORRECCIÓN:
Oscar Oswaldo Torres A.

IMPRESIÓN Y ENCUADERNACIÓN:
Centro de Impresión Digital Cargraphics, S.A.

Se prohíbe la reproducción total total o parcial de esta obra por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros, sin el permiso previo y escrito de la Escuela Pedagógica Experimental.

Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

Contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. EL APRENDIZAJE DE LA CIENCIA A NIVEL BÁSICO:	
¿CONTINUIDAD O DISCONTINUIDAD?	5
Primera consideración	15
Segunda consideración	16
Panteamiento final	17
Caracterización del conflicto	18
Amanera de síntesis	20
Bibliografía	23
2 CONSTRUCTIVISMO: ¿CONSTRUIR QUÉ?	25
Introducción	27
Los paradigmas como matriz disciplinaria	29
Las pre teorías o concepciones espontáneas de los alumnos	32
El tercer elemento de la matriz paradigmática	35
<i>Las imágenes del conocimiento</i>	36
<i>El marco epistémico</i>	39
<i>Datos o transposiciones mentales</i>	41
Aproximación a una interpretación del desarrollo de la ciencia	42
<i>Las imágenes del conocimiento y los contextos sociales en la historia</i>	42
<i>La Grecia antigua</i>	43
<i>La Edad Media</i>	45
<i>El Renacimiento</i>	45
<i>La época contemporánea</i>	47
<i>Las imágenes de ciencia y los contextos sociales</i>	48

Hacia una concepción constructivista de la enseñanza	49
<i>La concepción del conocimiento en el contexto cultural</i>	50
<i>La relación con el conocimiento en nuestra escuela</i>	51
Bibliografía	58

3 EL CAMBIO METODOLÓGICO: UNA PREMISA PARA

EL CAMBIO CONCEPTUAL	61
Elementos de aproximación para formación en una metodología científica	69
<i>La metodología de la superficialidad</i>	70
<i>La metodología científica</i>	74
<i>Elementos para una alternativa didáctica</i>	76
Bibliografía	80

4 LA CULTURA ESCOLAR Y LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

Y LA TECNOLOGÍA	83
Introducción: perspectivas de formación	85
¿De qué ciencia estamos hablando?	87
<i>Lo que entendemos por 'ciencia'</i>	87
<i>El contexto de producción científica</i>	96
La relación entre el conocimiento científico y el alumno	100
<i>Aproximación a las formas de explicación contemporáneas</i>	102
<i>El problema de las actitudes: el contexto</i>	104
<i>Las vivencias de conocimiento 12 y las vivencias de vida en sociedad</i>	106
<i>La clase y las vivencias de conocimiento</i>	108
<i>El ambiente educativo y el ambiente de la clase</i>	110
Ejemplos anecdóticos	112
<i>Cas de las moscas</i>	112
<i>Los colores de la llama</i>	113
Bibliografía	115

5 EL PENSAMIENTO DE LOS ALUMNOS: TESTIMONIOS

DE CLASE (ELEMENTOS PARA UNA DISCUSIÓN)	117
Introducción	119
Las formas de explicación en los niños	120

Las formas (o estrategias de razonamiento) de los alumnos	123
<i>Las aproximaciones sucesivas</i>	124
<i>El pensamiento proporcional y los invariantes</i>	129
<i>Las conservaciones y los invariantes</i>	132
Conclusión	136
Bibliografía	137

6 EL CONSTRUCTIVISMO: ¿CAMBIO DE MIRADA

O CAMBIO DE REALIDAD?	139
Introducción	141
Primera situación, el problema de las propiedades	143
Segunda situación, la percepción y quien percibe	144
Tercera situación: la percepción y el conocimiento	146
Los retos para una escuela anacrónica	151
<i>Las realidades</i>	154
<i>Los supuestos de realidad</i>	159
<i>Las propiedades y las interacciones</i>	160
Bibliografía	164

Introducción

Con mucha frecuencia tanto las políticas oficiales como las tendencias generales, que orientan las reflexiones de los maestros, están basadas en concepciones y problemas que en su momento son importantes en países como Francia, Estados Unidos o Italia. Es indudable que ésta es una fuente valiosísima para enriquecer nuestras discusiones y propuestas para educación a nivel local. Sin embargo, vale la pena hacernos varios interrogantes.

Por una parte, nos preguntamos en qué medida otros elementos tales como las propias experiencias (por ejemplo, las experiencias de aula, o las formas de organización escolares que han propuesto maestros muy cercanos a nosotros) pueden incidir tanto en las políticas como en las reflexiones en educación. En el mismo sentido, cabe el cuestionamiento por la ausencia de ideas propias en tales reflexiones; pareciera que en los discursos y propuestas lo único que se manifiesta es algún

desarrollo de las ideas externas que se repiten, pero rara vez una novedad. Es así como son importadas las concepciones curriculares, las estrategias de evaluación, las concepciones de conocimiento, los métodos e incluso los problemas.

Por otra parte, y en esto las reflexiones contemporáneas nos están dando la razón, los problemas que tienen que resolver los investigadores en educación (que posiblemente son los maestros mismos) son fundamentalmente problemas contextuales. En otras palabras, nuestros problemas más determinantes no los compartimos con los países que usualmente publican novedades y propuestas, que son el mismo grupo de países que marcha a la cabeza en los desarrollos industriales. Ellos tienen otros problemas. Para ellos, por ejemplo, el que los jóvenes no quieran estudiar ni ciencia ni ingeniería ni medicina (podríamos decir que casi no quieren estudiar nada) es una preocupación capital.

En nuestro caso, el que no existan universidades con condiciones de estudio para la inmensa cantidad de jóvenes que desean ir a la universidad, es parte del problema. Para ellos, conseguir que, desde muy temprano, los pocos que van a la universidad logren los conceptos más importantes en las diferentes ciencias es lo importante, por ejemplo, porque posibilita mercados de trabajo y de consumo para la producción industrial, y el que ello no se consiga en la escuela es un problema.

Para nosotros el problema es distinto: nos preguntamos cómo lograr que nuestros jóvenes en particular –pero nuestra población en sentido amplio– se convenzan de que son capaces de inventar, de hacer conocimiento, de descubrir problemas en la realidad concreta en que estamos viviendo. Y el que la escuela no esté haciendo nada en este sentido es un problema fundamental.

Es por ello que nuestras reflexiones deberían marchar en otras direcciones. Y tal es la invitación que queremos formular con la publicación de estos artículos. Mientras en los países desarrollados el constructivismo, por ejemplo, está orientado a que los muchachos construyan lo que la ciencia ya ha establecido y que se cree equivocadamente que es la verdad, nosotros necesitamos construir otras cosas, nuestro problema puede ser, por ejemplo, cómo lograr que nuestros jóvenes construyan la confianza en su propia racionalidad, en su propia capacidad para solucionar nuestros problemas, en las posibilidades que surgen de la relación con los otros.

Y estamos convencidos de que si ello se logra, muy fácilmente pueden acceder luego a las informaciones que los currículos proponen (y que existen en infinidad de medios de información), y lo harán porque si se cuenta a la vez con los problemas y con la seguridad de la posibilidad de lograr su solución, las contribuciones que existen para resolverlos tienen sentido. Estas afirmaciones no pueden interpretarse como una invitación a construir una muralla infranqueable frente a lo que sucede en educación en otras partes.

Para evitar tales extrapolaciones, queremos reivindicar en la reflexión educativa tres fuentes que nos parece que deben estar presentes en las empresas innovativas. Por una parte, la experiencia propia en el campo y en el nivel para el cual se habla; es importante que hablen los maestros. Por otra, se requiere a la vez de la información que de modo permanente está disponible a través de revistas, páginas electrónicas, libros, especialistas, etc., y de la que existe en la experiencia de muchos maestros de nuestras escuelas, que debe ser recuperada, superando la estigmatización usual de que no escriben porque no saben escribir, cuando lo cierto es que no se escribe porque se piensa que lo que se escribirá no vale la pena o no le

Constructivismo: ¿construir qué?

interesa a nadie. Y finalmente el pensamiento crítico, que permita articular los dos primeros elementos en torno a las problemáticas concretas que se desea resolver.

Los artículos que recoge esta publicación son un testimonio del intento de articulación antes propuesto. El autor ha trabajado a dos niveles: por una parte, tratando de recoger los testimonios de la experiencia cotidiana en una institución que por sus planteamientos innovativos lo facilita y que seguramente es mucho más rica que lo que se escribe, y por otra, con la pretensión de situar tales prácticas en el ámbito de las discusiones contemporáneas de los países que investigan en educación.

Es por ello que las concepciones de constructivismo que se proponen o las ideas de evaluación o de calidad no coinciden con los planteamientos usuales y pueden parecer, en algunos casos, radicales. Independientemente de ello, con estas reflexiones queremos enriquecer la discusión sobre la cotidianidad en la escuela y coadyuvar a que se haga más amplia y genuina, con la meta siempre presente de contribuir a hacer de nuestra educación un factor que coadyuve a superar los innumerables problemas que estamos viviendo.

1

**El aprendizaje de la ciencia
a nivel básico:
¿continuidad o discontinuidad?**

Publicado originalmente en la revista *Naturaleza, educación y ciencia*, No. 0, Bogotá, 1981.

En un trabajo anterior (Segura, 1977) se planteaba la imposibilidad de lograr, en niveles de enseñanza media, una construcción teórica. Los argumentos eran:

- a) Si se tiene en cuenta el nivel de desarrollo cognoscitivo de los alumnos, por una parte; y por otra, el nivel de complejidad teórica que caracteriza tanto a la construcción teórica como a la teoría misma, no es posible para la enseñanza media lograr una *consistencia lógica*, que permita a los dos interlocutores: el maestro y el alumno, utilizar el mismo lenguaje.
- b) La construcción teórica posee ciertos principios o conceptos puente que la vinculan con los observables. La construcción de tales reglas de correspondencia y su definición exacta son indispensables si se quiere lograr significados exactos y coherentes dentro de la elaboración teórica. En estas condiciones, la definición de tales reglas de correspondencia –que darán posteriormente significado a los términos y proposiciones de la teoría– debe constituirse en una etapa anterior a la construcción teórica, para garantizar que ésta, a la vez que tenga validez teórica, posea significación y por ende capacidad explicativa.

El presente trabajo conduce hacia un resultado similar partiendo de consideraciones sobre las características de los conocimientos anteriores a la clase que poseen los alumnos; esto es, de consideraciones acerca de la distancia que existe entre el saber común y el conocimiento científico.

El propósito no es plantear soluciones. Se trata, por el contrario, de plantear dificultades y más aún de considerar una dificultad particular y alrededor de ella proponer algunos datos que podrían conducirnos hacia la identificación de criterios y métodos para su solución. A fin de identificar el tipo de problemática que aborda el presente trabajo, partiremos de los supuestos siguientes:

1. El maestro sabe lo que se propone enseñar.
2. El alumno quiere aprender (o saber) lo que el maestro le enseñará.

Estos supuestos eluden gran parte del problema general de la didáctica, pero permiten centrar nuestra atención en un punto preciso del proceso enseñanza-aprendizaje.

Si bien es cierto que no podemos establecer de una manera general cuáles son los métodos, recursos, secuencias didácticas, etc., específicos que se utilizan en clase, se puede partir del propósito compartido de ella: el maestro (o la clase) tiene por objeto el que cierta *teoría* sea aprendida por sus alumnos. En el proceso mediante el cual el maestro busca el cumplimiento de este objetivo puede utilizar los recursos disponibles. El alumno comparte el objetivo recíprocamente: él quiere aprender lo que le quieren enseñar y no especificará más puesto que desconoce aún la teoría-contenido-objetivo de la clase.

El que el alumno desconozca la teoría no quiere decir que no haya estado en contacto con el fenómeno o los fenómenos que la teoría explica. Es más, si se trata de la Física, antes de estudiar la teoría el alumno ya posee criterios descriptivos y explicativos de los fenómenos relacionados con ésta (Bachelard, 1975, p. 21). Podríamos decir que, por interacción con la fenomenología de la vida cotidiana, el alumno *espontáneamente* ha constituido una Física también espontánea con anterioridad a la clase. Por brevedad, nos referiremos a tal construcción como *preteoría*. Así pues en la clase, a nivel epistemológico, la situación que para el alumno se presenta se puede esquematizar de la manera siguiente:

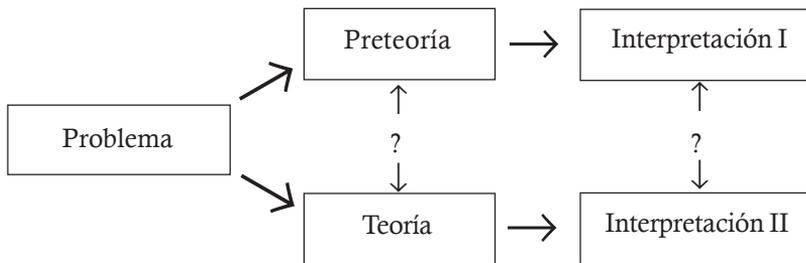


Diagrama 1

Existe una colección de fenómenos o situaciones (problema) planteados posiblemente por el maestro, ante los cuales caben dos interpretaciones diferentes y que proceden de concepciones teóricas distintas:

1. La interpretación procedente de la preteoría (del alumno).
2. La interpretación procedente de la teoría (del maestro).

En general, para el alumno y como resultado de la clase, pueden a su vez darse las opciones siguientes:

1. Aceptación simultánea de las dos construcciones: la espontánea y la teórica.
2. Primacía de la construcción espontánea, ya sea por no construcción de la teoría, o por otras razones.
3. Reemplazo de la teoría espontánea por la teoría válida.

Valdría la pena preguntar en este momento si lo que se pretende es conciliar la preteoría con la teoría o, por el contrario, reemplazar la preteoría por la teoría. La respuesta es solamente posible en la medida en que conozcamos de alguna manera la preteoría: cuáles son los puntos de contacto con la teoría; cuáles son los esquemas explicativos preteóricos que pueden considerarse válidos; en qué medida es posible, partiendo de tales esquemas, la construcción teórica total.

Sin embargo, parece ser que los esquemas explicativos preteóricos (es decir, del saber común o del conocimiento espontáneo) en muchas oportunidades guardan una similitud estrecha con concepciones teóricas que fueron abandonadas hace tiempo (Piaget, 1972; Agassi, 1970) y cuyo abandono representó, la mayoría de las veces, más características de reemplazo que de conciliación. Teniendo en cuenta esto, si de lo que se trata es de lograr una cultura científica teniendo conciencia de la existencia del saber común, sería ilustrativo considerar la manera como se ha dado tal proceso en el caso del conocimiento colectivo (es decir, en la historia de la ciencia).

Las situaciones que se pueden suscitar en el aula ante una presentación corta del problema pueden ser de dos tipos; tal clasificación es semejante a las situaciones características que se han dado en el desarrollo científico y que corresponden a aquellos períodos que Bachelard (Bachelard, 1975, p. 290)

esquematiza como «épocas en que la razón experimenta inquietudes»: antes de la clase los fenómenos o bien eran interpretados con base en la preteoría (situaciones de primer tipo), o bien, simplemente no se habían considerado por no formar parte de las experiencias cotidianas (situaciones de segundo tipo). Metodológicamente, las dos cuestiones plantean aspectos y consideraciones diferentes para el análisis de la clase.

Ejemplo de la primera opción en la historia de la ciencia es la formulación galileana de la ley de la inercia, en contraposición con la formulación aristotélica. Otro ejemplo es la interpretación moderna de la teoría de la combustión, en contraposición con la teoría del flogisto. Cuando esta situación se presenta, es imposible remendar la vieja teoría, se hace imprescindible reemplazarla.

En el segundo caso se presentan respuestas de desencanto ante la falta de generalidad de la vieja teoría y, en el mismo sentido, de lo que se había aprendido y de lo que se creía saber; se da también la tendencia a eliminar lo nuevo por conservar avaramente los conocimientos anteriores; finalmente, se presentan también tendencias a buscar, aun artificiosamente, la manera de conciliar lo nuevo con lo viejo. Un ejemplo típico de esta situación es el antagonismo entre una electrodinámica “terminada” y el modelo de Bohr, que postula cargas eléctricas en movimiento que no radian energía.

A nivel didáctico, también se presentan las dos opciones, y las circunstancias en que lo hacen son también distintas. Por ejemplo, veamos cuáles son las diferencias y los resultados del aprendizaje (o de la enseñanza) de estas dos teorías:

1. La mecánica newtoniana.
2. El electromagnetismo clásico.

Veamos estas observaciones.

1. El electromagnetismo es más difícil de aprender por poseer un mayor grado de abstracción. En otras palabras, los términos de la teoría electromagnética están más separados de la experiencia cotidiana que los términos en la Teoría Mecánica Clásica. El vínculo o vínculos de la teoría con los observables es mucho más complejo que en la Mecánica. Si se definiera el nivel de complejidad teórica de un término de una teoría por el número de relaciones que deben efectuarse dentro de la teoría hasta lograr el término que define posibles reglas de correspondencia, es indudable que los términos que se utilizan en el electromagnetismo son más complejos que los términos de la Mecánica clásica.
2. Tradicionalmente, es menor el número de estudiantes que logran una descripción correcta de los fenómenos electromagnéticos, que el número de quienes logran la descripción correcta de los fenómenos mecánicos. Podríamos decir que son menos los que aprenden electromagnetismo que los que aprenden mecánica.
3. Recíprocamente, quienes aprenden electromagnetismo, lo aprenden bien, en la mayoría de los casos, mientras que los que aprenden la mecánica en realidad no la aprenden. Con esto quiero sintetizar innumerables quejas de este todo:
 - a) Los estudiantes enuncian correctamente la ley de la inercia; sin embargo, ante fenómenos cotidianos simples, no están en capacidad de describirlos en términos de la ley de la inercia (Cohen, 1963).
 - b) La tercera ley es comprendida y aplicada correctamente para sistemas en reposo; sin embargo, para casos de sistemas en movimiento, la aplicación de la ley presenta dificultades.

- c) Los estudiantes pueden explicar por qué se hunden los cuerpos en el agua. Sin embargo, fallan al explicar por qué flotan, o por qué un globo se eleva.

El caso del electromagnetismo ejemplifica situaciones del segundo tipo. Se trata de una teoría relacionada con fenómenos que no forman parte de la experiencia cotidiana. Parece ser que la teoría o puede coexistir pacíficamente con las intuiciones inmediatas espontáneas o eliminarlas fácilmente ya que no poseen peso en la concepción espontánea del alumno.

No sucede lo mismo con la mecánica (ejemplo de situaciones del primer tipo) porque:

- a) La teoría presenta descripciones y explicaciones de acontecimientos que antes de la teoría ya poseían interpretación (en términos de la preteoría).
- b) En estas circunstancias, la teoría debe reemplazar a la preteoría, no en la interpretación de fenómenos particulares, sino en la interpretación de todos los fenómenos cotidianos.
- c) Tal remplazo no se da en la práctica. Parece ser que la teoría se aprende en clase para efectos de la clase, pero para efectos de la vida cotidiana se continúa utilizando la preteoría. Es decir, se da el caso de una aceptación simultánea (condicionada inconscientemente por el alumno) de las dos construcciones.

Este resultado puede ser consecuencia del intento del maestro de imponer la interpretación proveniente de la teoría sin tener en cuenta la preteoría, intento que choca con el obstáculo siguiente. En la explicación se utilizarán significados precisos

de la teoría, de una teoría que el alumno no ha formalizado aún y, consecuentemente, el puente entre el lenguaje común (como expresión del saber común) y la teoría está enteramente en manos del alumno. Tendremos entonces un “saber teórico” interpretado por el saber común, en vez de un saber común interpretado por la teoría.

Cabe anotar, además, que la seudocomprensión planteada por la Mecánica se propaga fácilmente a otras teorías en la medida en que fenómenos y situaciones mecánicas se utilizan como analogía para la comprensión de fenómenos del dominio de otras teorías. Esto implica –recíprocamente– que una buena comprensión de la Mecánica también se propagaría hacia otras teorías, arrastrando con ella coherencias, comprensión y exactitud teóricas.

Centraremos ahora la atención en aquellas situaciones en las cuales ya existe, con anterioridad a la teoría, una preteoría de los fenómenos que aquella explica. Ejemplos de esta situación son la mecánica, la teoría del calor, la estructura de la materia y los cambios de estado en la Física, y en Biología la diversidad de especies sobre la Tierra y ciertos mecanismos hereditarios. En otras palabras, trataremos aquel caso en el cual *la preteoría es una barrera que se interpone entre la teoría y el razonamiento del alumno*. Observemos además cómo, antes de la clase, el error se encuentra ya posiblemente consolidado y consolidando toda una concepción del mundo. La consideración de la existencia de la pPreteoría plantea una problemática completamente diferente a la tradicional en la práctica del docente.

Sintetizando, el problema ante el cual estamos es que con anterioridad a la clase existe un error y que éste se constituye en

una especie de impermeabilización ante la teoría que el maestro se propone enseñar.

Parafraseando a Toulmin (Toulmin, 1960, p. 20), podríamos plantearnos el objetivo de la clase ante esta situación así: “No se trata de que el alumno logre familiarizarse con nuevos fenómenos, sino que interprete los fenómenos familiares de una manera diferente”. Pero, si deseamos una interpretación diferente de los fenómenos, es imprescindible conocer cómo es la interpretación que resulta de la preteoría y, en este sentido, responder a interrogantes tales como:

1. ¿En qué medida la interpretación basada en la preteoría es explicativa?
2. ¿Qué explica?
3. ¿Qué no explica?
4. ¿Qué similitud existe entre tal interpretación y teorías científicas que existieron en otro tiempo?
5. ¿Qué distancia existe entre tal interpretación espontánea y la teoría-contenido-objeto de la clase?

Y, por otra parte,

6. ¿Será posible en *una* clase o en *un* curso pasar del *error* a la *teoría*?

Finalmente, y para efectos didácticos, la solución a los interrogantes anteriores nos orientará hacia la solución de la pregunta acerca de cómo se logra el puente epistémico entre la preteoría y la teoría.

Primera consideración

Como consecuencia de lo anterior, se impone la necesidad de confrontar, con base en situaciones problema perfectamente definidas, el saber espontáneo con los fenómenos que éste pretende explicar. A esta confrontación –por la característica que posee– la denominaremos *conflicto*. La situación que se propone es en realidad un conflicto para la preteoría, es un intento de colocar la Física espontánea anterior a la clase en dificultades y también de proponer indirectamente, a través de su solución, opciones de interpretación alternativas y a su vez más cercanas a la teoría.

Segunda consideración

Antes de continuar, conviene tener en cuenta dos resultados de la Filosofía de la Ciencia que pueden ser pertinentes para el asunto que nos ocupa. A nivel teórico, los filósofos de la ciencia plantean la efectiva vinculación del saber común y las teorías científicas (Geymonat, 1972, p. 84). Este resultado apunta, entre otras cosas, a darle importancia en el estudio de las teorías no solamente al aspecto sintáctico de la Teoría, sino también al aspecto semántico (y aun, si se quiere, al aspecto pragmático). Pero si tales vínculos existen, éstos no se dan entre términos particulares de la teoría y situaciones particulares, sino entre la teoría como un todo y los fenómenos a que ésta se refiere. En otras palabras, si la confrontación experimental de los postulados o axiomas básicos no se puede lograr, la confrontación experimental de los resultados de la teoría sí es posible, como lo atestigua el uso de la teoría mediante las técnicas.

Por otra parte, los vínculos entre la teoría y el saber común no son estáticos, fijos e inmutables. En la medida en que las técnicas evolucionan y la teoría produce nuevos teoremas particulares para casos particulares, los nexos entre la teoría y el saber común son diferentes.

Planteamiento final

Estos dos resultados: la característica “global” de los vínculos y la evolución de ellos, pueden utilizarse en el problema que nos ocupa a nivel didáctico tanto para evaluar nuestras prácticas tradicionales como para orientar nuestra clase de una manera diferente. Mientras en la ciencia se ha reconocido la imposibilidad de lograr “experimentos cruciales” para contrastar sus axiomas, a nivel didáctico estamos tratando constantemente de construir tales experimentos. Mientras en la ciencia se ha reconocido también que tales vínculos evolucionan, que son diferentes para cada época y posiblemente para cada sociedad, en las secuencias didácticas los planteamientos particulares introductorios de la clase continúan testarudamente inmodificables.

Hemos planteado dos puntos:

1. La necesidad de confrontar el “saber común” con situaciones que constituyan para tal saber un conflicto. Tal conflicto debe apuntar en dos direcciones. Por una parte, a derribar las concepciones espontáneas y, por otra, a dar bases para una construcción teórica.
2. La necesidad de investigar los nexos o vínculos que existen entre la construcción teórica y el “saber común” para utili-

zarlos como base para la reconstrucción de la teoría. Vale decir también que tales nexos son diferentes para épocas diferentes y posiblemente para sociedades diferentes en una misma época.

Estos dos puntos están íntimamente vinculados en cuanto apuntan al mismo objetivo y un conocimiento de lo segundo es un dato importante para la planeación de los conflictos.

Caracterización del conflicto

Algunos metodólogos plantean el uso y el valor del conflicto como elemento motivador fundamentalmente en el sentido de “sorprender” al sentido común (Woodburn, 1971). El valor del conflicto es mayor aún, cuando se tiene en cuenta su aspecto epistemológico —siempre y cuando esté concebido con las características que se plantearon anteriormente—. Lo que se pretende además de la motivación es que como resultado del conflicto, aun cuando no logremos la teoría, nos aproximemos a ella, pues es posible que exista una etapa —o varias— entre la preteoría y la teoría; es decir, que entre las dos exista una preteoría evolucionada.

En general el conflicto es provocado por un problema o situación propuesta cuya interpretación se efectúa en términos de la preteoría. Tal interpretación se contrasta entonces “observacionalmente”. Propongo que a estas actividades que suscitan (el conflicto) se les dé el nombre de “observaciones” para distinguirlas de actividades prácticas inspiradas en la teoría. Mientras en un experimento se conoce de antemano el vínculo del resultado con la teoría y sus posibles errores y resultados, el resultado de una observación —en el sentido en la cual

Tal vez de una manera esquemática, pero también por razones de claridad, podríamos imaginarnos la situación que estamos planteando de la siguiente manera. Supongamos que la preteoría (espontánea e inconsciente) es el patrón mediante el cual el individuo procesa las informaciones provenientes de su medio (incluidas las experiencias escolares). En la medida en que tales informaciones son interpretadas satisfactoriamente, sin constituirse en problemas para la preteoría, ésta se afianza.

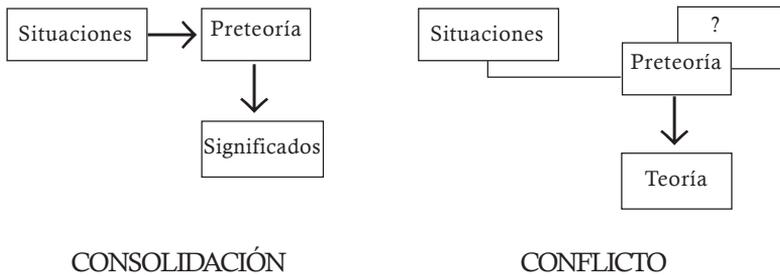


Diagrama 3

Cuando no es posible la interpretación de la información con base en la preteoría, o tal interpretación no se logra satisfactoriamente; es más, cuando tal intento se convierte en un elemento antagónico para la preteoría, se presenta el conflicto. Este conflicto debe ser aprovechado mediante una planeación adecuada de la situación, no solamente para desequilibrar la preteoría, sino para sentar las bases que permitan al estudiante avanzar hacia otro nivel preteórico (y en casos especiales hacia la teoría en la medida en que se construyen referentes para la futura construcción de las reglas de correspondencia).

En términos de la psicología de la inteligencia, podríamos decir que mientras todas las vivencias cotidianas (no analiza-

das) tienden a reforzar la concepción teórica espontánea, en un proceso quizás análogo a la asimilación, solamente situaciones planeadas cuidadosamente para provocar conflictos a tal concepción espontánea pueden orientar al individuo hacia concepciones evolucionadas en un proceso similar a la acomodación.

Ahora bien, lo anterior implica la necesidad de conocer las características de la preteoría. Al respecto existen dos cuestiones de importancia. Por una parte, es posible que el pensamiento espontáneo del adolescente proceda, como en el niño, mediante yuxtaposición, de manera tal que en gran medida los juicios no se interrelacionan. Se entendería así cómo aparecen explicaciones totalmente diferentes para fenómenos que son (teóricamente) idénticos, tales como el ascenso de un globo y la flotación en el agua. Por otra parte, la preteoría es inconsciente. Las explicaciones no se verbalizan espontáneamente. Es necesario el interrogatorio para lograr algunos elementos de ella.

En este sentido, es inevitable preparar situaciones que susciten el diálogo y la verbalización consciente y la formulación de presunciones y expectativas ante situaciones problema. Muchas veces la sola exteriorización de tales asunciones deja ver la no fundamentación de la posición adoptada. Por la misma razón es también importante la discusión entre "iguales" (compañeros) frente a situaciones problema; de tales discusiones surge con mayor frecuencia la conciencia respecto de la debilidad de las argumentaciones (Piaget, 1958, p. 346).

A manera de síntesis

La meta de esta exposición es plantear la necesidad de confrontar observacionalmente las concepciones teóricas espontáneas; esto es, provocar conflictos a esa preteoría espontánea que surge sólo por estar en contacto con el mundo que nos rodea.

Con este propósito se plantean las siguientes consideraciones:

- a) Una construcción que no tenga en cuenta la existencia paralela de la preteoría corre el riesgo de lograrse por yuxtaposición y por consiguiente sin la estructuración que permita generalización y explicación de fenómenos cotidianos (no controlados en el laboratorio).
- b) La preteoría espontánea es inconsciente. En tal sentido debe buscarse la exteriorización de ella con base en la predicción y explicación de situaciones y fenómenos planeados cuidadosamente por el maestro con tal fin.
- c) La confrontación de tales predicciones, expectativas y explicaciones con la observación de fenómenos debe estar orientada hacia situaciones conflictivas que apuntan contra la preteoría y hacia la teoría, directa o indirectamente.
- d) Los vínculos entre la teoría y la experiencia se logran “de conjunto”, es decir, no entre axiomas de la teoría y ciertas experiencias, sino entre la teoría como un todo y situaciones y fenómenos complejos pero cotidianos. Se debe tratar de erradicar de la docencia los experimentos cruciales que, por una parte, no son ciertos y son más bien artificiosos y, por otra parte, plantean al estudiante la Física como algo alejado del mundo que lo rodea.

- e) Los vínculos entre la teoría y la experiencia no son fijos e inmutables sino que evolucionan, y tal evolución debería correlacionarse con las secuencias y métodos docentes que se utilizan.
- f) En la construcción teórica son inevitables los experimentos mentales; éstos deben estar precedidos de algunos conceptos puente (reglas de correspondencia) que permitan dar significado tanto a las variables y a la manera de controlarlas, como al resultado del experimento y a sus límites de validez.

No basta pues lograr una consistencia lógica en la situación didáctica. Aun cuando los contenidos, su estructura, esto es, su sintaxis corresponda por su complejidad lógica a las operaciones lógicas, al nivel de desarrollo cognoscitivo del alumno, si el significado de las construcciones –el sentido que los diferentes términos y relaciones adquieren en clase al ser contruidos– no corresponde a la concepción teórica, la construcción teórica no es posible. Pero para lograr tal correspondencia es necesario, a nivel teórico, comenzar por la construcción de referentes reales que verdaderamente estén cerca del alumno y, a nivel conceptual, por demostrar la fragilidad de las concepciones preteóricas espontáneas.

Bibliografía

- Agassi, Joseph (1970). «Can we learn from history? Problèmes généraux d'histoire des sciences-epistemology». *Congree intenationales d'histoire de sciences*, París, 1968, Actes, tome II.
- Bachelard, Gastón (1975). *La formación del espíritu científico*, Siglo XXI Editores Buenos Aires, Argentina.
- Cohen, Bernard (1963). *El nacimiento de una nueva física*, Editorial Eudeba, Buenos Aires, Argentina.
- Piaget, Jean (1958). *The growth of logical thinking, from childhood to adolescence*, Basic Books, Inc. Pbl.
- Piaget, Jean (1972). «Physical world of the child», *Physics Today*, junio.
- Geymonat, Ludovico (1972). *Filosofía y filosofía de la ciencia*, Nueva Colección Labor, Bcelona, España.
- Segura, Dino (1977). «Elementos para el análisis de una metodología para la enseñanza de la física». *VII Congreso Nacional de Física*, Cartagena, Colombia, Anales del Congreso.
- Toulmin, Stephan (1960). *The phylosophy of science. An introduction*, Harper Torchbooks, Nueva York.
- Woodburn, John (1960). «Discover and describe», *The Science Teacher*, diciembre.

2

**Constructivismo:
¿construir qué?**

Introducción

Un caso particularmente claro de lo engañoso del lenguaje y de los equívocos que resultan de acuerdos basados sólo en las palabras, se presenta actualmente entre los educadores, quienes cada vez en mayor número y con razones permanentemente renovadas exigen que lo que oriente los métodos de enseñanza y las concepciones epistemológicas del conocimiento escolar sea el constructivismo. Incluso, para muchos parece que fuera vergonzoso no ser un constructivista.

Frente a este *consenso emergente*, como califica Novack (1991) a la situación, se debe sin embargo tomar distancia pues cuando se profundiza un poco más en el asunto es no sólo posible encontrar que el significado que se otorga al término (constructivismo) es diferente para cada una de las personas, sino que en realidad existen constructivismos distintos. Esta discusión es particularmente importante pues de tales significados depende, así sea parcialmente, no sólo la aparente unanimidad en los puntos de vista, sino lo que a partir de allí se haga en la clase.

Constructivismo: ¿construir qué?

Por otra parte, es importante recalcar que lo que se haga en clase y, consecuentemente, el tipo de constructivismo con el cual se identifique el maestro, depende fundamentalmente de las metas que hayan prefigurado para la escuela, en cuanto al conocimiento y en cuanto a la cultura.

Ahora bien, quiérase o no, el referente al conocimiento y, en tal sentido, lo que se haga en clase, está dominado en todo caso por los paradigmas vigentes contemporáneos. Ello es común para todos los constructivismos, aunque como veremos, sea comprendido de manera diferente. Es así como Guidoni (1991) se plantea el problema de la escuela en los siguientes términos.

«La tarea social de enseñar ciencias a los niños, consiste en estimular el desarrollo de sus simples actividades de modelado hacia otras más complejas y articuladas; la enseñanza de las ciencias en la escuela debe operar componiendo e integrando distintos tipos de actividades de elaboración de modelos, y desarrollando otros nuevos, con el objetivo de llevar gradualmente la ingenuidad de los modelos infantiles hacia la complejidad de los modelos científicos».

De la misma forma R. Driver y V. Oldham (1988), luego de plantear la estructura de currículo inspirado en el constructivismo, para ejemplificar su propuesta, hacen un esbozo de lo que sería el programa curricular. Al respecto anotan:

«Tres áreas de tópicos se han seleccionado para nuestra atención: 'la teoría particular de la materia', 'la energía' y 'la nutrición vegetal'. Estos tópicos cubren las ciencias tradicionales y son necesarias para la comprensión de otras áreas científicas. Son también tópicos donde se evidencian dificultades concretas de aprendizaje».

Y, en el mismo sentido, esto es, ratificando la importancia que como referencia posee la ciencia contemporánea para la vida escolar, se podrían citar a exponentes de otros constructivismos (Novack, *op. cit.*; Giordan, 1990; Gil-Pérez, 1990, etc.). Sin embargo, a pesar de tomar la ciencia contemporánea como referencia, el sentido en que lo hacen no es el mismo, es así como Gil-Pérez (*op. cit.*) de una manera explícita complementa la exigencia acerca de los contenidos para aproximarse a otras características de los paradigmas contemporáneos al enfatizar no sólo en el cambio conceptual, sino también en el cambio metodológico y, en especial, en la necesidad de superar la *metodología de la superficialidad*.

La tesis central de este escrito, que de alguna manera rebasa la posición de nuestro artículo «Una premisa para el cambio conceptual, el cambio metodológico» (1990), podría inicialmente plantearse diciendo que lo que definitivamente debe construirse en clase, o lograrse en clase como construcción, es un cambio paradigmático. Y al enunciarlo tomamos como punto de partida la concepción de T. Kuhn (1970) acerca de lo que significa un paradigma como constelación de grupos de exigencias (*commitments*), que comparte una comunidad científica, para ampliar luego las consideraciones con aportes derivados de la antropología y la psicología.

Los paradigmas como matriz disciplinaria

Al preguntarse Kuhn ¿qué es lo que comparte una comunidad aislada de científicos que garantiza la unanimidad en sus juicios y la posibilidad de comunicación entre ellos? (*op. cit.*, p. 182), elige como respuesta una serie de aspectos que organiza en lo que él denomina la «matriz disciplinaria», compuesta

principalmente por los siguientes cuatro elementos:

- Las generalizaciones simbólicas, se trata de los elementos formales o formalizables de la matriz disciplinaria. Al referirnos a las generalizaciones simbólicas pensamos en ecuaciones ($F = m \cdot a$) o en enunciados como: «los elementos se combinan en proporciones en peso constantes» (*ibíd*). En algunos casos se entienden éstas generalizaciones como leyes de la naturaleza, otras veces como definiciones dentro de la teoría en cuestión.
- Los paradigmas metafísicos (o, parte metafísica del paradigma). Si reescribiera el libro –dice Kuhn (*ibíd*, p. 184)– los describiría como las creencias en modelos particulares. Por ejemplo, la creencia en que el calor es la energía cinética de las partes constituyentes de los cuerpos, o la concepción del comportamiento de las moléculas de un gas como el de diminutas bolas de billar que se mueven al azar.
- El tercer elemento lo describe Kuhn como los valores (*ibíd*, p. 184). Por la importancia que para nuestra exposición ulterior posee este elemento le dedicaremos una atención especial. Dice Kuhn:

«Usualmente los valores son compartidos más universalmente que los modelos y las generalizaciones simbólicas y son los mayores responsables del sentido de comunidad de los científicos en ciencias naturales como totalidad. Aunque funcionan siempre, su importancia particular emerge cuando los miembros de una comunidad particular deben identificar crisis o, posteriormente, cuando deben escoger entre vías incompatibles para la práctica de su disciplina. Probablemente los valores sostenidos más profundamente tienen que ver con las predicciones: deben ser precisas; son preferibles las cuantita-

tivas a las cualitativas; los márgenes de error permisibles deben ser consistentes en cada campo; etc. Existen también valores para juzgar teorías completas. Por ejemplo, y, sobre todo, la formulación y solución de acertijos, en lo posible deben ser simples, autoconsistentes, plausibles y compatibles con otras teorías aceptadas... Existen también otros tipos de valores, la ciencia debe (o no) ser socialmente útil...». (Traducción nuestra).

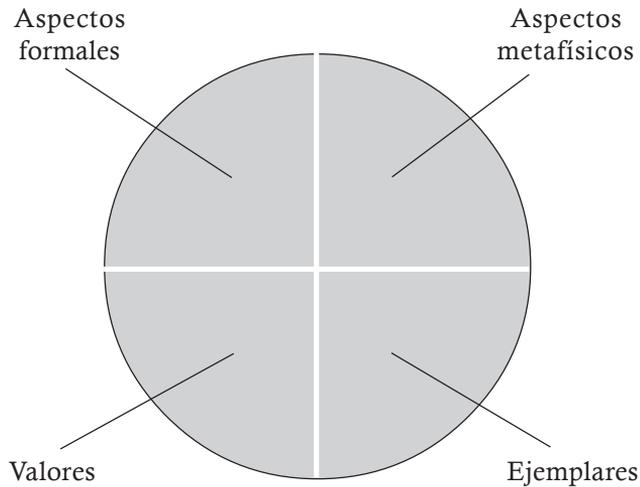


Diagrama 1

Elementos de la matriz paradigmática, según Kuhn.

- El cuarto tipo de elemento de la matriz disciplinaria que discute Kuhn es el de los «ejemplares». Se trata de las soluciones concretas a problemas que encuentran los estudiantes desde el comienzo de su educación científica en laboratorios, exámenes o problemas de final de capítulo en los textos. Con estos ejemplos se muestra al alumno en la disciplina en cuestión, cómo debe hacerse el trabajo científico.

Constructivismo: ¿construir qué?

Posteriormente Kuhn amplia la importancia de los «ejemplares» en cuanto es a través de ellos que los estudiantes le dan significado empírico a las leyes y teorías aprendidas y aprenden además, a ver a través de la teoría mediante estrategias que involucran por ejemplo la analogía.

Antes de considerar de manera más puntual lo que significa para la actividad de clase el cambio paradigmático que se propone, conviene detenerse por un momento en otro elemento común a los diferentes constructivismos, cual es la existencia, antes de la clase, de formas de explicación espontáneas en los alumnos y de la importancia que tiene para la clase el tenerlas en cuenta.

Las preteorías o concepciones espontáneas de los alumnos

Unos de los aspectos que comparten los diferentes exponentes del constructivismo es la importancia que debe darse al pensamiento que posee el alumno antes de la clase acerca del mundo que nos rodea, a las preteorías (Segura, 1976, 1981) o, en términos universales, a los esquemas de explicación espontáneos, explicaciones alternativas, o en fin, a lo que el alumno ya sabe.

Novack (*op. cit.*), citando a Ausubel, anota:

«Si tuviera que reducir toda la psicología de la educación a un sólo principio, diría esto: el factor sencillo más importante que influencia el aprendizaje es lo que ya sabe el que aprende. Averigüelo y enséñesele en concordancia con ello».

Y para Hodson (1988, p. 15):

«La construcción de un currículo de ciencias filosóficamente más válido requiere que se preste una adecuada atención a lo siguiente:

(1) La exploración de los puntos de vista que ya tienen los niños, la consideración de los puntos de vista actualmente mantenidos por la comunidad científica y la creación de nuevas ideas teóricas.

(2) El trabajo experimental...

(3) El registro y la difusión de los resultados y las ideas ...»

Y, por supuesto, R. Driver (Driver y Oldham, *op. cit.*, p. 119) afirma explícitamente:

«En concreto, argumentamos que lo que se requiere es una reconsideración de nuestra perspectiva sobre la enseñanza y el aprendizaje.

a) que tenga en cuenta las ideas previas, o concepciones alternativas, que han construido los que aprenden para interpretar su experiencia.

b) que se conozca que la enseñanza implica la construcción activa del significado por parte del que aprende; y

c) que contemple el aprendizaje como la reorganización y el desarrollo de las concepciones de los estudiantes, es decir, que adopte una visión de cambio conceptual el aprendizaje.»

Sería interminable continuar con la lista de citas al respecto. Lo que sí vale la pena indagar es qué es lo que se entiende por «ideas previas» o «preconceptos». Al estudiar la literatura —que es abundante— lo que usualmente prima es la descripción de las formas de explicación que exteriorizan los alumnos ante las preguntas propuestas por el investigador. Se dice,

por ejemplo, que las explicaciones de los niños son aristotélicas, o que consideran al calor como una sustancia, o en fin, que reviven ideas que en otro tiempo fueron científicas y que vistas desde la ciencia de hoy, son, o bien equivocadas, o bien anacrónicas. El mismo Piaget (1975) nos recuerda cómo ciertas explicaciones de los niños, basadas en la antiperístasis para el movimiento de los proyectiles, fueron enunciadas hace mucho tiempo por Aristóteles. También, es cierto, que en algunos casos se constata la ocurrencia de explicaciones no semejantes a ideas sostenidas en otras épocas.

En general, en términos de la concepción de paradigma de Kuhn, el estudio de las ideas previas se centra en los elementos primero, segundo y cuarto de la matriz paradigmática. Es decir, en lo que usualmente se denominan los contenidos (expresiones, fórmulas, modelos, explicaciones científicas) y en el «adiestramiento para buscar soluciones a los acertijos propios de la ciencia normal», aunque usualmente no es de mucha importancia el énfasis que se pone en el segundo elemento, es decir, en los aspectos metafísicos del paradigma.

Esto tiene que ver con lo que para unos y otros significa la comprensión, especialmente cuando se manifiestan quejas porque los alumnos a pesar de llegar a respuestas correctas al resolver los problemas de aula, no comprenden en términos de las teorías. Mientras para unos basta con que se logre una articulación correcta en términos de las redes inferenciales arbitrarias, para otros es necesario situar la solución dentro de un marco inteligible de ideas, esto es, explicar (Hanson, 1977, p. 41).

El tercer elemento de la matriz paradigmática

Ya anteriormente se hizo mención a la importancia que para el desarrollo de la argumentación, posee este elemento, que se concreta en el problema de los valores y se anotó al respecto lo que Kuhn entiende por ellos. Recordemos que es de éste aspecto del paradigma que depende, en especial, la forma de mirar al mundo, la forma como cada miembro de la comunidad científica se ve a sí mismo y ve el significado que para él posee el conocimiento.

Los aspectos relacionados con la precisión, el énfasis en lo cuantitativo, etc., son algunos aspectos que en la ciencia de hoy se consideran fundamentales y que, por ejemplo en la Edad Media no jugaban un papel decisivo. Es quizás por ello que Kuhn anota la importancia que tiene la discusión acerca de los valores en los momentos de crisis, al respecto, anota:

«Aunque funcionan siempre [los valores], su importancia particular emerge cuando los miembros de una comunidad particular deben identificar crisis o, posteriormente, cuando deben escoger entre vías incompatibles para la práctica de su disciplina...». (Traducción nuestra).

Este tercer elemento de la matriz paradigmática es, sin embargo, demasiado estrecho para describir el cúmulo de influencias que desde fuera de los límites de la ciencia actúan sobre ella en aspectos tan definitivos como ¿qué se considera científico o no?, ¿qué es verdadero en la ciencia?, o en elementos tan determinantes como ¿cuál es la relación entre el sujeto y el objeto que se estudia? Veamos a continuación las consideraciones que plantean Elkana (1983) y Piaget (1984).

Constructivismo: ¿construir qué?

Las imágenes del conocimiento

Para Elkana (*op. cit.*) lo que, en un momento específico, determina y caracteriza la ciencia es la «imagen del conocimiento». Este concepto, sin embargo, trasciende a los valores —entendidos en términos de Kuhn— y puede incidir en el tipo de formulaciones y de aspectos metafísicos del paradigma. Para Elkana (*op. cit.*, p. 70):

«El conocimiento se desarrolla gracias a la interacción de tres factores, que sólo se pueden distinguir si el tiempo se detiene y si la situación socio-cultural, por así decirlo está fotografiada. Estos tres factores son:

a) el conocimiento en cuanto tal;

b) las imágenes socialmente condicionadas del conocimiento;

c) los valores y las normas incluidas en las ideologías que no dependen directamente de las imágenes del conocimiento».

Y, con respecto a las imágenes del conocimiento, añade Elkana:

«Las opiniones sobre las tareas de la ciencia (la comprensión, la predicción, etc.), sobre la naturaleza de la verdad, sobre las fuentes del conocimiento (la revelación, el razonamiento, la experiencia basada en los sentidos), hacen parte de las imágenes de la ciencia y dependen de la ciencia y de la cultura. Es la imagen de la ciencia la que decide sobre los problemas que se deben escoger entre la infinidad de problemas sugeridos por el corpus del conocimiento; son criterios formulados por la sociedad los que fijan su escala de importancia».

Si buscamos una dinámica de cambio, encontraremos algo de este tipo, anota Elkana (p. 71):

«Las ideologías y las constricciones socio-políticas influyen grandemente las opiniones conscientes sobre el conocimiento, sobre sus fuentes, sobre lo que se considera legítimo o aceptable, en síntesis, sobre las imágenes del conocimiento. Las imágenes del conocimiento son, entonces, responsables, entre la infinitud de problemas disponibles en el corpus del conocimiento, de la elección de aquellos sobre los que el dominio de la investigación se concentrará. Por otra parte, es precisamente esta escogencia de problemas, influida por la metafísica científica, la que influencia, tanto como los intereses socio-políticos lo hacen, las opiniones individuales acerca de la sociedad y de las ideologías políticas».

En fin, las imágenes del conocimiento, de acuerdo con Elkana, son perspectivas sobre el conocimiento socialmente determinadas (a diferencia de las perspectivas sobre la naturaleza y la sociedad y que conforman el corpus del conocimiento).

El que en un momento en la historia de las ideas sean válidos ciertos argumentos, absurdos hoy para nosotros, se puede comprender si aceptamos que las imágenes del conocimiento que existen como telón de fondo de tales argumentaciones, son diferentes a las aceptadas contemporáneamente.

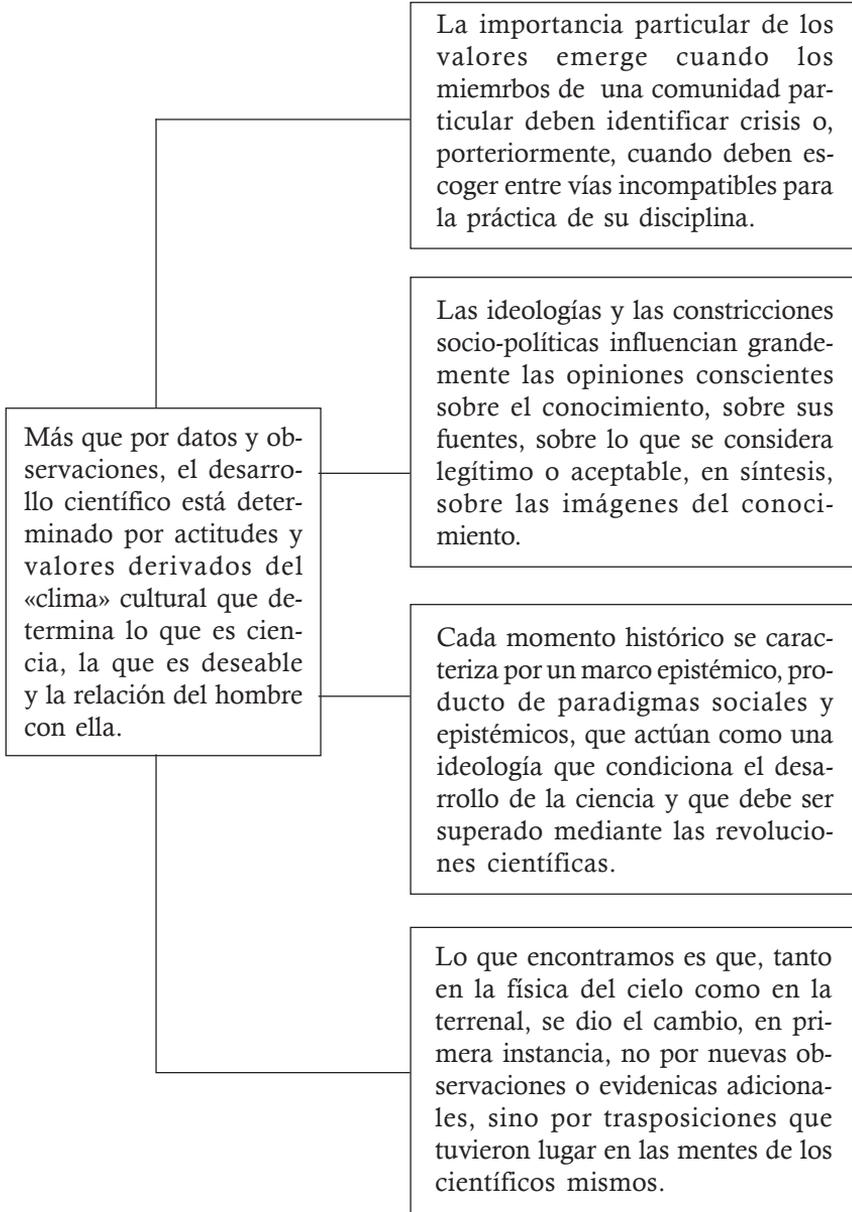
Recordemos la tesis del papa Urbano VIII, según la cual

«nada impediría teóricamente que Dios, en su omnipotencia, hubiera creado en realidad un mundo ptolemaico por debajo de la apariencia (ilusoria) del mundo copernicano observable por nosotros». (Citado por Geymonat, 1972).

O que,

«hasta hombres serios y bien informados sostenían aún en 1857 que Dios había puesto entre las rocas fósiles

engañosos para poner a prueba la fe de la humanidad».
(W.C. Dampier, citado por Geymonat (*ibid.*).



De acuerdo con la contribución de Elkana, en una revolución científica (término no empleado por Elkana), juegan un papel especial no solamente el conocimiento en cuanto tal, sino las imágenes del conocimiento (determinadas socialmente) y los elementos ideológicos que influyen para que emerjan imágenes predominantes del conocimiento.

El marco epistémico

Al mismo tiempo, y con el propósito de establecer la importancia que juega este aspecto del paradigma (los valores), sería importante atender al aporte de Piaget y García (*op. cit.*), quienes reclaman que lo determinante en las rupturas (utilizando el lenguaje de Bachelard, 1975) o en los desencadenamientos en las épocas de ciencia en revolución (en términos de Kuhn (*op. cit.*) son precisamente las rupturas en el marco epistémico. Ellos anotan:

«De aquí surge también, claramente, que lo «absurdo» y lo «evidente» es siempre relativo a un cierto marco epistémico y está en buena parte determinado por la ideología dominante... El estatismo de los griegos fue uno de los mayores obstáculos (aunque no el único que introdujeron) para el desarrollo de la ciencia occidental. Fue un obstáculo ideológico, no científico. La ruptura definitiva con el pensamiento aristotélico en los siglos XVI y XVII será, pues, una ruptura ideológica que conducirá a la introducción de un marco epistémico diferente y a la imposición de un nuevo paradigma epistémico».

En el desarrollo de este concepto, Piaget y García plantean que las sociedades en cada momento histórico particular se caracterizan por un cierto marco epistémico, producto de paradigmas sociales y epistémicos, que actúa como una ideología que condiciona el desarrollo ulterior de la ciencia y se comporta

como un obstáculo que debe ser superado mediante las revoluciones científicas (p. 234).

Dos ejemplos aportan Piaget y García como parte de su argumentación. Si los chinos cinco siglos a. de C. lograron un enunciado de la ley de la inercia, como una verdad clara y evidente (hecho jamás logrado por la Grecia antigua) fue por las relaciones entre ciencia e ideología, «la respuesta a esta pregunta ilumina uno de los mecanismos epistemológicos por el cual la ideología de una sociedad determinada condiciona el tipo de ciencia que en ella se desarrolla» (*op. cit.*, p. 233). Mientras la concepción del mundo para los griegos era completamente estática, el mundo para los chinos estaba en constante devenir, «todas las cosas son engendradas por impulsiones intrínsecas; sólo su debilitamiento y su decadencia provienen parcialmente de afuera» (*ibíd.*).

Al estudiar las circunstancias en que se dio el apareamiento de escuelas sofistas, se encuentra que tanto en Grecia como en China e India las condiciones político-sociales eran similares. «En los tres casos se trata de un periodo de culminación de la propia civilización, seguido de desastres militares y políticos para los grupos gobernantes, que condujeron a la decadencia de las instituciones tradicionales» (*op. cit.*, p. 235). Piaget y García anotan: «En los tres casos, se niega 'el saber constituido'. En los tres casos esta negación, erigida en ideología, fuerza el análisis lógico del saber hasta sus últimas consecuencias» (*ibíd.*).

Vemos pues que el tipo de ciencia que caracteriza a cada época y las revoluciones científicas que se dan, no dependen en últimas sólo de aspectos formales del devenir científico, considerando una dinámica interna de las disciplinas científicas sino de ciertas relaciones de la ciencia con la sociedad (la ideolo-

gía, la política, la concepción del mundo, etc.). Esta circunstancia ha sorprendido a historiadores de la ciencia y los ha obligado a introducir otros parámetros de análisis. Veamos lo que H. Butterfield anota en su libro *The origins of modern science* (1965).

Datos o trasposiciones mentales

Butterfield (*op. cit.*) se sorprende por la dificultad para explicar lo que sucedió en el Renacimiento, justo en los orígenes de la ciencia moderna:

«Una de las paradojas de los sucesos que condujeron a la revolución en astronomía es que esta se dio antes del descubrimiento del telescopio... Cuando William Harvey en Inglaterra inauguró nuevos caminos para la fisiología llevó a cabo su trabajo antes de que existiera algún microscopio realmente útil. Con respecto a la ciencia de la mecánica, es de subrayarse hasta dónde Galileo discutió los fenómenos ordinarios de todos los días, conjeturó sobre lo que sucedería con piedras que caen desde el mástil de un barco en movimiento o jugó con bolas que se desplazaban hacia abajo en planos inclinados de una manera similar a como se acostumbraba a hacerse. De hecho, lo que encontramos es que tanto en la física del cielo como en la física terrenal se dió el cambio, en primera instancia, no por nuevas observaciones o evidencias adicionales, sino por trasposiciones que tuvieron lugar en las mentes de los científicos mismos...» (p. 13). (Traducción nuestra).

Para los historiadores es claro que no se requirieron datos adicionales para que Copérnico planteara un sistema solar heliocéntrico. Y que, en general, no fueron ni los contenidos ni los nuevos datos los que condujeron a las revoluciones.

Constructivismo: ¿construir qué?

Lavoisiere no requirió de nuevos datos de laboratorio; lo que revolucionó a la química fue lo que él vio en los datos de Priestley.

«La novedad en las conclusiones viene, no de los datos, sino de la inferencia: por ella somos conducidos a ver fenómenos familiares de una manera diferente, no fenómenos nuevos de una manera familiar» (Toulmin, 1960).

Estas consideraciones nos llevan a pensar que no sólo la observación es una acción cargada de teoría (Hanson, *op. cit.*) sino que la percepción misma, la mirada, están cargadas de determinantes, que llevan a ver lo que se espera encontrar.

Aproximación a una interpretación del desarrollo de la ciencia

Tomando como referencia el tercer elemento de la matriz disciplinaria de Kuhn, la concepción de imagen de conocimiento de Elkana, el concepto de marco epistémico de Piaget y consideraciones generales acerca de la historia de la ciencia, se puede ahora volver a la discusión acerca del constructivismo en la escuela. El punto que se quiere desarrollar, con relación a la afirmación inicial es que el cambio que debe buscarse en la escuela no se relaciona en su esencia ni con los aspectos formales ni metafísicos del paradigma ni, evidentemente, con los ejemplares, sino con aspectos relacionados con los valores. Y que este aspecto está en principio íntimamente relacionado con elementos culturales.

Las imágenes del conocimiento y los contextos sociales en la historia

Consideremos por simplicidad cuatro momentos históricos muy bien delimitados, que nos permitirán hacer algunas inferencias acerca del contexto del conocimiento en su desarrollo.

Veamos ante todo algunos aspectos generales de la ciencia en estos cuatro períodos, la Grecia antigua, la Edad Media, el Renacimiento y la época contemporánea.

La Grecia antigua

El pensamiento griego tuvo un desarrollo que cubrió cerca de diez siglos (siglo V a. C. – siglo IV d. C.). En parte por esta razón, pero también por la diversidad de posiciones que existieron respecto al tema que nos ocupa, es muy difícil identificar de manera única cuál era en aquella época la fuente del conocimiento, cuál el método para acceder a él y cuál su significado. No obstante, como los pensadores griegos que tuvieron tal vez una mayor influencia en la civilización occidental fueron Platón (Sócrates) y Aristóteles, restringiremos a ellos las consideraciones siguientes, así sea de manera esquemática.

Para Platón, la fuente del conocimiento era la naturaleza y la meta, se centraba en la búsqueda de explicaciones. Estas tenían, sin embargo su lugar en el mundo de las ideas y para conseguirlas era menester la reflexión (la dialéctica), eludiéndose así los engaños de los sentidos (ver, por ejemplo, la alegoría de la Caverna, en *La República*, Libro VII). Para Aristóteles, aunque con la misma meta, se trabajaba sobre la base de la observación.

Señalemos, además, que el mundo griego estaba inmerso en el desorden (caos) y que precisamente los fenómenos naturales ilustraban la urgencia con que la naturaleza misma buscaba el orden (cosmos). Las rocas caían patentizando la búsqueda de su lugar natural. El estado natural del mundo era el reposo. Como el devenir estaba justificado por éstas urgencias, los objetos y seres estaban dotados de causalidades y propiedades. Aristóteles mismo señaló la existencia de cuatro causas, que explicarían los cambios y el devenir. En estas condiciones, no era necesario, para explicar los fenómenos, buscar otras razones diferentes a la realización de causas y propiedades. Crombie (1979) anota cómo, dentro de esta concepción,

«... ningún atributo, esto es, ningún efecto o evento, podía existir a menos que fuera inherente a alguna sustancia, y, en verdad, los atributos y las sustancias podían ser separadas solamente en el pensamiento». (Vol. 1, p. 70).

Y prosigue (*op. cit.*, p. 74):

«Todos los cambios de cualquier tipo, color, crecimiento, relaciones espaciales, o cualquier otro atributo, Aristóteles los explicaba por el mismo principio de que los atributos que habían sido potenciales llegaban a ser actuales. Incluso la propiedad de padecer eclipses era un atributo de la Luna que debía ser incluido en la definición de sustancia lunar».

Piaget anota al respecto que «El estatismo de los griegos fue uno de los mayores obstáculos (aunque no el único que introdujeron) para el desarrollo de la ciencia occidental» (*op. cit.*, p. 234).

La Edad Media

Pese a las afirmaciones acerca de la actividad de búsqueda en la Edad Media, el asunto es que el conocimiento bien podría caracterizarse considerando la actividad de las abadías y es en este sentido que la imagen que muestra Umberto Eco en *El nombre de la rosa* es muy ilustrativo. En tal época el conocimiento se asumía como verdades reveladas. Su fuente era, en este sentido, la revelación, los textos sagrados e incluso algunas obras de los griegos, principalmente de Aristóteles. Coherentemente con ello, el método para acceder a él era la interpretación exegética. A eso se iba a las abadías, a aprender las interpretaciones aceptadas (¡y ciertas!) de los textos sagrados. La función que cumplía el conocimiento se restringía tal vez a la búsqueda de la tranquilidad.

El carácter dogmático de la ciencia de la Edad Media es patético. No sólo la verdad estaba consignada en los textos sagrados, las interpretaciones eran únicas y cualquier intento de interpretación por fuera de lo determinado podía conducir –y en efecto condujo– a su persecución como herejía.

El mundo –como el conocimiento– está definido como está, el poder viene de Dios y la estratificación social es un hecho que simplemente debe aceptarse como es.

El Renacimiento

La ciencia que emerge durante el Renacimiento, la ciencia moderna, se caracteriza en alguna medida por su retorno a los griegos. Existe por ejemplo una discusión acerca de si Galileo representa un retorno a Platón o a Aristóteles. Para Koyré, por

ejemplo, la ciencia galileana posee un marco más Platónico que Aristotélico (Koyré, 1978). Sea cual sea la relación con la ciencia de la joven Grecia, lo cierto es que el conocimiento en el Renacimiento vuelve tomar a la naturaleza como fuente y a la reflexión como método, que unida al experimento, le dan características definitivas a la nueva ciencia. Para Bronowsky (1965) la imagen de ciencia que emerge, estará acompañada de nuevos valores humanos. A partir de entonces, en la ciencia imperarán la libertad de pensamiento y la creatividad, que unidas a la posibilidad de disenso y la tolerancia se constituirán en propulsores de una nueva sociedad.

En el Renacimiento se constituye el descubrimiento de las leyes naturales como la perspectiva para el conocimiento. Esto es posible si se asume una naturaleza ordenada. Para Toulmin (1977), los lugares comunes de la epistemología de la época se pueden resumir como sigue:

«1) El Orden de la Naturaleza es fijo y estable, y la Mente del Hombre adquiere dominio intelectual sobre él razonando de acuerdo con Principios de Entendimiento, que igualmente son fijos y universales.

2) La materia es esencialmente inerte, y la fuente viva o sede de la actividad racional y automotivada es la Mente o Conciencia, totalmente distinta, dentro de la cual se hallan todas las funciones mentales superiores.

3) El conocimiento geométrico proporciona un vasto patrón de certeza absoluta, con respecto al cual deben ser juzgadas todas las otras pretensiones de conocimiento.» (p. 30).

Para la ciencia moderna las propiedades de los objetos se constituyen en resultado de interacciones. El peso ya no es como en el mundo griego, una propiedad de los objetos y un destino, es el resultado de una interacción; de la misma forma, el color

y el sonido no existen sino en función de las interacciones, la una con la luz, la otra de una onda mecánica con el oído. Si no existe un oído alerta, no existen sonidos. Anotemos de paso que la revolución que se dió en el Renacimiento, en el mundo de las ideas, no se restringe a la ciencia, sino que es compartida con todas las manifestaciones humanas, por ejemplo en el arte. Existe también en la pintura y en la música, en el teatro y en la escultura un nuevo referente, la naturaleza.

La época contemporánea

Es mucho más difícil situarnos en el presente que tratar de ver retrospectivamente el pasado. Posiblemente aún hoy no hemos tomado conciencia de las características del conocimiento y la ciencia contemporáneos. De todas maneras, la ilusión «moderna» de descubrir las leyes naturales ocultas detrás de los fenómenos ha desaparecido. Para la ciencia contemporánea ésta –la ciencia– no es otra cosa que una forma, entre muchas, de aproximarse mediante explicaciones al mundo en que vivimos. Los enunciados y leyes que propone la ciencia no son más que construcciones que pretenden ser explicativas pero que como construcciones, no poseen el carácter definitivo de los descubrimientos (de la Edad Moderna), son susceptibles de cambio.

Heredamos, sin embargo, la reflexión y el experimento como método, mantenemos que la fuente del conocimiento es la naturaleza, pero la existencia misma de ésta, como objeto de estudio independiente del observador, está cuestionada en cuanto la objetividad no es posible. Esta, la objetividad, de ser un punto de partida en la ciencia del Renacimiento, en la metodología de la modernidad, se ha convertido en un punto de llegada (de la formación o especialización disciplinaria), es

Constructivismo: ¿construir qué?

pues, también una construcción. (Una discusión muy enriquecedora de este punto se encuentra entre otros en Hanson, 1977).

	Grecia antigua	Edad Media	Renacimiento	Contemporaneidad
Fuente	Naturaleza	Revelación	Naturaleza	Naturaleza
Método	Observación Reflexión	Interpretación exegética	Experimento Reflexión	Reflexión Experimento
Metas	Modelo mundo real - mundo de las ideas	Verdad	Descubrimiento (Leyes naturales)	Construcción de explicaciones
Actitud	Creatividad	Dogmatismo Autoritarismo	Libertad Determinismo	Libertad Indeterminismo
Valores humanos	Actividad	Pasividad Distanciamiento del conocimiento	Actividad Creatividad Tolerancia	Actividad Creatividad Tolerancia
¿Qué significa?	La explicación	La tranquilidad	La explicación oculta	La explicación convenida

Las imágenes de ciencia y los contextos sociales

En el diagrama se ilustra la descripción anterior y además, se plantea la imagen de ciencia en la perspectiva de la comunidad respectiva. Este punto es importante para la discusión y se planteará a continuación.

Al estudiar el esquema se observa cómo el protagonismo de los griegos, ante un mundo estático y lleno de «motores» para la explicación de los fenómenos y el movimiento, desaparece

en la Edad Media cuando el dogmatismo característico de un conocimiento distante (espacio-temporalmente) coloca a quien lo aprende en una posición pasiva. Podríamos decir que la recuperación del individuo a partir de la Edad Media se da en dos pasos. En el Renacimiento se recupera al individuo «hacedor», al descubridor. Esta libertad empero se pierde para quien se encuentra fuera de la esfera de la creación.

Si se considera que las leyes de la ciencia son leyes naturales que se han descubierto, tales leyes en la medida en que son descubrimientos se convierten en dogmas, el determinismo hace su aparición, y en nombre de ellas y de una única racionalidad posible, puede colonizarse el mundo. Es así como en nombre de LA CIENCIA se puede destruir cualquier interpretación o construcción alternativa pues ello significa actuar en nombre no sólo de una forma de ver, sino de la verdad. La ciencia y la razón entendidas así sojuzgarían el mundo. Dentro de esta concepción, quien se aproxime como estudiante al saber constituido, se mantendrá distante y ajeno. Se encontrará simplemente ante algo que debe aprender, que ha sido logrado por otros y ante lo cual lo único posible es la aceptación y la pasividad.

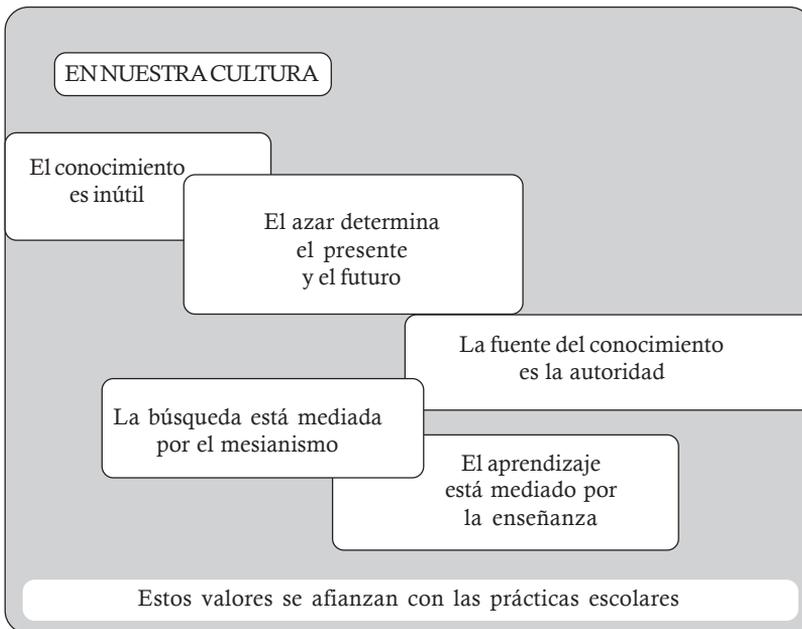
Hacia una concepción constructivista de la enseñanza

La relación del estudiante con el conocimiento está pues dominada por dos elementos determinantes, la concepción de conocimiento que emerge del contexto cultural y que de alguna manera se manifiesta a través de las ideas espontáneas y preteorías y la concepción de conocimiento que se propicie desde la escuela.

Constructivismo: ¿construir qué?

La concepción del conocimiento en el contexto cultural

En los países del Tercer Mundo la determinación de los imperativos culturales sobre la concepción del conocimiento, no se ha emprendido de manera explícita y es un problema que no sólo depende de los educadores, sino de los aportes de disciplinas como la antropología, la sociología, la historia de nuestras prácticas científicas, etc.



De manera global, podemos sin embargo afirmar que existen elementos culturales que relegan a un segundo plano las posibilidades de protagonismo y de realización de los individuos. Es así como en países como Colombia juegan un papel importante el autoritarismo (la tradición, por ejemplo), el azar, la buena suerte y el mesianismo.

¿No es así como las palabras valen de acuerdo con quien las pronuncia? ¿Y las prácticas de mil cosas dependen de la tradición? ¿Y el desarrollo o bienestar económico del país depende de la buena o mala suerte (del buen o mal tiempo, o de los fenómenos meteorológicos)? Y ¿no es cierto acaso que nuestros problemas deberán ser identificados y solucionados por las misiones extranjeras, o por alguien que como Bochica venga de muy lejos y sea muy distinto de nosotros?

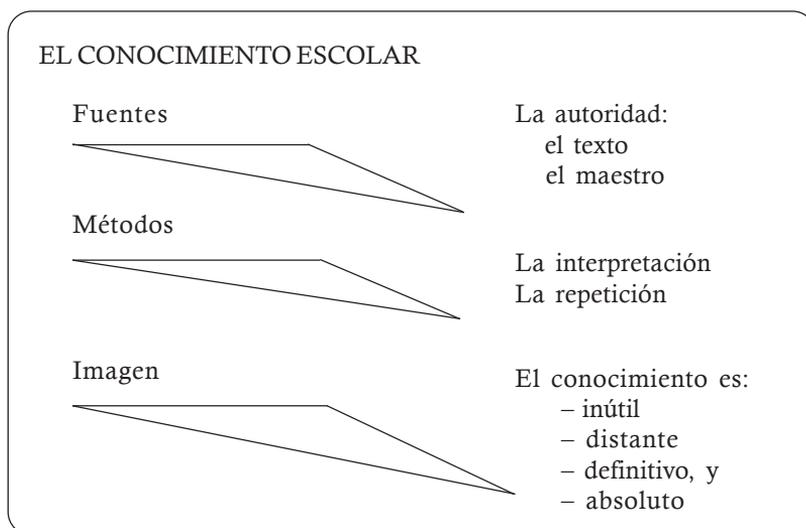
Finalmente, para qué es importante en nuestra sociedad el conocimiento? Socialmente sabemos que quienes toman decisiones no son los que saben sino quienes por otras razones ocupan los cargos de dirección. En la sociedad nuestra el conocimiento no es útil por sí mismo, sino por las metas que permite. No importa, para ciertas decisiones, lo que se sabe, sino lo que se es, no importa que se aprendió, sino que se aprobó la asignatura. Y desde muy temprana edad al niño que estaba convencido de que podría aprender por sí mismo, se le insiste no en «qué aprendiste», sino en «qué te enseñaron». Aunque estas afirmaciones merecen estudio y ampliación, para los propósitos del momento, pueden ser suficientes (Segura, 1991).

La relación con el conocimiento en nuestra escuela

Con respecto a la escuela, las consideraciones sobre la historia de las concepciones científicas pueden llevarnos a esta conclusión lamentable: como resultado de las prácticas escolares usuales, la relación con el conocimiento, que se establece en las aulas, se asemeja más a las prácticas de la Edad Media, que a la actividad emprendedora del Renacimiento. Los resultados de la Ciencia Moderna se han constituido en dogmas que se transmiten como revelación sobre la base del autoritarismo.

Constructivismo: ¿construir qué?

El papel del maestro es enseñar al alumno la interpretación correcta de las nuevas verdades. En nuestra escuela, juega un papel importante el especialista, el libro o el docente a quien no se puede preguntar y mucho menos contradecir.



Por otra parte, lo que se enseña se transmite de generación en generación, hasta tal punto que algunos libros de texto son copias «actualizadas» de textos del siglo pasado. Y, el que un alumno apruebe o reprobé el año no depende principalmente de la buena o mala suerte?

Y podemos preguntarnos si en la escuela es importante el conocimiento. ¿En qué medida cambia la imagen del mundo, la manera como se ven los fenómenos, las explicaciones a la cotidianidad, etc., por efecto de la escuela? Aún, quienes tienen éxito en la escuela, no son quienes más saben, lo determinante son las notas y estas pueden obtenerse de otras formas diferentes al estudio.

En tal situación no hay espacio para lograr los valores característicos de la ciencia: la tolerancia, la creatividad, la posibilidad de disenso y la libertad de búsqueda. Como ya lo anotábamos antes, la imagen del conocimiento que se construye sobre la base del dogmatismo conduce a una actitud de pasividad y distanciamiento y, en el caso de nuestra escuela, a la total pérdida de confianza en sí mismo.

José L. Villaveces (Villaveces, 1992) alegoriza la situación afirmando que en la escuela se está vaciando vino nuevo (resultados contemporáneos) en odres viejos (esto es en concepciones anacrónicas). O, lo que es equivalente, que la ciencia que se construye en la escuela no es otra cosa que ropajes contemporáneos con alma medieval.

El resultado de esta relación es entonces patente, es posible el aprendizaje de los aspectos formales del paradigma y repetir los métodos y formas de solución de los problemas, pero de ninguna manera, hacer ciencia, aprender la ciencia como una actividad, esto es, concebirla como una búsqueda: la búsqueda de explicaciones. Incluso, ni siquiera se aprenden las teorías para explicar, como lo muestran las investigaciones acerca de las explicaciones espontáneas, lo que se aprende es el uso mecánico de algoritmos y de resultados pero no las explicaciones que, en buena parte, dependen de lo que Kuhn denomina *los aspectos metafísicos del paradigma*.

En la escuela, es posible que se aprenda muy bien a resolver problemas (además de ejercicios). Sin embargo, jamás se resuelven problemas reales y mucho menos los problemas del alumno, sus preguntas y sus inquietudes.

La ciencia que se aprende en la escuela además de caracterizarse por los atributos que poseía el conocimiento de la Edad

Constructivismo: ¿construir qué?

Media, que la colocan como un hecho distante y terminado, se asume como inútil para explicar o transformar el mundo que nos rodea. Y el individuo que la aprende, debe renunciar a sus propios problemas. Es una ciencia para resolver los problemas de otros.

Y dentro de este contexto de devaluación del conocimiento encontramos que existe una devaluación del estudiante: El estudiante no puede aprender solo, tienen que enseñarle. Las preguntas del alumno no son importantes, las importantes están al final del capítulo del texto, sus razonamientos no sirven, es necesario que aprenda los procedimientos y los razonamientos ya hechos. Y si por lo que tiene que responder ya está previsto, que papel pueden jugar la imaginación o la creatividad?

Constructivismo: ¿construir qué?

Estas conclusiones plantean, entre otras cosas, que las metas de la escuela no pueden ser las mismas, independientemente de la cultura o del entorno social en el cual ésta está enclavada (ver Federici y otros, 1984). En otras palabras, algunas de las metas de la escuela tienen que ser específicas para cada sociedad. En la actual coyuntura universal, hoy más que nunca, el conocimiento es una necesidad. Ya los recursos naturales se tornan secundarios, los derivados del conocimiento sustituyen paulatinamente a los productos naturales, las fibras ópticas podrán, al menos parcialmente reemplazar al cobre, por ejemplo.

¿Qué significado tiene el que un país posea bancos genéticos o miles de especies vegetales y animales u órbitas geoestacio-

narias, si no se cuenta con el conocimiento para hacer de ello una opción de desarrollo? Es necesario por ello que los Sistemas Educativos se propongan como objetivo la educación en la ciencia, esto es en la actividad científica, en una educación en la cual el individuo sea el protagonista, en la cual no sólo sea un hábil «solucionador» de las preguntas planteadas por otros, sino un protagonista capaz de ver preguntas propias, con el firme convencimiento de que son preguntas importantes.

Estas consideraciones se pueden analizar, para sopesar su importancia, desde el concepto de marco epistémico planteado por Piaget:

«Para nosotros, en cada momento histórico y en cada sociedad, predomina un cierto marco epistémico, producto de paradigmas sociales y epistémicos. Una vez constituido un cierto marco epistémico, resulta indiscernible la contribución que proviene de la componente social o de la componente intrínseca del sistema cognoscitivo. Así constituido, el marco epistémico pasa a actuar como una ideología que condiciona el desarrollo ulterior de la ciencia. Dicha ideología funciona como un obstáculo epistemológico que no permite desarrollo alguno fuera del marco conceptual aceptado. Sólo en los momentos de crisis, de revoluciones científicas, hay una ruptura de la ideología dominante y se pasa a un estadio diferente con un nuevo marco epistémico» (op. cit., p. 234).

En estos países se puede estar de acuerdo con la propuesta constructivista universal de proponer en el aula situaciones que promuevan el paso de las formas de explicación espontáneas a formas más elaboradas de explicación en un contexto similar al de las revoluciones científicas. Esta alternativa es sin embargo incompleta mientras no se reconozca que el cambio debe ser total. No se trata de incorporar los aspectos for-

males del paradigma dentro de un marco epistémico en el cual la imagen de conocimiento está dominada por verdades absolutas, distantes de la actividad del sujeto, donde el origen del conocimiento es la autoridad y el método de acceder a él la interpretación dogmática. No se trata de lograr expertos manipuladores de fórmulas y procedimientos, si se mantiene una desconfianza total en sí mismos, en su capacidad inquisidora y en su creatividad. No se trata, repetimos, de lograr hábiles profesionales capaces de resolver las preguntas que otros les plantean pero incapaces de plantearse una pregunta propia.

Ya algunos autores han enfatizado en la importancia del cambio metodológico como premisa para el cambio conceptual (Gil-Pérez, 1989; Segura, 1991), cuando enfatizan en la necesidad de superar la metodología de la superficialidad. El punto que quiere sustentarse aquí es que más que un cambio metodológico, lo necesario es un cambio actitudinal que permita recuperar el conocimiento como una posibilidad individual. Y este cambio tiene que ver, como se anotó antes, al referirnos a las trasposiciones mentales, con un cambio de mirada. No se trata de mirar cosas distintas. Se trata de mirar lo mismo, pero de verlo de una manera diferente.

Dos personas pueden compartir los mismos conocimientos, pero es diferente que estos se conciben como una verdad absoluta a que conciben como una construcción. Y no se trata de repetir que el conocimiento se construye, sino de construirlo efectivamente en el aula. En este sentido podríamos afirmar que no sólo la observación está cargada de teoría (como afirma Hanson Rusell, 1977), sino que está también determinada por la actitud de quien observa. Es por ello que podríamos insistir con Piaget (1967) en que «*entender es descubrir, o reconstruir mediante descubrimiento, y esto debe satisfacerse si se quiere formar individuos capaces de producción y creatividad y no simplemente de repetir*» (p. 20).

El programa constructivista deberá, en suma, centrarse tanto en la construcción de los valores de la ciencia actual como en que él, el estudiante, logre la construcción de una imagen de sí mismo como persona capaz de hacer conocimiento. Y esta construcción tiene como punto de partida la construcción de la confianza en sí mismo. Se trata entonces de lograr un constructivismo comprometido epistemológicamente y no sólo concebido como una estrategia instrumental.

Bibliografía

- Arcà M. y Guidoni, P. (1989). «Modelos infantiles». *Enseñanza de las ciencias*, 7 (2), España.
- Bachelard, G. (1975). *La formación del espíritu científico: contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*, Siglo XXI Eds., Buenos Aires, Argentina.
- Bronowsky, J. (1965). *Science and Human Values*, Harper Torchbooks, Nueva York.
- Butterfield, H. (1957). *The origins of modern science*. The Free Press, Nueva York.
- Crombie, A.C. (1979). *Historia de la Ciencia: de San Agustín a Galileo, siglos V-XIII*, Vol I., Ed. Alianza Universidad, Madrid.
- Driver, R. y Oldham V. (1988). «Un enfoque constructivista del desarrollo curricular en ciencias». En *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*, R. Porlán et al. (eds.), Ed. Diada, Sevilla.
- Elkana, J.(1983). «La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica», *Boletín Sociedad Colombiana de Epistemología*, Vol. III, 10-11, Bogotá.
- Eco, H. *El nombre de la rosa*, Ed. Bompiani-Lumen.
- Federici, C. Mockus, A. y otros (1984). «El problema de la formación de una actitud científica en el niño a través de la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias naturales en la escuela primaria». *Proyecto Cindec, U. Nacional, Proyecto Colciencias*. Bogotá. Informe Final, primera etapa. Material off-set.
- Geymonat, L (1977). *Filosofía y filosofía de la ciencia*, Nueva Colección Labor, Barcelona.
- Gil-Pérez D. (1986). «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Relaciones controvertidas». *Enseñanza de las ciencias*, 4 (2), España.
- Giordan, A. «De los modelos de los niños a un modelo de aprendizaje alostérico». *Investigación en la Escuela* N° 8. Sevilla, España.
- Hanson, N.R. (1977). *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, Alianza Universidad, Madrid.

- Hodson, D. (1988). «Filosofía de la ciencia y educación científica». En *Constructivismo y enseñanza de las ciencias*, R. Porlán et al. (eds.), Ed. Diada. Sevilla.
- Koyré, A. (1978). *Estudios de historia del pensamiento científico*, Siglo XXI Eds., Bogotá.
- Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolutions*, The University of Chicago Press.
- Novack, J.D. (1988). «Constructivismo humano: un consenso emergente». *Enseñanza de las Ciencias* 6 (3). España.
- Piaget, J. (1975). *Introducción a la epistemología genética. 2: El pensamiento físico*, 1a. ed., Ed. Paidós, Buenos Aires.
- (1977). To understand is to invent. *International Commission on the Development of Education*, Unesco.
- y García R. (1984). *Psicogénesis e historia de la ciencia*, Siglo XXI Eds., Mexico.
- Segura, D. (1991). «Una premisa para el cambio conceptual: el cambio metodológico». *Enseñanza de las Ciencias* 9 (2), España.
- (1977). «Consideraciones epistemológicas y psicológicas para una didáctica de la física». *VII Congreso Nacional de Física*. Ponencia mimeografiada, Cartagena, Colombia.
- (1981). «La enseñanza de la ciencia a nivel básico: continuidad o discontinuidad». *Naturaleza, Educación y Ciencia*, No. 0, Bogotá.
- (1991). «Búsqueda de una pedagogía orientada hacia la construcción de una cultura científica». *Premio Nacional de Pedagogía - Universidad Javeriana, Famdi*, Bogotá.
- Toulmin, S. (1960). *The philosophy of science. An introduction*. Harper Torchbooks, Nueva York.
- (1977). *La comprensión humana*. Vol. I: *El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, Alianza Universidad, Madrid.
- Villaveces, J. L. (1992). «Vino fresco en odres viejos». Conferencia dictada en el evento Encuentro con el Futuro, Santafé de Bogotá.

3

El cambio metodológico: una premisa para el cambio conceptual

Publicado originalmente en la revista *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 2 No. 9, Valencia, España, 1991.

Una de las líneas de investigación predominantes en la enseñanza de la ciencia en nuestros días es la búsqueda de alternativas didácticas que conduzcan al «cambio conceptual» en los estudiantes.

La importancia de esta orientación está sustentada por el reconocimiento universal de los esquemas de interpretación espontáneos de las personas (niños y adultos sin escolaridad en ciencias) frente a fenómenos naturales. Un argumento contundente que afirma la importancia del tema es el convencimiento de que la clase de ciencias ha sido incapaz de lograr el reemplazo de tales formas de explicación por otras, inspiradas en la ciencia (válida hoy) o que muestre una evolución en tal dirección.

El análisis de la situación se ha emprendido fundamentalmente desde dos perspectivas. Por una, se reconoce la importancia que en este tipo de investigación jugaron los estudios de Piaget, quien llegó a afirmar que los esquemas de explicación espontáneos de los niños repiten frecuentemente ideas que en otro tiempo fueron científicas, pero que luego de algunos años se abandonaron, como en el caso de la antiperístasis (Piaget 1975, p. 59) para explicar el movimiento de los proyectiles. Son ade-

más puntos importantes de referencia las concepciones de Piaget con relación al desarrollo cognoscitivo, y especialmente su teoría en torno a las condiciones del desarrollo, dentro de las cuales los conceptos de acomodación y de anomalía pueden ser una fuente de ideas acerca de lo que es el «desarrollo de los conceptos» cuando se analogiza estructuralmente con el desarrollo cognoscitivo.

La segunda perspectiva se deriva de los planteamientos de Kuhn (1970), sobre los cambios conceptuales en la historia de la ciencia. Así pues, si tanto en la construcción del conocimiento a nivel colectivo (historia de la ciencia), como en el desarrollo cognoscitivo se presentan períodos de asimilación (ciencia normal en Kuhn) y acomodaciones (ciencia en épocas de revolución), separadas por conflictos, anomalías, etc., podríamos preguntarnos si la construcción conceptual, a nivel individual, no puede seguir las mismas leyes estructurales (Segura 1977).

El paralelismo es cautivante. Sin embargo, es conveniente plantear algunas de las dificultades que surgen cuando se trata de proponer una alternativa a partir de estas analogías. El hecho de que en una situación de aula exista una persona, el maestro, que sabe hacia dónde va y cuáles son las soluciones de los conflictos o anomalías conceptuales que se presentan en el aula, hace no sólo que el proceso no sea autónomo (como puede pensarse tanto en el desarrollo cognoscitivo como en la historia de la ciencia), sino que sea dirigido. En segundo lugar, la tensión afectiva que existe dentro de la comunidad científica cuando se investiga una anomalía, difícilmente se puede producir en el aula. En este sentido podríamos preguntarnos si la obsesión de Galileo, por ejemplo, al investigar el movimiento vertical, puede lograrse así sea una vez en una situación de clase. En tercer lugar, la escuela no puede “perder tanto tiem-

po” tratando de reproducir (por el método que sea) las grandes síntesis en la formalización científica.

Una gran cantidad de trabajos inspirados en estas consideraciones se han emprendido por diversos grupos de investigación. Concretamente, el nuestro ha estado investigando desde 1981 los esquemas alternativos, denominados en nuestro medio preteorías (Segura, 1980) y se ha reflexionado sobre posibles alternativas para lograr el cambio conceptual. Algunos de los trabajos realizados se relacionan con la primera ley de la mecánica (Zalamea, 1983), las fuerzas de inercia (Benavides, 1985), la ley de acción-reacción (Ocaña, 1986), la presión (Segura, 1985), los marcos de referencia en la descripción del movimiento (Ortiz, 1986), calor y temperatura (Cárdenas, 1985; Rodríguez y Peñarete, 1988), estudio del reposo en situaciones dinámicas (París, 1987), la interpretación de datos experimentales y el concepto de ley (Salcedo, 1986), la homeostasis (Cobos y Cobos, 1988). Los resultados, aunque con algunos matices, concuerdan con lo que reportan investigaciones similares realizadas en Italia, Francia, Estados Unidos y España, por lo menos en estos puntos fundamentales:

1. Se ratifica la existencia de los esquemas alternativos.
2. Se confirma la dificultad para su destrucción o reemplazo.
3. Existe una gran similitud con esquemas sostenidos en otros tiempos, especialmente con las ideas aristotélicas, pero no exclusivos de ellas, por ejemplo en el caso de las ideas del calor como sustancia.
4. Por su lógica interna, las preteorías son desarticuladas.
5. Cuando se ha investigado la forma de explicación de adultos que han estudiado ciencias hemos encontrado, como en

otras partes (Giordan, 1982), que la preteoría se disfraza con un lenguaje científico y que entonces aparecen palabras «mágicas» que lo explican todo con sólo pronunciarlas: eso es por energía (Cárdenas, 1985), o por el peso (Zalamea, 1983), o por Arquímedes (Segura, 1988), etc.

6. Finalmente –y para nosotros ha sido un hecho importante– la ciencia que se aprende sólo sirve para solucionar algunos «acertijos del texto o del maestro», nunca para explicar algo que en la escuela no se haya aprendido explícitamente a explicar. En otras palabras, es posible encontrar personas que solucionan correctamente problemas muy complicados y que sin embargo ante preguntas «no estereotipadas» sean incapaces de hallar la explicación.

Estos resultados nos han llevado a compartir una afirmación de Gil (1986), que hace referencia a un planteamiento anterior (Carrascosa y Gil, 1985), que sostiene que el problema a investigar no se relaciona únicamente con buscar estrategias para lograr cambios conceptuales, sino en lograr alternativas para propiciar en los alumnos un cambio metodológico. En el artículo citado se plantea concretamente que debe propiciarse el paso de una «metodología de la superficialidad» a una metodología científica paralelamente al cambio conceptual. Aunque de principio coincidimos en la importancia del cambio metodológico, a nuestro juicio explicar la similitud entre las formas aristotélicas de explicación y las formas de explicación de nuestros alumnos, presumiendo que en los dos casos éstas están inspiradas en una misma postura metodológica (la metodología de la superficialidad), es un error. La investigación de este punto es quizá aún más importante que la determinación de los esquemas preteóricos, puesto que los explican al explicar su origen y en este sentido pueden orientarnos en la búsqueda de una alternativa didáctica.

A nuestro juicio la «mirada» al mundo de Aristóteles no es la misma mirada de nuestros alumnos. Aun cuando las dos miradas aparentemente coinciden en sus resultados, ni conducen a explicaciones idénticas, ni se originan con las mismas intencionalidades. Puntualizando concretamente estas afirmaciones encontramos de importancia las consideraciones siguientes:

1. Cuando Aristóteles se enfrenta a la empresa de explicar, lo hace intencionadamente y armado de un pensamiento evolucionado, lógico y sistemático. Es así como las explicaciones que propone para fenómenos diferentes pueden articularse entre sí a la luz de su teoría. Tenemos pues que si por ejemplo la teoría de las cuatro causas, que le dan a muchas explicaciones características finalistas (teleológicas), es errónea juzgada desde nuestras concepciones, casi 2000 años después, es un asunto completamente distinto a afirmar que las explicaciones aristotélicas sean incoherentes internamente.

Por el contrario, las explicaciones que elaboran nuestros estudiantes, no obedecen a una intencionalidad originada en un deseo íntimo de encontrar explicaciones, ni son tampoco espontáneas genuinamente, sino motivadas por una pregunta, por una situación perfectamente planeada por el maestro o por el investigador. En otras palabras, así la pregunta se refiera a una situación cotidiana, si no hubiera sido planteada por el maestro, la explicación jamás se hubiese verbalizado e incluso, la pregunta jamás se habría pensado. Ésta es la experiencia que hemos vivido en las entrevistas a adultos (Benavides, 1985), e incluso a estudiantes de física, ante situaciones aparentemente reflexionadas. Por ejemplo, cuando se pregunta: ¿Por qué dos cuerpos de pesos diferentes en el vacío (en caída libre) caen simultáneamente?, la respuesta ordinaria se refiere a: la Tierra actúa de igual manera sobre todos los cuerpos,

o es una ley de la naturaleza, o se ha demostrado experimentalmente, etc., pero lo cierto y manifestado por ellos mismos es que nunca había pensado en ello. En esta situación, la respuesta no obedece realmente a una reflexión debida a la necesidad íntima de explicar.

Por otra parte, la preteoría que articulan los estudiantes es usualmente incoherente consigo misma (al menos a nuestros ojos). Este resultado se encuentra por ejemplo cuando se estudia el movimiento de un cuerpo sobre un plano horizontal. En este caso los entrevistados justificaban que el cuerpo se mantenga en movimiento «porque pesa» y al mismo tiempo, que el cuerpo se detenga «porque debe vencer el peso» (Zalamea, 1983). Así mismo, cuando describen el movimiento de un cuerpo que se lanza en « tiro parabólico », afirman que para ángulos de lanzamiento grandes la trayectoria es una composición de dos líneas rectas, o de una recta y una curva, mientras para ángulos pequeños, se trata de una sola curva (Segura, 1989). Estas respuestas indican, que las explicaciones espontáneas no obedecen a una lógica interna derivada de « algo » coherentemente articulado.

Estas dos consideraciones apuntan a diferenciar lo que nuestros estudiantes proponen —como explicación— de las explicaciones dadas por Aristóteles. Estas últimas son intencionadas en la búsqueda de la explicación, están internamente articuladas, son coherentes, esto es, no son contradictorias. Las de nuestros estudiantes no cumplen con esto (es más, aunque les reclamemos por su inconsistencia, a tal reclamo no le dan ningún valor).

2. Las formas de razonamiento aristotélicas son perfectamente definidas y se utilizan coherentemente al elaborar sus argumentaciones. Nadie dudará seguramente de la claridad

que demuestra al utilizar un método inductivo, deductivo o retroductivo (esto es basado en la abducción). Que en su argumentación o como fuente del conocimiento no se tenga en cuenta las mismas presuposiciones que sostenemos modernamente como características de la ciencia (como las relaciones del experimento con el conocimiento y el carácter mismo del experimento con el conocimiento y el carácter mismo del experimento, que no es el que conocemos como galileano) es una cosa, pero sus métodos de trabajo son perfectamente definidos.

Una situación completamente distinta se presenta en nuestros alumnos y en adultos que no han estudiado o no han aprendido física. Y sobre este punto queremos reflexionar en el párrafo siguiente. Por el momento baste con afirmar que la actitud cognoscitiva y metodológica de nuestros alumnos es definitivamente diferente a la aristotélica.

Elementos de aproximación para formación en una metodología científica

Una aproximación a lo que podría ser una alternativa didáctica centrada en una metodología distinta a la usual se puede derivar del rechazo a ésta. Es por eso importante caracterizar la «metodología de la superficialidad». El planteamiento que sigue se refiere a lo siguiente:

1. Una definición metodológica depende al menos de dos factores: en primer lugar, de la concepción de ciencia que la inspira y en segundo del objetivo que se plantee su enseñanza.

Constructivismo: ¿construir qué?

2. En la práctica usual de clase, parece ser que la metodología de la superficialidad «connatural» en vez de antagonizarse por efecto de la clase, se afianza.
3. Toda metodología implícita en una forma de «ver» y la metodología científica es una forma disciplinada de ver y tal disciplina no puede lograrse espontáneamente; presupone por el contrario una formación existente y sistemática.

La metodología de la superficialidad

La concepción de la ciencia que orienta la acción de la escuela a través de la formación de maestros, textos y demás ayudas didácticas es que la ciencia no es otra cosa que una colección de resultados, modelos de explicación, definiciones, leyes, principios y ecuaciones. Esta idea no sólo se mantiene desde la escuela sino que se afianza culturalmente a través de la población, los medios y la tecnología. Pruebas de ello son el énfasis que los textos dan a la aplicación de fórmulas frente a la comprensión de teorías; o los criterios de evaluación para la clase de ciencia que enfatizan más en la solución de problemas que en la habilidad para la explicación (que sería el caso si por ejemplo se propone la aplicación de las teorías a situaciones no resueltas en clase); o a afirmaciones irresponsables como las de ciertos medios de comunicación que publican « $E=mc^2$, la ecuación que cambió el mundo!», como si detrás de tal ecuación no existiera todo un sistema conceptual que fue precisamente lo que hizo posible que tal ecuación cambiara el mundo. (¿Se pensará que tal ecuación planteada en otra época podría haber producido los mismos cambios?).

Por otra parte, el objetivo que se plantea la enseñanza de la ciencia, coherentemente con su concepción, es el de aprender-

la tal y como es. Esto es, de aprender lo mejor posible los resultados, de aprender lo mejor posible a resolver un conjunto perfectamente definido de «acertijos» que se repiten de texto en texto y de maestro en maestro. Incluso ya en la práctica de la enseñanza el objetivo típico de la ciencia, que es el de explicar, pasa a un segundo o tercer plano. Es por eso que ya no hay ningún énfasis en las «teorías», es decir, en los modelos que dan comprensión, en términos de Hanson (1977) a las explicaciones. Se quedan más bien, en la mera articulación formal propuesta por Hempel (1976) como requisito para la explicación.

Con esta concepción de lo que es la ciencia -unida al objetivo de su aprendizaje- encaja muy bien la concepción metodológica que considera que existe una prescripción exacta y precisa para las acciones que deben seguirse en la creación científica: el método científico. Ya Giordan (1982) ha enfatizado en la ficción que esto supone y no insistiremos en ello.

La metodología que se deriva de estas concepciones puede tipificarse en estos términos:

1. La actitud de quien aprende es fundamentalmente pasiva. Lo que hay que aprender está ahí en los textos para ser aprendido. Lo que hay que hacer para lograrlo es lo que hacía el clérigo del siglo XV ante la fuente del saber de ese entonces, la Biblia: inclinarse respetuosamente ante la revelación divina.
2. Los resultados científicos se pueden lograr por descubrimiento. De alguna manera está implícita la idea de que las leyes y teorías se encuentran en los datos y que lo que hay que hacer es «mirar bien», de tal manera que haciéndolo es posible superar la imperfección de los sentidos y «leer en la naturaleza como en un libro abierto».

3. Esta concepción conduce a la ilusión de que la objetividad existe como un hecho dado. Precisamente al respecto vale la pena recordar que uno de los resultados de la investigación en torno de los preconceptos es que la objetividad no existe como algo dado, sino que es una construcción. Si lo que vemos depende de nuestra experiencia y nuestros conocimientos (Hanson, 1977; Segura, 1991), si todos no vemos lo mismo cuando vemos las mismas cosas, la objetividad, esto es, la identidad de interpretaciones y de percepciones, es una meta para quienes se forman en una disciplina. Es pues un punto de llegada, no un punto de partida. Podemos decir que dos físicos formados sí ven lo mismo ante el mismo objeto físico, pero esta afirmación no es posible cuando quienes miran no poseen la misma formación disciplinaria. Y las metodologías tradicionales (que no antagonizan con la metodología de la superficialidad) suponen que la objetividad es posible en la escuela, es más, que es un punto de partida. Podemos incluso volver a los planteamientos de Piaget en este punto:

«... resulta imposible separar, en ningún nivel, el objeto del sujeto. Existen únicamente las relaciones entre ambos, pero dichas relaciones pueden ser más o menos descentradas, y es esta inversión del sentido la que caracteriza el pasaje de la subjetividad a la objetividad» (Piaget 1975, p. 17).

4. La pasividad que se afirma dentro de esta metodología se caracteriza entonces por el autoritarismo. Y este autoritarismo se manifiesta en los textos, en la clase y en la confianza a ultranza en los especialistas. El autoritarismo ha conducido a concebir la ciencia como imposible para quien no posee características de genio y se manifiesta en una concepción mágica del saber. Lo que explica son las palabras, lo que valida el saber es la aplicación de las fórmulas

convertidas en cajas negras, sin ninguna comprensión. La pasividad y el autoritarismo tiene otra consecuencia: en el aprendizaje de la ciencia no existe lugar para la imaginación y la creatividad. ¿Cómo va a haber lugar si la meta está definida (resultados) y el camino está prescrito (método científico)?

5. Finalmente, como lo que tiene que aprenderse está ahí definido y dado, como no existe posibilidad para el pensamiento divergente (contrariado una de las características del pensamiento científico), el aprendizaje dentro de esta metodología puede darse por yuxtaposición, aprendiendo concepto tras concepto, como si se pudiera aprender independientemente, o retazos de teorías y no las teorías como totalidad, que es lo que permiten que sean fuentes de explicación. Es el caso por ejemplo, cuando se estudia una por una las leyes de Newton, desconociendo que todas son un sistema autoconsistente e inseparable.

Esta «metodología de la superficialidad» que se «profesa» tanto en textos como en tratados y, evidentemente, en la formación de maestros, se presenta a veces con el ropaje del inductivismo, a veces en la clase expositiva, a veces en las tradicionales guías de laboratorio, a veces en la pretensión de que un estudiante puede construir un concepto aislado para darle significado posteriormente a otros conceptos, cuando lo cierto es que los conceptos van ganando significación en la medida en que se trabaja con ellos y que lo que posee significación no es el concepto aislado, sino los sistemas conceptuales vinculados en las teorías. ¿Qué significado tiene el concepto de fuerza fuera de la teoría newtoniana? O ¿cuál es de la velocidad de la luz fuera de la física relativista?

Esta metodología, la metodología de lo evidente, del «mirar bien», de la generalización fácil, de la ciencia memorizada, de

la ciencia inútil cuando se aleja de lo aprendido específicamente, es la ciencia que se enseña y al mismo tiempo, la que se intuye ingenuamente desde la óptica del sentido común no disciplinado.

El punto que queremos enfatizar es éste: la ciencia tal como se enseña ordinariamente afianza la concepción vulgar de conocimiento. Metodológicamente la escuela no antagoniza con las formas de aproximación de sentido común a los objetos. Pero la situación es todavía más grave. El hecho de que no exista intencionalidad para explicar, nos lleva a pensar que hay algo en la escuela y en el medio social, que nos acostumbra a vivir cómodamente en un universo de cajas negras. Costumbre que se manifiesta no ya como simple impotencia ante la complejidad, sino en una renuncia a la pregunta misma, en una renuncia a la curiosidad. Sobre este punto es ilustrativo el informe presentado en México por Molina (1989).

La metodología científica

La metodología científica se fundamenta en la concepción de la ciencia como búsqueda de explicaciones. En este sentido es más una actividad que un resultado. Por otra parte, la enseñanza de la ciencia debe concordantemente orientarse hacia la formación de una actitud científica y no hacia un logro de un cuerpo neutral de conocimientos. La actitud resume la intencionalidad de la mirada: el reconocimiento del colectivo (la clase) como importante, la habilidad para la construcción de alternativas coherentes e imaginativas de explicación, el reconocimiento de los vínculos que deben existir entre lo que se afirma y el resultado empírico, la valoración del error como fuente del saber, la capacidad de entusiasmarse, de asombrarse y de asumir la búsqueda de soluciones a las anomalías, por el «simple» deseo de saber.

Como búsqueda de explicaciones, la enseñanza de la ciencia debe superar lo evidente, lo dado y la generalización fácil mediante la construcción de una forma disciplinada de ver y de pensar. Es necesario destruir la idea de que entre la mirada ingenua de la realidad y el conocimiento existe continuidad (Segura, 1981). Es por eso que el primer paso en la enseñanza de la ciencia es enriquecer la experiencia. Planteamiento que hemos argumentado ya en otra parte (Segura y Molina, 1988).

Pero enriquecerla no significa ver muchas cosas para verlas de la misma forma, sino ver las mismas cosas de manera distinta (características de la inferencia en la ciencia, en las palabras de Toulmin, 1960). En este sentido, no es el «vacío relativo» de una jeringa lo que «chupa» el émbolo, sino que el agente activo es el aire circundante que lo empuja. No es el objeto el que «naturalmente» se detiene cuando se desliza sobre una superficie horizontal, sino la acción de una fuerza que se opone al movimiento, etc.

Y deben crearse las condiciones para lograr la apropiación del pensamiento crítico e imaginativo. Debe existir un ambiente de libre expresión ante los fenómenos y de libertad de búsqueda de explicaciones. Esto requiere una clase tolerante en la cual sea posible el disenso y la creatividad (Bronowsky, 1965), y al mismo tiempo el compromiso de los alumnos para la búsqueda. En una clase de este tipo, el papel del maestro se transforma: de ser el solucionador de problemas y quien responde las preguntas, debe convertirse en el cuestionador de alternativas propuestas y quien exige constantemente que cualquier opción que se proponga como solución debe satisfacer los dos requisitos de la metodología científica: la coherencia (que brinda plausibilidad) y la contrastación empírica.

Elementos para una alternativa didáctica

Para la concreción de esta propuesta consideramos que estos elementos son fundamentales:

1. Las actividades que se realicen en clase deben originarse en preguntas concretas que sean asumidas por los estudiantes como propias. Esto puede lograrse identificando sus intereses y expectativas. En nuestros trabajos hemos encontrado que preguntas como éstas despiertan un gran interés de los alumnos y conducen a actividades enriquecedoras: «¿Aumentará indefinidamente la temperatura de un recipiente con agua si se suministra calor indefinidamente?» «¿Por qué se ve invertida la imagen en una cámara oscura?» «¿Cómo varía lo que marca el termómetro cuando estando a temperatura ambiente, se introduce en un vaso de agua que está ahí a temperatura ambiente y luego se saca?» «¿Qué cubo de hielo se funde antes: uno colocado sobre la mesa de trabajo, uno colocado sobre metal o uno envuelto en un saco de lana?», etc.

Estas preguntas no se remiten necesariamente al «entorno natural», sino que pueden originarse en circunstancias previstas y planteadas específicamente por el maestro, esto es, se originan en un «entorno dispuesto» por él. En las experiencias que hemos adelantado, encontramos que cuando un ambiente de búsqueda se ha generalizado, los alumnos sí demuestran un deseo de saber y se sienten primero desequilibrados ante los resultados divergentes de las observaciones y, por otra parte, se dan cuenta de que la búsqueda de explicaciones se emprende con el único compromiso de explicar (Segura 1988).

2. En la aproximación de las respuestas se debe permitir la libre discusión y elaboración de predicciones. Se debe insistir en que toda predicción debe justificarse. En esta actividad el grupo debe actuar como juez. La discusión entre iguales, sobra decir, permite el juicio de la coherencia de las aproximaciones (Piaget, 1958).
3. Es posible que la discusión entre representantes de predicciones alternativas se defina enteramente en la actividad anterior, esto es, en la actividad discursiva. Cuando no es posible se hace necesaria la prueba empírica. En este caso lo que se debe poner a prueba son las predicciones de los alumnos, aunque se fundamenten en preteorías falsas. Es posible que de esta forma la actividad sea plenamente significativa pues lo que se juzga es lo que los alumnos han previsto y predicho. Es por eso que deben ser ellos mismos quienes proponen el montaje experimental. Este planteamiento cambia el sentido del laboratorio o de la práctica de laboratorio.

En esta propuesta lo que realmente dinamiza el proceso de aprendizaje son los experimentos que no dan, esto es, los experimentos fallidos y lo que lo hace útiles es la reflexión posterior sobre los resultados. Por otra parte, la tarea empírica así concebida permite identificar cuándo los resultados de laboratorio son suficientes para desechar una hipótesis, cuándo son importantes las divergencias de datos respecto de las predicciones y cuándo y cómo debe utilizarse el experimento mental. Entre otras cosas, insistir en la importancia de la reflexión es valorar el significado del experimento mental en la elaboración teórica (Koyre, 1978).

4. La incoherencia que usualmente se presenta entre las predicciones y los resultados empíricos permiten calificar los

procesos de predicción, esto es, pasar de la predicción fácil, derivada de una forma superficial de reflexión e identificar variables o aspectos del fenómeno no visto antes. Ver las cosas de manera distinta: «el calor es diferente a la temperatura» (Segura, 1986), «la luz se propaga en líneas rectas» (Segura, 1985), «en el bulbo del termómetro se presenta otro proceso: el cambio de estado», «el saco de lana no “produce” calor, es un mal conductor, mientras que el metal es un buen conductor» (Rodríguez y Peñarete, 1988), etc.

5. Durante la actividad el maestro debe plantear otros interrogantes, dinamizando las actividades y enriqueciendo la discusión con nuevos ejemplos, polemizando sobre las posibles alternativas propuestas, etc. Aún más, deberá orientarlas hacia posibles salidas. La clase abandonada a su propia dinámica difícilmente llega a resultados positivos. En nuestras investigaciones sobre preteorías, hemos encontrado que las entrevistas a grupos (que ha sido una de las formas metodológicas de mayor utilización) usualmente se convierten en situaciones de aprendizaje dada la discusión que promueven y la toma de conciencia que facilitan no solamente al contrastar puntos de vista sino al verbalizar opiniones (Zalamea, 1983; Benavides, 1985; Salcedo, 1986).

Lo que hemos logrado, en algunas pruebas muy restringidas para tomarlas como resultado, si bien es cierto que son unos pocos conocimientos especiales muy sólidos, en lo fundamental se circunscriben a esto:

- 1) Los alumnos se entusiasman con las actividades y las preguntas que surgen en las clases. (Esta afirmación es válida también para el caso de adultos, pero su entusiasmo e inquietudes son menos duraderos). Se aprecia un deseo por buscar las explicaciones.

- 2) Se purifica el lenguaje y con ello, la forma de argumentación y la disciplina de polémica.
- 3) Se presenta la exigencia, por parte de los alumnos, de que antes de realizar una experiencia es necesaria una predicción (Segura, 1988). Han interiorizado que las actividades empíricas no se hacen para «ver qué pasa», sino que el planteamiento del experimento debe responder a una pregunta, la interpretación de la cual es comprometida, y que, en suma, antes de observar debe reflexionarse seriamente sobre qué observar.

Es posible que con estas formas de trabajo no se traten en el mismo tiempo –en los cursos inferiores– tantos contenidos como los métodos tradicionales. Sin embargo, si lo que se requiere es lograr una actitud coherente con la época en que vivimos y con la ciencia moderna, que permita ver más allá de lo inmediato, el resultado de la clase no puede juzgarse por las palabras que se repitan ni por las fórmulas que se empleen. Es mucho más importante enfatizar en la invención de explicaciones (aunque no sean validas científicamente) o en la imaginación de punto de vista o en la capacidad crítica o, finalmente, en la habilidad para el manejo del idioma en polémicas y discusiones.

Bibliografía

- Benavides, A., (1985). «Bases para una alternativa metodológica encaminada a eliminar las fallas sistemáticas detectadas en las preconcepciones acerca de las fuerzas de inercia». *Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.*
- Brownowsky, J. (1965). *Science and Human Values*, Harper Torchbooks, Nueva York.
- Cárdenas, W. (1985). «Detección de las dificultades en la enseñanza de los conceptos calor y temperatura». *Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.*
- Carrascosa, J. y Gil, D. (1985). «La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias». *Enseñanza de las Ciencias*, 3 (2), pp. 113-120.
- Cobos y Cobos (1988). «Estudio sobre la calidad de educación en torno al concepto de homeostasis». *Tesis de pregrado, Universidad Distrital, Bogotá.*
- Gil, D. (1986). «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas». *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), pp. 111-121.
- Giordan, A. (1982). *La enseñanza de las ciencias*, Siglo XXI, Madrid.
- Hanson, N. R. (1977). *Patrones de descubrimiento, observación y explicación*, Alianza Universidad, Madrid.
- Hempel, C. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*, Alianza Universidad, Madrid.
- Koyre, A. (1978). *Estudios de historia del pensamiento científico*, 2a. ed., Siglo XXI, México.
- Kuhn, S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Molina, A. (1989). «Proyecto de investigación para el mejoramiento de la calidad de la educación». Universidad Distrital. Bogotá, Colombia. Informe preliminar presentado al *Primer encuentro de grupo de investigación sobre la enseñanza de la física*, México.

- Ocaña, O. (1986). «Detección de dificultades en el aprendizaje de la tercera Ley de Newton». *Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.*
- Ortiz, M. (1986). «Detección de dificultades en la enseñanza del concepto de movimiento a nivel medio». *Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.*
- París, R. (1987). «Estudio de las dificultades para la comprensión de un sistema dinámico cuando una fuerza aplicada no produce movimiento». *Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.*
- Piaget, J. (1958). *The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence*, Basic Books Inc.
- (1975). *Introducción a la epistemología genética. 2: El pensamiento físico*, 1a. ed., Paidós, Buenos Aires.
- Rodríguez, W. y Peñarete, J. (1988). «Dificultades para la enseñanza de los conceptos de calor y temperatura». *Tesis de pregrado Universidad Distrital, Bogotá.*
- Salcedo, O. (1986). «La interpretación termodinámica del mundo como elemento generador de una nueva didáctica para la enseñanza de la Física». *Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.*
- Segura, D. (1977). «Consideraciones epistemológicas y psicológicas para una didáctica de la Física». *VII Congreso Nacional de Física*, ponencia mimeografiada, Cartagena, Colombia.
- (1981). «La enseñanza de la ciencia a nivel básico: continuidad o discontinuidad». *Naturaleza O*, Bogotá.
- (1985). «La enseñanza de la ciencia en sexto grado de enseñanza básica (primera etapa). *Informe final, Proyecto de Investigación*, Fondo Nacional de Investigaciones Científicas, Colciencias, Bogotá.
- (1986). «Una alternativa para la enseñanza de la ciencia: la comprensión», *Naturaleza 4*, Bogotá.
- (1988). «La enseñanza de la ciencia en sexto grado de enseñanza básica (segunda etapa). *Proyecto de investigación. Informe de Avance No. 1*, Fondo Nacional de Investigación Científica, Colciencias, Bogotá.
- (1991). «El papel del experimento en la enseñanza de la ciencia», *Naturaleza 5*, Bogotá.

Constructivismo: ¿construir qué?

---- y Molina, A. (1988). «Las ciencias naturales en la escuela». *Reflexión Educativa - Cuadernos 7*, Cepecs, Bogotá.

Toulmin, S. (1960). *The phylosophy of Science: an introduction*, Harper Torchbooks, Nueva York.

Zalamea, E. (1983). «Detección de dificultades en la enseñanza de la primera Ley de Newton». *Tesis de grado, Universidad Pedagógica Nacional*, Bogotá.

La cultura escolar y la enseñanza de la ciencia y la tecnología

Documento preparado para el programa RED de la Universidad Nacional. Febrero de 1995. Publicado en las Memorias del Encuentro.

Para enseñar a los alumnos a inventar, es bueno darles la sensación de que ellos hubieran podido descubrir.

Bachelard (1975, p. 291).

Introducción: perspectivas de formación

Con alguna frecuencia suele antagonizarse la educación en ciencias, que enfatiza en la formación del ciudadano, con aquella que apunta a la formación del profesional en ciencias. Esta polaridad se justifica cuando se concibe que la formación de los profesionales de las ciencias naturales y la tecnología posee un carácter continuo, esto es, que existe un derrotero lineal –del cual es responsable la escuela como institución– para llevar al alumno de un no-saber, a un saber disciplinario¹. Dentro de esta concepción los temas que se estudian

1. Esta continuidad se concretaría en una sucesión lineal de aprendizajes que, comenzando en la enseñanza básica, se proyectaría en los estudios superiores.

en el aula se seleccionan desde las disciplinas científicas terminadas, por razones que nos remiten a su importancia y universalidad². Los ejemplos de esta tendencia son numerosos, entre otras cosas, porque tal es posiblemente la idea de formación en ciencias que ha orientado la elaboración de los programas oficiales y los textos. En el otro extremo –y desde la misma perspectiva– la formación ciudadana en ciencias enfatiza en el tratamiento cualitativo de los grandes temas de las ciencias y la tecnología y, en particular, de aquellos que por las angustias contemporáneas aparecen como determinantes, por ejemplo, para la toma de decisiones responsables y la elaboración de juicios acerca de políticas de desarrollo. En la actualidad, entre estos temas encontramos la ecología, los problemas de la energía, el desarrollo sostenible, etc.

Las dos posiciones no son antagónicas de principio, tan sólo enfatizan en aspectos diferentes de la misma concepción. Tanto la «profesionalista» como la «culturalista» parecen inspiradas en una misma idea acerca de lo que es la ciencia (y la tecnología): la ciencia se concibe como un producto terminado que o bien hay que utilizar productivamente (para lo cual debe haberse aprendido), o bien hay que utilizar responsablemente.

Si la ciencia se concibe de manera distinta, como producción, y no como producto, tanto las urgencias del desarrollo como las angustias por su utilización responsable, se podrían plantear de manera diferente.

2. Frecuentemente son los especialistas en la disciplina quienes determinan los «contenidos» que deberán tenerse en cuenta en los programas escolares.

¿De qué ciencia estamos hablando?

Lo que entendemos por 'ciencia'

La ciencia es mucho más que «los contenidos», término con que se designa la colección de enunciados, fórmulas, algoritmos y formas de razonar, que se incluyen usualmente en los programas y textos.

Hoy, más que nunca, es claro que la ciencia es una manera de ver la realidad, en otras palabras, lo que una formación en ciencias nos suministra es un lenguaje para ver en el mundo que nos rodea aspectos que de otra manera no veríamos y unos valores muy precisos para juzgar tanto lo que sucede, como lo que se hace y se debe hacer. La idea frecuente de concebir la ciencia como una mera colección de resultados (enunciados, algoritmos, razonamientos, etc.) neutrales e independientes de otros aspectos de la cultura, no es coherente con las ideas contemporáneas de ciencia. En lo que sigue, desarrollaremos este planteamiento a partir de Kuhn (1971) y el papel de los valores en la matriz disciplinaria, Piaget y García (1984) y su definición de paradigma epistémico y J. Elkana (1983) y su elaboración acerca de la imagen de conocimiento, en general y de ciencia en particular.

Kuhn (*op. cit.*) insiste en que la formación en una disciplina científica significa la aceptación de un paradigma. Pero, en contra de lo que usualmente se piensa, un paradigma, como lo concibe Kuhn, incluye no sólo los enunciados y formulaciones (aspectos formales de los paradigmas) y las imágenes y metáforas acerca del mundo (aspectos metafísicos del paradigma), sino un conjunto de valores propios de la actividad en

el paradigma. Es por ello que de acuerdo con Kuhn, una vez se ha aprendido una disciplina científica (o, después de acaecida una revolución científica), el mundo que nos rodea tiene que ser diferente del mundo que veíamos antes de tal aprendizaje. Es así como los valores, criterios de verdad, expectativas, formas de trabajo, etc., que caracterizaban la ciencia (o, mejor, la actividad científica) antes de Galileo eran completamente diferentes de los que se postularon (muchas veces de manera no explícita) durante la época de la denominada ciencia moderna.

Ahora bien, tales valores trascienden el ámbito de la actividad científica propiamente dicha. Es más, existe una imbricación muy fuerte entre los valores y, en general, entre las características de la ciencia en una época y la sociedad correspondiente. Se trata de algo más que la influencia, en un único sentido, de la ciencia en las concepciones sociales de la época, se trata de una interacción, esto es, una influencia recíproca. En este sentido, para Piaget y García (1984) existen concepciones [en la sociedad] que pasan a ser parte inherente del saber aceptado, y que se transmiten con él, tan naturalmente como se transmite el lenguaje hablado o escrito de una generación a la siguiente. Es para ello que éstos autores proponen el concepto de «paradigma *epistémico*».

A partir de la adolescencia, cuando se han desarrollado las estructuras lógicas fundamentales que habrán de constituir los instrumentos básicos de su desarrollo cognoscitivo posterior, el sujeto dispone ya, además de dichos instrumentos, de una concepción del mundo (*Weltaunschaung*) que condiciona la asimilación ulterior de cualquier experiencia.

Esta concepción del mundo es la que le permite al individuo asimilar e interpretar los datos que recibe de los objetos cir-

cundantes y la información transmitida por la sociedad, que se refiere a objetos y situaciones ya intertadas por ella³. Es así, por ejemplo, como lo que es 'absurdo' o 'evidente' se refiere a un cierto marco epistémico que está en buena parte determinado por la ideología dominante. En este sentido los autores llegan a afirmar que lo acaecido durante los siglos XVII y XVIII en la ciencia fue ante todo una ruptura ideológica (*ibíd*, p. 234).

En el mismo sentido, Elkana (1983) anota que «las ideologías y las construcciones socio-políticas influyen grandemente las opiniones sobre el conocimiento, sobre sus fuentes, sobre lo que se considera legítimo o aceptable, en síntesis, sobre las imágenes del conocimiento» (p. 71). Así pues, concluye, «las imágenes del conocimiento están socialmente determinadas».

El que en un momento, en la historia de las ideas, sean válidos ciertos argumentos, absurdos hoy para nosotros, se puede comprender si aceptamos que las imágenes del conocimiento que existen como telón de fondo de tales argumentaciones, son diferentes a las aceptadas contemporáneamente.

Recordemos ciertos argumentos que en un tiempo fueron aceptados como válidos y que hoy posiblemente ni siquiera son tenidos en cuenta. Veamos, por ejemplo, la tesis del papa Urbano VIII, para defender la cosmología ptolemaica (tomado de L. Geymonat, 1964): «nada impediría teóricamente que Dios, en

3. Un ejemplo particularmente claro de esta afirmación lo podemos tomar de nuestra época y se relaciona con la afirmación de sorpresa usual de los adultos por la manera «tan natural» como los niños pequeños se inician y avanzan en el manejo de los ordenadores lógicos. Luego de una instrucción muy elemental, los niños de manera bastante simple avanzan y descubren rutinas y procedimientos en juegos y programas, muchas veces muy complejos para los adultos. Parece como si ellos estuviesen inmersos en una lógica de la época.

su omnipotencia, hubiera creado en realidad un mundo ptolemaico por debajo de la apariencia (ilusoria) del mundo copernicano observable por nosotros».

Tenemos pues que el significado del conocimiento y el conocimiento mismo (en particular, los valores que orientan la actividad) no sólo están determinados temporal y espacialmente sino, también, culturalmente.

Cuando la enseñanza de las ciencias se restringe al aprendizaje de los «contenidos» se corre el riesgo de lograr el dominio de ciertos acertijos (en términos de Kuhn) sin la formación en los valores correspondientes, que serían el elemento determinante no solo para hacerlos útiles en la actividad científica sino como elemento interpretador y portador de sentido de la tecnología correspondiente. Podrían aprenderse, por ejemplo, ciertos resultados contemporáneos e incluso, utilizarse adecuadamente para la solución de problemas típicos de la disciplina, manteniendo la idea anacrónica de que tales resultados son definitivos y absolutos, que son fruto del descubrimiento y que consecuentemente lo único posible es inclinarse respetuosamente ante ellos.

Desde otra óptica, una enseñanza centrada exclusivamente en los contenidos, que no considera el contexto externo en el cual adquieren significado tanto los contenidos, propiamente dichos, como la actividad, podría plantear el dominio de ciertos «saberes» (en el terreno de lo disciplinario) sin el marco epistémico (en el terreno de lo social) que les permitiría construir una concepción del mundo (*Weltanschauung*) diferente (si no antagónica) a la derivada de concepciones espontáneas y con ello, su dinamización y utilidad para la producción de conocimientos. J. L. Villaveces (1992) en su conferencia «Vino nuevo en odres viejos», enfatiza en «la importancia que para

el desarrollo de los pueblos tiene el logro de la confianza en que la razón y la experimentación son capaces de ayudarnos a organizar el mundo, el abandono de la creencia en fórmulas rituales y en cosas, que inclusive no podemos manejar». Y tal confianza del hombre en sí mismo, expresada como confianza en la razón y la experimentación forman parte del paradigma epistémico que debería ser característico de nuestra sociedad, no solo de la actividad científica.

Finalmente, si el aprendizaje de la ciencia (o las relaciones con el conocimiento) en la escuela no conducen a la construcción de una imagen del conocimiento compatible con ella, se corre el riesgo de aprenderse una ciencia mutilada. Podríamos decir, en otros términos, que si paralelamente con el aprendizaje de la ciencia no se procuran en la escuela, o en la sociedad, actividades o situaciones orientadas a la construcción de una imagen de conocimiento, tan contemporánea como debieran ser los resultados que se enseñan, lo más importante de la formación en ciencias, no se ha enfrentado, tendremos un ropaje nuevo para un espíritu anticuado. Son las imágenes del conocimiento las que deciden lo que es o no es un problema, lo que es o no es una explicación aceptable (Elkana, *op. cit.*, p. 70), etc.⁴.

Resumiendo, el aprendizaje de los resultados más característicos de la ciencia contemporánea, no es garantía para que quienes los aprenden se encuentren en «las fronteras» del conocimiento. Es perfectamente posible encontrar en nuestro medio

4. El que en nuestro medio sea necesario contratar misiones extranjeras para que establezcan cuáles son nuestros problemas y también misiones para que los resuelvan, dice mucho de la imagen de ciencia vigente en nuestra sociedad. Otro tanto podría decirse ya no de nuestros problemas sino de nuestras posibilidades. En fin, no se trata de un problema de conocimiento, en cuanto a resultados aprendidos, sino en cuanto a su imagen.

personas con una sólida formación disciplinaria que a pesar de ello, están convencidas de su incapacidad para utilizar su formación productivamente, o que se limitan a la repetición sistemática de métodos y estrategias aprendidas para solucionar problemas particulares, o que en su vida ordinaria esperan mucho más de la buena suerte, que del trabajo sistemático e imaginativo.

Estas afirmaciones nos exigen entonces una mirada más íntima de nosotros mismos para tratar de establecer cuáles son los valores característicos de la ciencia contemporánea y cuáles los que se derivan de nuestra cultura que son los que inconscientemente orientan nuestras acciones y valoraciones.

La tesis que argumentaremos es la siguiente: *los valores dominantes en la sociedad y los que orientan las actividades escolares usuales se afianzan mutuamente. Queremos enfatizar, además, que estos valores son antagónicos, en general, con los que se derivan de la actividad científica.*

Varios estudios, realizados no sólo en nuestro medio, sino en contextos similares al nuestro, muestran que existe un antagonismo entre las imágenes del conocimiento que corresponden a la actividad contemporánea en ciencias y las imágenes del conocimiento de la sociedad y aun de los maestros de ciencias. Entre estos estudios vale la pena señalar las tesis de posgrado de Adela Molina de la Universidad Javeriana (1993), de R. Porlán de la Universidad de Sevilla (1989) y el Proyecto de Investigación de D. Segura, A. Molina y otros, de la Escuela Pedagógica Experimental (1994).

Sin entrar a una exposición detallada de los resultados de estos estudios, los aspectos más importantes que encontramos en ellos son los siguientes:

1. Para los maestros de ciencias, la ciencia es una colección de resultados que poseen el carácter de verdad absoluta y definitiva, aunque muchas veces, verbalmente, expresen el carácter de construcción y, con ello, de provisionalidad de los enunciados científicos.
2. En la práctica, se concibe la actividad científica como orientada hacia el «descubrimiento» de leyes naturales, esto es, de ciertas legalidades que se encuentran desde siempre ocultas detrás de los fenómenos, aunque se repita, como en caso anterior, que se trata de construcciones.
3. Como una consecuencia de la primera afirmación, si el aprendizaje de la ciencia es sinónimo del aprendizaje de los resultados, su método es la exposición y su testimonio, la repetición memorística. La actividad experimental (que es muy escasa) se orienta principalmente a la corroboración o ejemplificación de enunciados que forman parte de tales resultados⁵. Casi nunca se utiliza el laboratorio para poner a prueba hipótesis propias de alumnos o maestros.
4. Las prácticas escolares se orientan mucho más al aprendizaje de las «estrategias para aplicar la teoría», que a explorar su vínculo con los fenómenos. Y las instancias de aplicación de la «teoría» no son otra cosa que la solución a los
5. La idea que suele orientar estas prácticas es que «los experimentos tienen que dar». Es por ello que las divergencias experimentales se explican «salvando las teorías» al remitirlas a la inexactitud de los aparatos o deficiencias de los montajes. Usualmente las divergencias no se convierten en puntos de partida para la teorización. Incluso, los conflictos que podrían ser enriquecedores para la discusión en el aula, se ocultan y, además, con alguna frecuencia «se comprueban en el aula» evidencias que antagonizan con las teorías mismas que se pretenden ejemplificar (Segura, 1990, 1994).

problemas que propone el libro o el maestro⁶. En muy escasas ocasiones lo que se aprende como ciencia se utiliza para intentar explicarse situaciones cotidianas o para solucionar «verdaderos» problemas.

5. Con muy raras excepciones, los conocimientos, que son objeto de la enseñanza en las aulas (incluso de las universidades), nos remiten a investigaciones que se realizan en la propia institución o en el país. Esta afirmación es válida a todos los niveles, incluyendo la educación superior y de posgrado.

Estos elementos van configurando una imagen del conocimiento que de ninguna manera antagoniza con las imágenes de conocimiento socialmente aceptadas. Veamos algunas de ellas.

1. Socialmente se considera que el conocimiento es producto de personas especiales, que trabajan en situaciones especiales y que utilizan estrategias especiales para ello (el método científico). La imagen de científico que popularizan los medios de comunicación es tan extraña que difícilmente podemos imaginar que entre nosotros pueda existir un científico.
2. Se acepta, así mismo, que el conocimiento tiene muy poca influencia para la realización de los individuos. Mucho más importantes son la astucia y la buena suerte⁷. Del conoci-

6. Estos serían los «ejemplares», que constituyen un cuarto elemento citado por Kuhn (op. cit.) de la matriz paradigmática.

7. Ejemplos particularmente dramáticos de esta referencia, a la buena o la mala suerte, los encontramos en los medios de comunicación (y en boca de ministros de Estado) cuando explican en términos de buena o mala suerte las consecuencias de las lluvias (inundaciones), la escasez de ellas (sequías), el precio del café (y las heladas del Brasil), los racionamientos de energía eléctrica, etc.

miento lo importante son los íconos que lo acreditan: los títulos (o las calificaciones). Una calificación obtenida mediante la astucia es igualmente válida a la obtenida por el conocimiento.

3. Como consecuencia de lo primero, se acepta también que así como consumimos productos extranjeros (i. e. los enlatados), también consumimos, y consumiremos por siempre, los conocimientos. Es una relación de colonia-metrópoli. Cabe destacar aquí nuestro «mesianismo», que valoriza lo que dicen o hacen otras personas frente a lo que se dice y se hace en nuestro entorno, por el sólo hecho de haber sido hecho por personas muy distantes de nosotros. Podría decirse que mientras más distante sea la procedencia, la valorización es también mayor.
4. Las fuentes sociales del conocimiento son la autoridad y la tradición. Esta relación es válida tanto entre los campesinos como en los cursos de posgrado.
5. En cuanto a los valores que explícitamente se promueven (más con discursos que con prácticas), éstos se limitan a los valores tradicionales (no por ello menos importantes) como el amor, la honestidad, el respeto a la vida y a la dignidad humana y la solidaridad, mientras se desconocen aquellos que como la argumentación racional, la previsión y el diseño podríamos considerar pilares de la modernidad (Batista, Restrepo y otros, 1993), esto es, la creatividad, la competitividad, la eficacia, el control de calidad, la innovación, la información, la investigación, la adaptación en la transferencia de tecnología, la conservación del medio ambiente, la prevención de desastres, la democracia y la equidad.

De lo anterior podríamos concluir:

- 1) que no existe un antagonismo entre la imagen del conocimiento que es propiciada en las aulas y la imagen del conocimiento que es válida socialmente, incluso por quienes no han recibido una formación disciplinaria en ciencia y tecnología, y
- 2) que estas imágenes del conocimiento que se afianzan mutuamente son antagónicas con las que se derivan de la ciencia contemporánea.

En un trabajo anterior (Segura, 1994a) se muestra cómo la imagen que se deriva de la formación escolar corresponde mucho más a las características del conocimiento en la Edad Media, que a las que corresponden a la ciencia de nuestros días.

Es por esta razón que podríamos afirmar que *mientras no exista en la escuela una actividad deliberada para construir los valores característicos de la ciencia contemporánea, lo que en la escuela se hace no será ni la antesala de una formación profesional, ni un presupuesto válido para una formación ciudadana.*

El contexto de producción científica

Por lo que argumentan Kuhn, Elkana y Piaget y García (citados antes), los valores que corresponden a la ciencia en una época determinada no son independientes de la sociedad en que se vive. Aunque en la actualidad las comunidades científicas han logrado dinámicas de producción, comunicación, discusión y validación de resultados, con independencia de las

sociedades en que viven los científicos, nosotros sostenemos que cuando se trata de construir en el aula los elementos más característicos de la actividad científica, tales construcciones no pueden ser independientes del contexto, y en particular, del contexto escolar. Si uno de los pilares del conocimiento contemporáneo es, por ejemplo, su rechazo al dogmatismo, difícilmente podría darse una actividad coherente de libertad de búsqueda en una institución organizada sobre la base del dogmatismo (o del autoritarismo).

Algunas consideraciones apoyadas en el estudio de la historia del pensamiento científico sostienen que el conocimiento, para que florezca, requiere de ciertas circunstancias que no se dan espontáneamente, se trata más bien de situaciones sui generis que han existido muy rara vez. Toulmin (1977) anota al respecto:

«Tolerar por primera vez a pensadores independientes como los milesios y los miembros de la Academia de Platón exigía una gran autoconfianza intelectual; y se necesitó un coraje aún mayor para ver que esas escuelas influían en los jóvenes de la élite determinante de la opinión y, sin embargo, resistir la tentación de suprimirlas. Este coraje y esta confianza, por supuesto, no fueron universales en la Atenas del siglo IV, como no lo fueron en la Roma del siglo XVII ni en las superpotencias del siglo XX. Los destinos de Anaxágoras y Sócrates nos recuerdan que, aún en la Grecia clásica, las heterodoxas eran fácilmente confundidas con las herejías, y la libre especulación con los pensamientos peligrosos» (Toulmin, op. cit., p. 226).

Bronowsky, y ya lo hemos citado en diferentes oportunidades (Segura y otros, 1994), anota en su bello libro *Science and Human Values* (1967) que no puede florecer la actividad científica mientras no existan la libertad de pensamiento, que hace

posible el disentimiento y la creatividad e imaginación, y la tolerancia. Veamos al respecto:

«Pero si la ciencia ha de ser efectiva como una práctica pública, debe ir más allá, debe proteger su independencia. Los salvaguardas que se deben ofrecer son evidentes: libertad de búsqueda, libertad de palabra, tolerancia. Estos valores nos son tan familiares a quienes convivimos con peroratas políticas, que parecen autoevidentes. Sin embargo, serán auto-evidentes, esto es, necesidades lógicas, sólo cuando los hombres estén ante la exploración de la verdad, esto es en una sociedad científica. Las libertades y la tolerancia no han sido importantes en sociedades dogmáticas, aún cuando el dogma era el cristianismo. Sólo fueron garantizadas una vez cuando floreció el pensamiento científico, en la joven Grecia.

La sociedad de los científicos debe ser una democracia. Sólo puede mantenerse viva y crecer en una tensión entre disentir y respetar; entre la independencia frente a las concepciones de los otros y la tolerancia ante ellas... La tolerancia entre científicos no puede basarse en la indiferencia, debe basarse en el respeto.... La ciencia confronta los trabajos de un hombre con los de los otros y los articula; y no puede sobrevivir sin justicia, honor y respeto entre hombre y hombre. Sólo mediante estos medios la ciencia buscará su objetivo inefable, la exploración de la verdad. Si estos valores no existen la sociedad de los científicos tendrá que inventarlos para hacer posible la práctica de la ciencia. En las sociedades donde no existían estos valores, la ciencia ha tenido que crearlos.

También nuestros pensadores han propuesto afirmaciones semejantes. El maestro Estanislao Zuleta (1994) afirma:

La ciencia es democrática, porque la democracia es su origen y, por eso, la idea de «ciencias ocultas» es una

contradicción en los términos, como el hielo frito. La ciencia es abierta, la ciencia es accesible; el proceso puede ser largo, pero no está en manos de ninguna casta cerrada. Es importante ver que esa necesidad de discutir genera la lógica. La lógica termina por ser la matriz de todas las ciencias.

El aprendizaje de la ciencia no puede restringirse al aprendizaje de resultados. La ciencia es mucho más que eso.

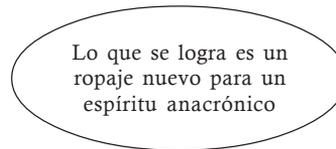
Si al aprenderse la ciencia no se construye simultáneamente una manera de pensar, una manera de ver, una imagen del conocimiento, una escala de valores, el aprendizaje de los resultados puede ser inútil para la producción científica.

La ciencia que se aprende en la actualidad en nuestras instituciones escolares es un conjunto de resultados y técnicas para resolver acertijos, que deja intacta la imagen de ciencia, los valores y las actitudes de los individuos. Se aprenden los resultados pero se continúa asumiendo la ciencia y el conocimiento como son asumidos en el contexto social.

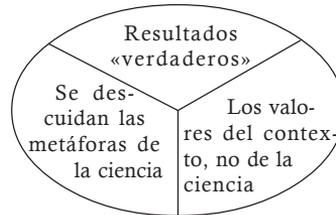
El aprendizaje de la ciencia, para que sea también un aprendizaje en los valores de la ciencia, debe darse en un contexto democrático. Sólo así será posible vivir sus valores más característicos.



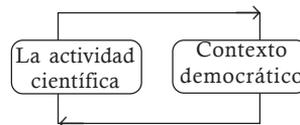
La ciencia



La enseñanza



Los énfasis



Cuadro 1

La pregunta que se deriva de estas consideraciones es, entonces, hasta dónde es posible construir tales contextos de trabajo, que a su vez, serían contextos de producción, y, en particular, hasta dónde la escuela y la sociedad pueden contribuir a ello. Es desde esta perspectiva que nos podemos plantear el problema de la cultura escolar frente al conocimiento. Los argumentos anteriores se ilustran en el Cuadro 1.

La relación entre el conocimiento científico y el alumno

Los problemas que se debaten en la clase son de muchos tipos. Notemos, para comenzar, cómo en la escuela estamos abocados, entre otras, a las siguientes problemáticas, que podríamos agrupar como de dos grandes tipos, la cuestión de la didáctica y los aspectos actitudinales.

1. En cuanto a la didáctica –problema que señalamos de inmediato por ser el que suele enunciarse como fundamental– la situación es que los alumnos no aprenden los resultados o contenidos que se les enseñan (los aspectos formales del paradigma). Después de cursos aprobados exitosamente por los alumnos, frente a los fenómenos cotidianos más simples (la caída de un cuerpo, por ejemplo) los alumnos continúan razonando como si nunca hubiesen ido a la clase de ciencias.
2. En cuanto al aspecto actitudinal, señalemos las problemáticas en términos de *lo distantes que son para el alumno la clase y el conocimiento*.
 - a. Para los alumnos, la ciencia que se enseña (y que se aprende) es algo distante en el tiempo y en el espacio. La ciencia que se enseña procede de otros tiempos y de otras latitudes.

- b. Tanto para maestros como para alumnos, la ciencia que se enseña (y que se aprende) es también un conocimiento distante para abocar los problemas cotidianos, los problemas verdaderos. Tales problemas se continúan resolviendo, a pesar de la escuela, por estrategias derivadas del sentido común. Contrariamente a lo que podría suponerse, las prácticas de laboratorio suelen distanciar aún más los aprendizajes respecto de la realidad.

- c. Por otra parte, la ciencia (como acto de creación) que se enseña (y que se aprende) es también algo distante del individuo que la aprende. Difícilmente un individuo puede verse a sí mismo (o ver a un compañero) como un posible protagonista en la creación científica. Se enfatiza tanto en lo especializadas que son las formas de trabajo y de razonamiento que caracterizan la actividad en las ciencias, que se descuidan las formas de razonamiento espontáneas de los alumnos y de los individuos en su vida de todos los días⁸. Se enfatiza tanto en la genialidad de las intuiciones que sirven de marco a los grandes «descubrimientos», y se hace tanto énfasis en las deficiencias de las formas de explicación de quien aprende, que su posibilidad de producción es cada vez más remota.

8. Con respecto a las formas de razonamiento, sería interesante conocernos mucho más a nosotros mismos. Existen algunos trabajos que apuntan a plantear las diferencias que existen cuando se abocan problemas entre quienes pertenecen a la tradición de occidente (más analíticos) y nuestras sociedades ancestrales (más sintéticos e intuitivos; ver, por ejemplo, Alvarez, M. T. 1992). Por otra parte, las formas lineales de exposición y enseñanza transcurren sin considerar las formas alternativas y divergentes que utilizan los alumnos para solucionar problemas, a veces ricas en posibilidades incluso para los propios propósitos de la clase y de lo que se quiere enseñar (*véase* Segura, 1994).

Los problemas de la didáctica: aproximación a las formas de explicación contemporáneas

En cuanto a la enseñanza de las ciencias, en su relación didáctica, algunos de los trabajos más contemporáneos (por ejemplo Giordan, 1990; Guidoni, 1985), enfatizan en la idea de aproximación paulatina a los paradigmas contemporáneos, en contraposición a la concepción de enseñanza usual que intenta en el aula el paso de un no saber a un saber definitivo⁹. Mientras Giordan hace hincapié en la construcción de modelos de explicación aproximados mediante la modelización permanente basada en el conflicto y la confrontación, Guidoni enfatiza en la posibilidad de utilizar el pensamiento por analogía y, por ello, en la conveniencia de enriquecer estas analogías y de tomar como punto de partida «el pensamiento natural» de los alumnos.

En estas líneas de trabajo, las investigaciones en nuestro medio son realmente escasas. Carecemos de datos confiables que den respuesta a preguntas de esta clase: ¿cómo explican nuestros alumnos la fenomenología cotidiana?, ¿cómo razonan los estudiantes, cuáles son sus estrategias para resolver los problemas que se plantean en clase, diferentes a los algoritmos y razonamientos hechos?

9. La insistencia en tratar de lograr a nivel medio (y menos, a nivel básico) el aprendizaje de resultados inspirados en la ciencia contemporánea confluye en la creación de obstáculos adicionales para aprendizajes futuros. En primer lugar suelen aprenderse palabras en vez de explicaciones significativas; en segundo lugar, se promueven generalizaciones abusivas, articuladas muchas veces con analogías pobres o equívocas y por último, se aprenden estereotipos inútiles tales como fórmulas, definiciones y clasificaciones.

El primer dato es importante si se quieren plantear opciones de clase que partan de las ideas de los alumnos (sus explicaciones, sus concepciones, sus preteorías). El segundo, puede ser enriquecedor si se quiere reconocer la importancia del pensamiento divergente y buscar alternativas didácticas que proyecten y potencien la intuición a problemas cada vez más elaborados.

Con respecto a la problemática de la didáctica, existen puntos en que algunos investigadores en la enseñanza en la ciencia parecen coincidir.

1. Con respecto a la enseñanza, debemos renunciar a incluir como «contenidos» una lista extensa de resultados de la ciencia contemporánea. En realidad con respecto a los contenidos parece ser que aparte de un cuerpo muy reducido de ideas generales¹⁰ (Halbwachs, 1975), lo demás debe estar disponible en bancos de datos y centros de información que deben saberse utilizar cuando se requieran.

10. Al referirnos a los contenidos, sostenemos que deberían incluirse ideas generales coherentes con la ciencia y la tecnología contemporánea. Asuntos como la comprensión de las diferencias entre lo analógico y lo digital, la construcción de una visión del mundo basada en la autorregulación y la homeostasis, la comprensión del mundo sobre la base de las interacciones (en oposición a las propiedades), el estudio de la evolución y la diversidad, en oposición a las taxonomías, la valoración de la diversidad por oposición a las clasificaciones empobrecedoras, entre otros, son más que temas, tal vez se trataría de perspectivas, que permitirían ver la realidad de una manera distinta y prepararnos para estudiar las problemáticas contemporáneas y, dentro de ellas, las posibilidades de desarrollo del país. Creemos que una concepción del mundo que supere la mirada clásica que se articula con los procesos reversibles, podría ser mucho más rica. Podríamos ver entonces no un universo determinista, sino el juego de múltiples variables en un telón de fondo de azar e interacciones, mucho más rico para aproximarnos, por ejemplo, a la comprensión de la evolución.

2. Ahora bien, en cuanto a los resultados que se enseñan (contenidos), debería buscarse más la aproximación a los modelos (p. ej. imágenes) construidos por la ciencia moderna, que a los algoritmos. En este sentido juega un papel fundamental el pensamiento por analogía. Se trata de hacer significativo, a partir del modelo, el fenómeno o situación para, por ejemplo, hacer previsiones. Ahora bien, los modelos son una estrategia que se ha utilizado desde siempre, el punto novedoso es la búsqueda de modelos que, a la vez, se articulen con las representaciones de los alumnos y no se constituyan en obstáculos para una formalización ulterior (Giordan, *op. cit.*, p. 217).
3. Por último, recientemente se insiste mucho más en lograr «un cambio de mirada» de parte del alumno, frente a los problemas que estudia, o a los fenómenos o situaciones que lo inquietan. En términos de Gil-Pérez (1986), se trataría de superar la metodología de la superficialidad, esto es, la metodología de lo evidente, de lo inmediato y acceder a la metodología científica (¡que no es el método científico!).

El problema de las actitudes: el contexto

El problema del contexto, a diferencia del problema de la aproximación a los resultados de la ciencia contemporánea, al que nos referimos antes, se plantea muy rara vez por los estudiosos de la enseñanza de la ciencia; incluso en revistas que dan cuenta de investigaciones internacionales, este problema no se menciona, o se menciona muy rara vez. Cuando se hace referencia a él, por ejemplo, al tratar sobre el ambiente de la clase —como lo hace Giordan— se justifica como estrategia didáctica para propiciar conflictos que conducirán a enun-

ciados, esto es, a propuestas de explicación cada vez más elaboradas y más próximas a las explicaciones disciplinarias.

Desde nuestro punto de vista, la construcción de un contexto deliberativo y de búsqueda colectiva es, por una parte el aspecto fundamental para superar los distanciamientos y pasividad a que nos referimos antes y por otra, para lograr como lo anota en la cita anterior Bronowsky, los valores más característicos de la actividad científica: justicia, honor y respeto entre hombre y hombre. Parafraseando a Bronowsky, podríamos decir que si estos valores no existen, en la escuela no es posible la práctica de la ciencia.

Este planteamiento nos conduce a posiciones extremas en cuanto a la organización escolar, a la organización del aula y, en particular, en cuanto a las metas que deben buscarse al emprenderse la enseñanza de (en) la ciencia.

Ante todo, más allá del ambiente que se construya en la clase, que como lo anotan investigadores de las más diversas latitudes, debe ser deliberativo y de búsqueda colectiva, es necesario enfatizar en el ambiente escolar (en el ambiente educativo) como totalidad. Recordemos que es este ambiente el que podrá propiciar u oponerse a la posibilidad de producción de conocimientos. En este sentido, la lucha enorme que debe proponerse es contra el dogmatismo. El que una sociedad productora de conocimientos deba ser una sociedad democrática (ver cita anterior de Bronowsky) plantea una problemática muy compleja pues la democracia no es una forma espontánea de organización.

Podría decirse que la instauración de una sociedad democrática requiere de imposiciones violentas, al menos en nuestras sociedades dogmáticas y autoritarias. ¿No es acaso más «na-

Constructivismo: ¿construir qué?

tural» cumplir (obedecer) ordenes que actuar de manera responsable? ¿No es acaso más «eficiente» dar las respuestas que permitir la búsqueda? ¿No es acaso más «cómodo» que nos comuniquen los reglamentos a que nos impliquen en la construcción de formas de convivencia?

Un ambiente educativo organizado sobre la base de reglamentos y manuales «soluciona» los problemas que se presentan en la escuela mediante prescripciones (Moreno y otros, 1993). Aunque, en términos de tiempo, esto sea más eficiente, tal hecho a la vez que evita que sean los propios actores, esto es, quienes están involucrados en el problema, los que busquen las soluciones, escamotea la responsabilidad tanto de quien aplica el reglamento como de quien debe asumirlo.

Un ambiente educativo en el cual existe alguien que posee la verdad (en cuanto a la normatización o en cuanto al conocimiento) conduce al dogmatismo. Las búsquedas se convierten, en el mejor de los casos, en laberintos¹¹, esto es, en muchos caminos obstaculizados por los errores, con una sola salida, que alguien conoce de antemano y que es la única posible.

Las vivencias de conocimiento¹² y las vivencias de vida en sociedad

A nuestro juicio, tanto las problemáticas que se derivan de lo didáctico, como las consideraciones acerca del contexto, apun-

11. Agradezco a la Fabio O. Arcos –docente de la Escuela Pedagógica Experimental– por esta metáfora, planteada por él para ilustrar las dudosas ilusiones del constructivismo.

12. La concepción de «vivencias de conocimiento» es desarrollada por Federici, C. y otros (1984) desde la perspectiva fenomenológica.

tan a la necesidad de hacer de la escuela un entorno en el cual sean posibles no solo las vivencias de conocimiento sino las vivencias de la vida en sociedad, esto es, las vivencias democráticas, que las enmarcan en una posibilidad más amplia de significación. Mientras con las vivencias de conocimiento queremos recuperar al pensador imaginativo que ve problemáticamente la realidad y aboca optimistamente los problemas y el trabajo colectivo, con las vivencias de la vida en sociedad creemos que se promueve la constitución de un contexto propicio para la producción cognoscitiva y el sentido de protagonista como sujeto social.

Al referirnos a un ambiente democrático no estamos abogando por prácticas de la democracia representativa (consejos escolares, «elecciones populares», etc.), sino por prácticas participativas a través de las cuales quienes sienten la necesidad de manifestarse ante un hecho de carácter público, pueden hacer uso de los canales y mecanismos existentes, o se atreven a crear otros, para modificar o influir en cambios o en transformaciones sociales. Para que esta actitud de protagonismo sea realmente formativa, tanto los problemas que se abocan como las soluciones que se proponen deben superar el terreno de lo ficticio y constituirse en casos que son verdaderamente problemáticos. En otras palabras, una sociedad (escolar) que desea construir un ambiente democrático de participación y tolerancia, no debe eludir los problemas (por ejemplo mediante normas o reglamentos) sino asumirlos, tratándolos en su singularidad.

La cultura escolar debe, pues constituirse como una totalidad, dentro de los parámetros de una sociedad posible. Si se proponen ambientes propicios para que la autonomía y la libertad de pensamiento sean posibles para los alumnos, también ello debe ser posible para los maestros. Es por ello que, entre otras

cosas, las condiciones espacio-temporales de la escuela deberán posibilitar el trabajo en grupo, el intercambio de opiniones, la discusión y reflexión sobre la cotidianidad y la escritura de testimonios y experiencias.

Por sus vivencias en el ambiente educativo el individuo deberá convencerse de la posibilidad real de ser un protagonista y ello depende de, al menos, tres elementos. En primer lugar de la confianza que haya construido en sí mismo y en particular en su propia racionalidad. En segundo lugar, de su relación con su entorno, que sostenemos, ha de ser de optimismo; de un optimismo fundamentado en la verdad, en el convencimiento de que existe un futuro en su perspectiva personal y en su perspectiva como miembro de una nación cuyo desarrollo es una realidad (es un hecho). En tercer lugar, de su formación, que le permitirá a la vez, ver problemáticamente su entorno como abocar exitosamente verdaderos problemas y trabajar en equipo.

La clase y las vivencias de conocimiento

La concepción de «vivencia de conocimiento» es una aproximación que articula las consideraciones derivadas de la didáctica, de la actitud y que podrían contribuir a la constitución en el aula de un ambiente propicio para la creación científica. En la base de su concepción existe la exigencia porque la clase sea coherente, a la vez, conceptualmente y en cuanto a pertinencia de la misma.

Cuando sostenemos que la clase debe ser coherente conceptualmente, nos referimos a que su desarrollo debe tener en cuenta las explicaciones espontáneas (preteorías) de los alumnos frente a las situaciones problemáticas (conflictivas) que

son objeto de estudio en la clase. Y tenerlas en cuenta no significa que se conozcan de antemano, ello sería imposible. Se trata más bien de crear un ambiente de trabajo que permita la libre expresión, la libre búsqueda, la posibilidad de controvertir y de argumentar, el trabajo en colectivo y el respeto mutuo, condiciones que permitirán buscar sin temor a errar.

Cuando, por otra parte, propiciamos que exista una tensión de interés entre lo que se hace en clase y las inquietudes e intereses de los alumnos, tampoco queremos decir que deba esperarse la «lista de intereses» de cada uno de los alumnos para luego seleccionar los temas que más interesan al grupo. El asunto es que los maestros deberán conocer tanto a sus alumnos, su entorno y su cotidianidad, que puedan proponer actividades interesantes para ellos.

Estas dos condiciones, como punto de partida, permiten pensar en la posibilidad de organizar el aula en un ambiente de participación y de compromiso con la búsqueda. Con relación a la distancia que puede existir entre las formas de explicación espontáneas y las teorías científicas aceptadas, no puede haber ninguna aprehensión. El ambiente de la época y el influjo de la tecnología y de los medios de comunicación son una garantía para asegurar que las explicaciones que se proponen se encuentran usualmente en la ruta de lo razonable, desde una racionalidad occidental. Se trata, en verdad, de la incidencia del paradigma epistémico a que nos referimos antes.

Ahora bien, el desarrollo de la clase bien puede describirse como una búsqueda colectiva mediante la cual, el grupo logrará soluciones a los problemas planteados utilizando todas las formas de trabajo posibles y las fuentes de información que se encuentren a su disposición: bibliotecas, laboratorios, especialistas, etc. Lo que se construye explícitamente es entonces

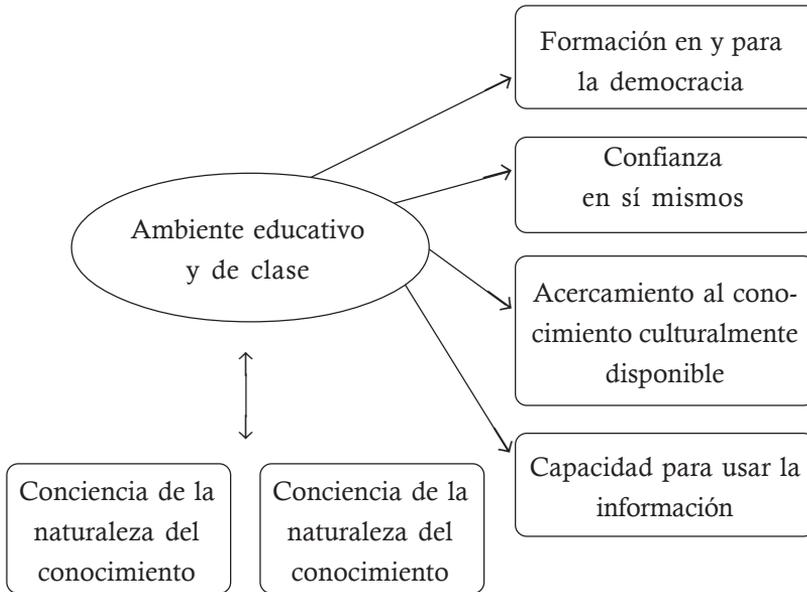
la solución al problema particular que se estudia, pero lo que implícitamente se está construyendo es mucho más, es una actitud, una constelación de valores y sobre todo una mirada de sí mismo, que permitirán que el individuo se vea a sí mismo con confianza y seguridad.

Cuando se plantea la clase como una búsqueda verdadera, en su desarrollo se presentan ocasiones muy nítidas para aprender a prever, a diseñar y a planear, que son valores típicos de la ciencia y la tecnología contemporáneas. Al mismo tiempo, cuando las búsquedas son colectivas y se permiten las interpretaciones y explicaciones divergentes, entonces afloran las ocasiones de argumentación y polémica. Sin embargo, esto sólo es posible cuando existe una intencionalidad en las búsquedas, esto es, cuando los problemas que se estudian tienen sentido para los alumnos.

El ambiente educativo y el ambiente de la clase

Con lo anterior, queremos reafirmar que si se quiere realmente incidir en la formación de una cultura escolar que apunte a la formación en la ciencia contemporánea, es necesario pensar tanto en la didáctica, propiamente dicha, como en el ambiente educativo, esto es, en la escuela como totalidad. La construcción de un ambiente de libertad de búsqueda en el aula, requiere de un ambiente democrático en la escuela. Los dos problemas se articulan íntimamente. (Véase diagrama, tomado de Segura y otros, 1994).

En este sentido, deberíamos ir mucho más lejos. La sociedad debería organizarse también para que la imagen de conocimiento que construyen nuestros niños y jóvenes supere el ni-



Cuadro 2

Se ilustra la articulación del ambiente educativo (dentro del cual está inmersa la clase) en las condiciones de contexto propuestas.

vel de simple consumo y la juventud pueda verse en la perspectiva de creadores e innovadores, esto es, de protagonistas. Mientras la ciencia que se está haciendo por nuestros equipos de laboratorio no sea noticia, mientras no conozcamos las posibilidades que existen para el país y para los individuos a través de la investigación científica (en biotecnología, en superconductividad, en biología, en medicina, en antropología, en genética, en tecnología, etc.) y que está demostrada por los resultados que se logran todos los días, no será posible ni ver la ciencia como posible, ni valorar sus posibilidades, ni sentirnos capaces de hacerla nuestra.

Ejemplos anecdóticos

Veamos a continuación varios ejemplos que ilustran actividades de aula orientadas desde la perspectiva que proponemos.

Caso de las moscas

(Alumnos de 5º año de escuela Básica Primaria)¹³

Cuando se estudiaban las moscas, un niño (Carlos) se convirtió de cierta manera en un especialista. La pregunta acerca del vuelo de tales insectos había quedado abierta. Un día Carlos solicitó un tiempo para exponer «algunas cosas sobre el vuelo de las moscas». Y tal solicitud fue avalada por un grupo numeroso de compañeros con quienes seguramente él ya había comentado antes, lo que pensaba exponer, quienes cuando el maestro asintió al pedido, estaban pletóricos de alegría (o de satisfacción).

«Es que las moscas tienen debajo de las alas grandes, dos alas pequeñas que son las que determinan la dirección del vuelo. Miren, si nosotros le quitamos a esta mosquita esta ala, cuando vuela, lo hace para este lado, y sólo para este lado». Y al hacerlo, con una habilidad impresionante «amputó» el ala, y procedió a dejar en libertad al animal.

«En cambio, si quitamos la otra, vuela para el otro lado». Y acto seguido hizo lo descrito.

«Y si quitamos las dos alitas, dejando las grandes, la mosquita no puede volar».

13. Tomado de Segura y otros, 1994.

El espectáculo era increíble, el maestro jamás había pensado en ello, los compañeros estaban dichosos, incluso aplaudieron.

¿Qué más se puede pedir? Es claro que esto no está incluido en ningún plan de estudios del mundo. Pero ¿es tal objeción una objeción seria?

Los colores de la llama

(Muchachos del grado 10^o, en clase de química)¹⁴

Estando en el laboratorio los muchachos observaron que diferentes sustancias ardían con llamas de diferentes colores. Tratemos de explicarlo insistió la maestra.

Esta pregunta llevó a los muchachos a investigar en la biblioteca, a consultar con especialistas. En fin, lo único claro era que la explicación se relacionaba con la estructura atómica de las sustancias.

El grupo se dividió en subgrupos. En particular hubo quienes decidieron consultar con especialistas en el asunto: los polvoreros, otros consiguieron opciones de profundización en la Universidad, solicitando ver los espectros de emisión de sustancias simples (en tubos de descarga en gases).

Al final, por iniciativa de los primeros estudiaron unos cuantos elementos químicos, la historia de la pólvora, fueron capaces de fabricar un «volador» y se familiarizaron con el lenguaje «técnico» del polvorero. Los otros comprendieron y expusieron a sus compañeros una manera de identificar las sustancias mediante sus espectros y en particular, mostraron cómo se podía establecer la composición de las estrellas distantes.

14. Tomado del cuaderno de apuntes de Adela Molina, 1993.

Constructivismo: ¿construir qué?

En la actividad comprendieron cómo se hace uso de la información que existe en los libros, cómo se traduce tal información en montajes experimentales, cómo se establece comunicación con personas como los especialistas (polvorero y profesores de la universidad).

No se trata, pues, de construirlo todo. Debemos saber utilizar la información existente. Lo que debe construirse es una actitud de búsqueda y una confianza en que podemos hacer: una confianza en nuestra racionalidad.

No hay ciencia sino mediante una escuela permanente. Esta escuela es la que ha de fundar la ciencia. Entonces los intereses sociales se invertirán definitivamente: la Sociedad se hará para la Escuela y no la Escuela para la Sociedad.

Bachelard (*op. cit.*, p. 297)

Bibliografía

- Álvarez, M.T. (1982). «La enseñanza de las ciencias en el contexto cultural». En *Revista de investigaciones*, Universidad de Nariño, San Juan de Pasto.
- Bachelard, G. (1975). *La formación del espíritu científico: contribución a un psicoanálisis el pensamiento objetivo*, Siglo XXI Eds. Buenos Aires.
- Batista, Restrepo y otros (1993). «Calidad y futuro de la educación en la región de planificación del occidente colombiano. Lectura y análisis de entorno». U. de Antioquia - Corpes de Occidente. Medellín.
- Bronowsky, J. (1965). *Science and Human Values*, Harper Torchbooks, Nueva York.
- Elkana, J. (1983). «La ciencia como sistema cultural: Una aproximación antropológica». *Boletín de la Sociedad Colombiana de Epistemología*, III, 10-11, Bogotá.
- Federici, C. y otros (1984). «El problema de la formación de una actitud científica en el niño a través de la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias naturales en la escuela primaria». *Proyecto Colciencias 5-12-80*, Bogotá.
- Geymonat, L. (1972). *Filosofía y filosofía de la ciencia*, Nueva colección Labor, Barcelona.
- Gil-Pérez, D. (1986). «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias: unas relaciones controvertidas». *Enseñanza de las Ciencias*, Nº 4 (2).
- Giordan, A. y de Vecchi, G. (1988). *Los orígenes del saber*, Ed. Diada, Sevilla.
- Guidoni, P. (1985). Conferencias en el *Curso Internacional de Física*, Universidad Nacional - CIF.
- Halbwachs, F. (1975). «La física del profesor: entre la física del físico y la física del alumno». En *Psicología genética y aprendizajes escolares*, Siglo XXI Editores.
- Kuhn, T. (1974). *The structure of scientific revolutions*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Molina, A. y otros (1993). «Las imágenes del conocimiento y sus implicaciones pedagógicas». *Tesis de Maestría, U. Javeriana, Programa de Educación*, Bogotá.

Constructivismo: ¿construir qué?

- Mora, W. (1993). «Las actitudes de los estudiantes hacia la imagen de las ciencias: una estrategia metodológica para el mejoramiento». *Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Nacional, Departamento de Química, Bogotá.*
- Moreno, G. y otros (1993). «El ambiente educativo». En *Planteamientos en Educación*, Vol. 2 N° 2, Santafé de Bogotá.
- Morin, E. (1986). *El método*. Vol.1: *La naturaleza de la naturaleza*, Cátedra Eds., Madrid.
- Piaget, J. y García, R. (1984). *Psicogénesis e historia de la ciencia*, Siglo XXI Eds., Méjico.
- Porlán, R. (1989). «Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional: las concepciones epistemológicas de los maestros». *Tesis doctoral, Universidad de Sevilla, Departamento de didáctica de las ciencias.*
- Segura, D. (1993). *La enseñanza de la Física, dificultades y perspectivas*. Fondo Editorial, Universidad Distrital. 1994.
- (1994). «El pensamiento de los alumnos: testimonios de clase (elementos para una discusión)». En *Investigación en la escuela*, N° 23, Sevilla.
- (1994a). *Constructivismo, ¿construir qué?* Colección Polémica Educativa, Escuela Pedagógica Experimental, Bogotá.
- , Molina A. y otros (1994). «Informe final del proyecto exploración de una posibilidad de aplicación de una alternativa para la enseñanza de las ciencias en el nivel de básica primaria, inspirada en las Actividades Totalidad Abiertas». *Proyecto Colciencias 1402-10-001-90.*
- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana. I: El uso colectivo de los conceptos*, Alianza Universidad Eds., Madrid.
- Villaveces, J.L. (1992). *Vino fresco en odres viejos*. Conferencia del ciclo Encuentro con el Futuro. Corporación Escuela Pedagógica Experimental, Bogotá.
- Zuleta, E. (19..). *La participación democrática y su relación con la educación.*

5

**El pensamiento de los alumnos:
testimonios de clase (elementos para
una discusión)**

Introducción

La investigación educativa con respecto al aprendizaje, y en especial al aprendizaje de las ciencias, suele centrarse en las dificultades que se derivan de las formas de explicación espontáneas de los alumnos y de sus estrategias «naturales» de razonamiento. En tales casos, los juicios se elaboran tomando como criterio, ciertas formas de explicación y «formas de razonar» aceptados y muy bien definidos, reconocidos por especialistas, consignados en textos y transmitidos por tradición. (Tal es el caso de muchas de las investigaciones sobre preconceptos y explicaciones espontáneas, que se orientan desde la concepción de Bachelard de «obstáculo epistemológico» (1975)). Cuando se estudian alternativas para la enseñanza de las ciencias partir de estas perspectivas puede verse la diversidad como una dificultad.

Una de las razones que ilustran la importancia de conocer mejor las posibilidades de nuestros alumnos es que existen afirmaciones con respecto a lo que no es posible en la clase que de varias maneras señalan que muchas de las deficiencias se de-

ben a las limitaciones intelectuales de los alumnos, ya sea porque sus inquietudes no son las de la asignatura, porque sus capacidades (o incapacidades) no permiten la formalización (y comprensión) de los temas o porque implícitamente se establecen fronteras infranqueables entre lo que es la explicación en la ciencia y lo que es la explicación cotidiana (que puede ser la de nuestros alumnos).

Para precisar un poco más, recordemos que una de las dificultades que con mayor insistencia se aduce se relaciona con el Nivel de Desarrollo Cognoscitivo de los estudiantes (véase, por ejemplo, Shayer, 1981). En este sentido se afirma que como éstos sólo operan en el estadio de las operaciones concretas, mientras las asignaturas, vistas como disciplinas terminadas, poseen un nivel formal, el aprendizaje de la ciencia es definitivamente imposible.

Sin embargo, si se profundiza un poco más y desde otra óptica, es posible encontrar muchas posibilidades en la diversidad de planteamientos de los alumnos. Un conocimiento de nuestros estudiantes (que deberá buscarse a través de la investigación) puede ser muy útil para identificar a la vez, otras dificultades, pero también, opciones significativas para la clase.

Las formas de explicación en los niños

En un estudio realizado en la Universidad Distrital de Bogotá, encontramos que las formas de explicación de los niños, frente a temas que no se habían abordado en la escuela, son radicalmente distintas de aquellas que utilizan cuando la escuela ya ha incidido con el «conocimiento escolar» (Molina y Segura, 1990).

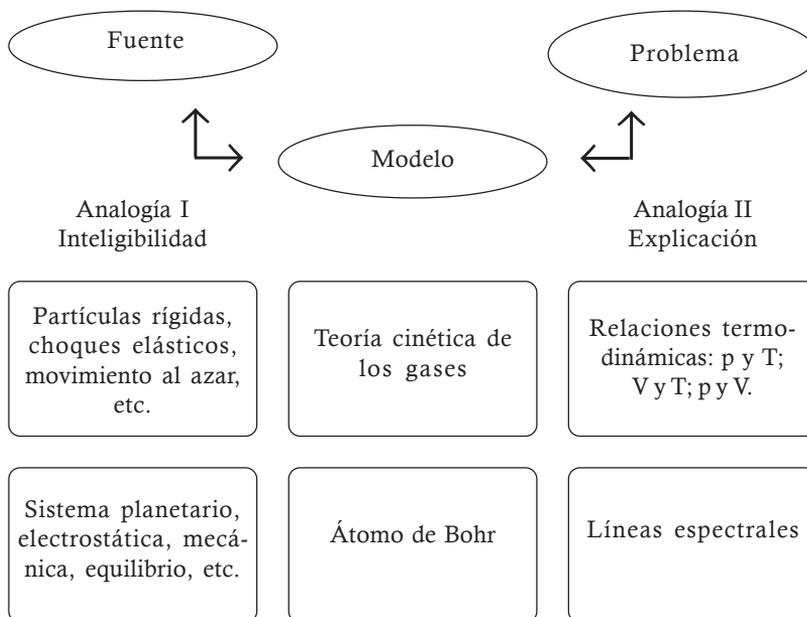


Figura 1

Las teorías en la ciencia pueden considerarse como modelos que se construyen a partir de dos analogías. Analogía I: conocimientos, experiencias, otras teorías, etc. que los hacen plausibles (inteligibilidad) para explicar a partir de ellos (principios-puente) situaciones problemáticas (analogía II). Los «mecanismos» que se presuponen no son un calco de mecanismos ya conocidos sino una creación imaginativa y conveniente a partir de ellos¹.

1. No es una característica de los modelos en la ciencia el que en su construcción se utilicen imágenes «clásicas» por ejemplo de corpúsculos. Lo que más bien existe es una estructura que podría entenderse mejor cuando se dice, por ejemplo, que cuando se mezclan cantidades diferentes de sustancias diferentes a temperaturas diferentes, la temperatura final es una consecuencia de la equipartición de la energía y que puede visualizarse mediante una balanza de brazos iguales y que tal transformación sigue las leyes de la balanza. En este sentido el modelo son las leyes de la balanza y la balanza misma, una imagen. Es más, la analogía puede ser de naturaleza puramente matemática como cuando se dice que un péndulo y un resorte que oscilan son análogos.

Este estudio muestra, además, que la estructura de la explicación de los niños pequeños es similar a la estructura de explicación en la ciencia (expuesta por ejemplo por Harrè, 1972). En particular, se encuentra que los estudiantes utilizan frecuentemente la doble analogía (véase Figura 1).

Cuando, por ejemplo, niños de 9 años nos dicen que las nubes *son como hielos*, no sólo están elaborando un modelo inteligible a la luz del conocimiento que poseen acerca del comportamiento del hielo (sus interacciones al golpearse, las consecuencias del calor, etc), esto es, no sólo utilizan una analogía que da sentido a lo que dicen; sino que además, están haciendo otra analogía, i.e. entre los acontecimientos (lluvias, sol, granizo, relámpagos y truenos) y el funcionamiento del modelo, en una actividad típica de explicación: «*cuando hace sol en la mañana, el sol derrite los hielos y en la tarde llueve*»; «*cuando las nubes (hielos) se chocan, se produce el relámpago y el trueno y puede caer granizo*» (ibíd.).

Esta forma de explicación (esto es, de doble analogía) se encontró, en el estudio citado antes, al responder a varios interrogantes que se relacionaban con situaciones ordinarias: un cubo de hielo que se derrite, una bomba que se infla, el hierro que se oxida, una fractura que se cura y la naturaleza de la sed, entre otros.

Cuando, por el contrario, las situaciones que se proponen se refieren a aspectos explícitamente tratados en las clases, la respuesta de los alumnos es distinta: «*la madera no se hunde por Arquímedes*»; «*en las nubes, por el frío del hielo, el agua se condensa*», o «*la lluvia se da por fenómenos atmosféricos*», etc. En estos casos una solicitud adicional, pidiendo ampliación de la respuesta, normalmente no tiene sentido para los estudiantes que enuncian la explicación.

Este resultado puede analizarse desde dos perspectivas. Por una parte nos muestra lo que para los niños, de manera natural, significa *explicar* y cómo tal idea de lo que es la explicación sólo se diferencia de los modelos científicos en aspectos formales, estos últimos se fundamentan en elaboraciones mucho más sistemáticas y maduras y, al mismo tiempo, los vínculos y mecanismos que se presuponen entre las entidades teóricas previstas son también mucho más formales.

Por otra parte, se puede observar una de las consecuencias de la enseñanza de la ciencia. Tenemos que, quizás por la concepción autoritaria de la actividad docente, los alumnos no solo no aprenden los resultados, sino las *palabras mágicas* que los asocian (asunto tratado ya por Giordan, 1982), sino que además transforman el significado de lo que es explicar y de lo que es el conocimiento.

El resultado es más sorprendente si se anota que la estructura de doble analogía es característica de la explicación en la ciencia, como puede corroborarse en los planteamientos que al respecto hacen Hanson (1977), Harrè (1972) y Hempel (1976), que, aunque no son idénticos, guardan similitud en este aspecto.

Las formas (o estrategias de razonamiento) de los alumnos

Una de las características de los sistemas usuales de enseñanza es precisamente la enseñanza de «métodos para...», esto es, de recetas. Cuando un problema se soluciona simplemente aplicando una receta podemos empezar a dudar de la comprensión acerca de lo que se está haciendo. Pero no es ésta la

única consecuencia de tal práctica; cuando la «receta» es lo central en el aprendizaje, no se aprovechan las posibilidades reflexivas de los alumnos ni sus formas de razonamiento. Lo que al final se logra, muchas veces por ignorancia, es poner el énfasis en la incapacidad individual de cada quien para aproximarse a una solución novedosa e imaginativa de los problemas que se estudian, que no es otra cosa que recalcar la desconfianza en sí mismo.

En algunas investigaciones que estamos adelantando actualmente en Santafé de Bogotá, en la Universidad Distrital y en la Escuela Pedagógica Experimental hemos hallado que al oponerse la escuela a las formas de razonamiento «naturales» no sólo no se aprende, por las razones aludidas antes, sino que las posibilidades de aprendizaje se debilitan. La situación es dramática; por la acción de la escuela los alumnos llegan a ser incapaces de resolver situaciones problemáticas sencillas, que estaban en capacidad de resolver antes de ir a ella. Veamos unos ejemplos.

Las aproximaciones sucesivas

Los estudiantes (entre 13 y 17 años) solucionan algunos problemas mediante aproximaciones sucesivas en una forma de razonamiento que nos recuerda la concepción de límite y de serie convergente. Es claro que muchos de estos problemas se pueden solucionar por métodos más directos y que tales métodos se pueden esquematizar. Sin embargo, a nuestro entender, la satisfacción de un estudiante cuando es capaz de resolver un problema de acuerdo con sus propias «intuiciones», o estrategias, no puede evaluarse en términos de eficiencia o de rapidez.

La construcción de la confianza en sí mismo o en el grupo de trabajo debe ser una meta de la escuela. Y eso, la destrucción del pensamiento divergente, es lo que se consigue cuando se reemplazan las estrategias naturales por las *fórmulas universales*, o por los *razonamientos ya hechos*.

Si el conocimiento se concibe como una conquista, posee un ingrediente afectivo que le da razón de ser, simultáneamente, al conocimiento que se construye y al individuo que lo logra. Estos son algunos casos interesantes.

- 1) Si en un lavadero de carros, Pedro, que lava dos carros en una hora, y Juan, que lava un carro en una hora, deben lavar simultáneamente un carro, ¿cuánto tiempo tardan en ello?

Este problema se planteó a niños de 12 años y una de las respuestas fue la siguiente.

- *Mientras Pedro lava una mitad, Juan sólo lavará una cuarta parte (y ha transcurrido un cuarto de hora). Falta lavar un cuarto de carro.*
- *Cuando Pedro lava la mitad de un cuarto (un octavo), Juan sólo habrá lavado otro dieciseisavo de carro (y en total han transcurrido cinco dieciseisavos de hora). Y falta lavar un dieciseisavo de carro.*
- *Mientras Pedro lava un treinta y dosavo de carro, Juan lavará un sesenta y cuatroavo de carro (y en total habrán transcurrido veintiún sesenta y cuatroavos de hora).*
- *A estas alturas queda por lavar un sesenta y cuatroavo de carro y...*

Este proceso se ilustra en la Figura 2. Cuando el expositor llega a este punto, el curso protesta con dos reclamos. «No conti-

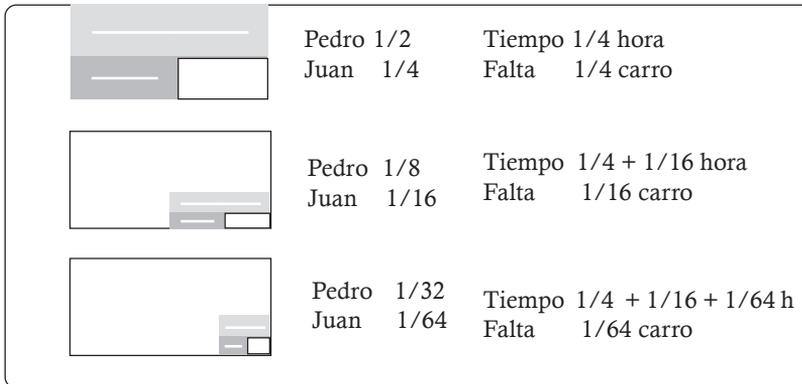


Figura 2

Proceso de aproximaciones sucesivas: el lavado de carros.

nuemos, por ahí no se acaba nunca», decían unos. «Es muy largo, argumentaban otros».

- 2) Una situación semejante se presentó cuando propusimos a muchachos de 16 años el siguiente problema. ¿Cuál será la temperatura final de la mezcla si unimos dos medidas de agua a 70°C con una medida de agua a 20°C (sabiendo a estas alturas en el desarrollo del curso que si se mezclan medidas iguales a las temperaturas propuestas, la temperatura final es de 45°)?

En este caso, luego de una discusión entre las diversas alternativas, un muchacho propuso.

- *Podemos imaginarnos lo siguiente: si mezclo una medida de 70°C con una de 20°C , tendremos dos medidas de 45°C y una de 70°C (la que quedó).*
- *Si ahora mezclo una de 45°C con la que quedó de 70°C , tendremos dos de $57,5^{\circ}\text{C}$ y una de 45°C .*

- *Ahora puedo mezclar una de 57,5°C con la de 45°C y tendremos dos medidas de 51,25°C y una de 57,5°C.*

La situación propuesta se ilustra en la figura N° 3.

En este punto, como en el problema anterior, hubo también una protesta del grupo, como en el otro caso, unos argumentaban: «*por ahí no se termina nunca*», y otros: «*es un método muy largo*».

- 3) El tercer ejemplo es muy parecido al primero. Se trata de un problema de cinemática. Si dos carros se encuentran separados por una distancia de 1.200 metros y se aproximan uno hacia el otro, el uno (A) a 10 m/s y el otro (B) a 20 m/s, ¿dónde se encuentran?

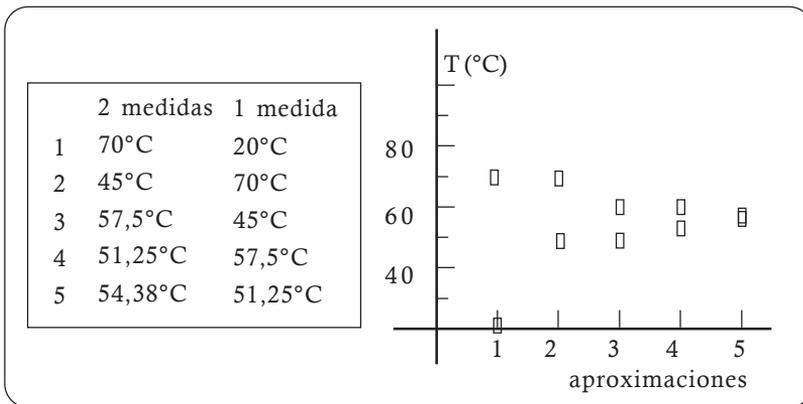


Figura 3

La tabla ilustra el resultado del proceso hipotético de mezclar sucesivamente cantidades iguales de agua a temperaturas diferentes, partiendo de dos medidas a 70°C y una medida a 20°C. A la derecha se muestra la rápida convergencia de los resultados.

Constructivismo: ¿construir qué?

- El punto de partida, como en el primer problema es suponer que cuando B haya recorrido la mitad del trayecto, A apenas habrá recorrido una cuarta parte (300 m) y están separados 300 m.
- Ahora cuando B haya recorrido 150 m, A habrá recorrido 75 m, y estarán separados 75 m.
- En una tercera aproximación, B recorrerá 37,5 m, mientras A sólo avanzará 18,75 m y estarán separados esta misma distancia.

Y la queja del grupo es siempre de los dos tipos: unos afirman que el método es muy largo, otros que por ahí no se encuentran nunca.

Las consideraciones sobre las quejas de los compañeros (de los alumnos) son interesantes. Mientras unos conciben el infinito (no se acabará nunca), y nos recuerdan el problema de Zenón acerca de *Aquiles y la tortuga*, los otros no ven el infinito y anotan simplemente que el método es muy largo. En la misma actividad de clase se dio la discusión de las dos perspectivas y, a pesar de la complejidad evidente de los razonamientos, los muchachos aclararon lo que entendían y lo que significaban las dos afirmaciones.

Es posible que si los maestros conociéramos un poco más las estrategias de razonamiento de los niños y adolescentes, quizás plantearíamos los problemas de una manera distinta y propiciaríamos formas de razonamiento no menos importantes que las algebraicas usuales pero seguramente más comprensivas.

Es importante aclarar que, en todos los casos presentados, estos métodos de solución a los problemas no fueron los únicos que aparecieron en el aula, para cada uno suelen presentarse

al menos dos formas de solución. Uno de los retos a que se aboca la clase es la demostración de la equivalencia entre ellas.

El pensamiento proporcional y los invariantes

Consideremos ahora el pensamiento proporcional desde una perspectiva diferente a la usual (i.e. Kurtz y Karplus (1979), Carpenter (1976)). De los comentarios que siguen es posible pensar que la utilización del pensamiento proporcional puede verse como parte del pensamiento «natural» del alumno y que sería mucho más significativa la búsqueda de soluciones a los diferentes problemas en la clase si éstos se abordaran buscando en ellos los invariantes y conservaciones, y no simplemente su manipulación mecánica; como veremos, también en estos casos, las soluciones que se proponen se fundamentan en la comprensión de los problemas.

Supongamos que a determinada hora del día una vara vertical de 100 cm produce una sombra de 150 cm. Si tuviésemos a la misma hora otra vara, pero de 80 cm, ¿cuál sería la longitud de su sombra?

Cuando se plantea este problema a estudiantes de 13 años, aunque inicialmente intentan la solución aditiva (si se disminuye la longitud en 20 cm, la sombra se disminuirá en la misma cantidad)², rápidamente encuentran que la sombra es la mitad más [larga] y que consecuentemente la solución es 120 cm (véase Figura 4).

2. La manera como el grupo descarta esta opción es de sumo interés y como método lo hemos encontrado en múltiples oportunidades, se trata de la prueba por el absurdo. Cuando se propone que la sombra que corresponde a una vara de 80 cm será de $(150 \text{ cm} - 20 \text{ cm}) = 130 \text{ cm}$ no falta alguien que replica «¡Ah! ¡Entonces si la vara es de 0 cm, ¿la sombra será de 50 cm?!».

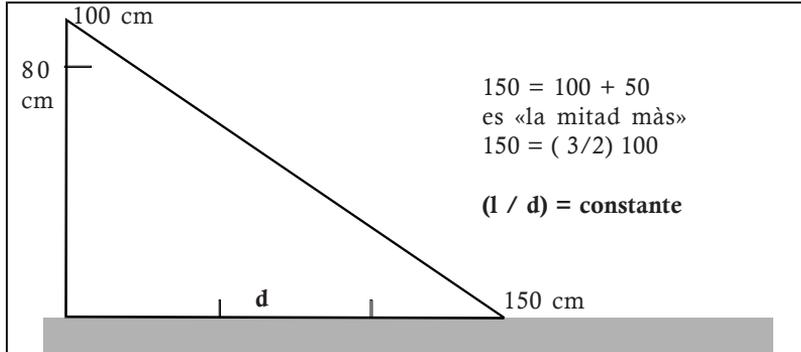


Figura 4

Problema de la sombra: construcción de invariantes.

Notemos que cuando esta respuesta se enuncia, no se está solucionando un único problema, sino cualquier ejemplo de una familia infinitamente numerosa de problemas; en otras palabras, se está determinando un invariante: *la mitad más*, esto es $(1+1/2)$, que es la relación entre l (la altura de la vara) y d (la longitud de la sombra): $l/d = 3/2$.

Así, cualquier otro problema particular encuentra una solución inmediata, si la longitud de la vara es 90 cm, su sombra será también «la mitad más», esto es 135 cm, y si es de 20 cm, será de 30 cm, y así para cualquiera de un número infinito de problemas.

Análogamente (y se trata también de una situación de aula con muchachos de 12 a 14 años), cuando se pregunta por la rapidez con que gira una rueda de 10 cm de radio, que se mueve sobre otra rueda de 20 cm de radio a 50 rpm (véase figura 5), luego del primer acuerdo de grupo en que la pequeña se mueve más rápido, se propone que la primera se moverá con el

doble de rapidez puesto que las dos deben recorrer lo mismo (un invariante)³, esto es, un punto sobre la pequeña deberá dar dos vueltas para coincidir con un punto sobre la segunda cuando ésta da una vuelta, en este caso el invariante puede expresarse formalmente como $r \cdot w = \text{constante}$. (Los alumnos afirman: «*Lo que recorren las dos debe ser lo mismo*»). Y como en el caso anterior, no es simplemente la solución de un problema, sino la solución de un número infinito de problemas.

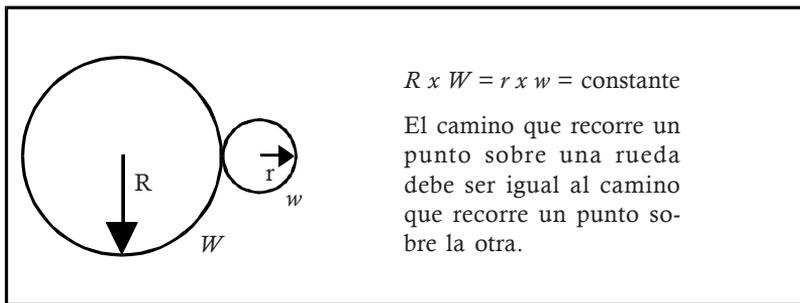


Figura 5
Problema de la transmisión de movimientos.

Los ejemplos se podrían multiplicar. Sin embargo, de lo que se trata aquí es de mostrar cómo la comprensión de las situaciones conduce a su solución mediante formas alternativas y a señalar que la búsqueda de invariantes en el problema es una estrategia que aparece espontáneamente entre los estudiantes.

3. Esta reflexión fue objeto de prueba empírica en la clase. Aunque los muchachos saben que la longitud de la circunferencia es de $2\pi r$, no es claro que al duplicar el radio, se duplica la longitud. Sólo la prueba empírica los satisfizo.

Con respecto al razonamiento en términos de proporcionalidades veamos otra observación. Cuando comparamos las dificultades para resolver los problemas que enunciarnos antes (p.e. el de la sombra y el de las ruedas) no encontramos diferencia significativa. Esto nos lleva a reafirmar una conclusión ya expresada en un material anterior (Segura, 1989), allí sosteníamos que entre los dos tipos de proporcionalidad, directa e inversa, no existe una diferencia sustancial para su comprensión. El que una sea más inmediata (o más fácil) que la otra se explica mejor por el tipo de situación que se estudia, que por el tipo de proporcionalidad involucrada en términos formales.

Las conservaciones y los invariantes

Esto nos lleva a una tercera estrategia natural importante. En la historia de la Ciencia, y particularmente en la historia de la Física, ha sido de importancia fundamental la construcción de invariantes y conservaciones. Es más, hoy en día, lo único que se considera universal en las teorías físicas son ciertas leyes de conservación, ciertos invariantes característicos de los problemas particulares que se estudian.

Y, aunque parezca extraño, existe una búsqueda espontánea de invariantes por parte de los alumnos frente a problemas que han comprendido. Para apreciar esto basta con mencionar dos ejemplos.

Cierta vez con estudiantes de grado 9º (15-16 años) discutíamos sobre la conveniencia de emplear rampas para subir bloques de piedra, por ejemplo, en la construcción de las Pirámides de Egipto.

Cuando ya el curso estaba de acuerdo en que la fuerza requerida era menor en la medida en que disminuía el ángulo de

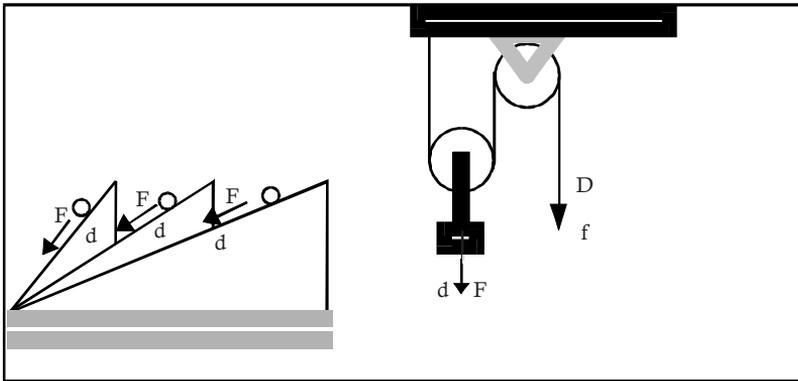


Figura 6

La disminución de la fuerza mediante el uso de la máquina es a costa de algo.

inclinación de la rampa, un muchacho anotó que ello no era cierto porque si bien la fuerza era menor «la fuerza total era la misma» y explicó luego que el producto de la distancia por la fuerza era el mismo en todos los casos (véase Figura 6). Anotemos, de paso, que su explicación convenció al curso.

Una situación similar se presentó cuando, una vez estudiada la relación entre la cuerda que se «recoge» y la distancia que sube un bloque mediante una disposición de poleas (una fija y una móvil, Figura 6), nos preguntábamos cuál sería la relación entre las fuerzas. También en este caso hubo alguien que anotó: «Si la distancia es la mitad, la fuerza (el peso que sube la polea) deberá ser el doble».

Es interesante mencionar dos detalles más. En primer lugar, que las pruebas que sustentaban las afirmaciones eran funda-

mentalmente de naturaleza de un «imperativo lógico», no de una prueba empírica estricta (que ni siquiera se propone); y, en segundo lugar, que las explicaciones que se enunciaban satisfacían a los compañeros.

Estos ejemplos no agotan el problema, tampoco se trata simplemente de detalles anecdóticos. El conocimiento de las formas de comprensión, razonamiento y explicación de los alumnos, no sólo en cuanto a la posible justeza de sus modelos, sino en cuanto a la estructura de sus explicaciones y las estrategias de razonamiento, son un campo inmensamente rico de investigación para nosotros los docentes.

Al respecto debemos anotar que, contrariamente a lo que debería suceder, uno de los resultados de la clase es la pérdida de la capacidad para solucionar problemas como éstos, ya sea siguiendo estas estrategias espontáneas o cualquier otro método inventado o aprendido en clase.

En general no se trata de que posteriormente, al avanzar la escolaridad, aparezcan dificultades derivadas de la consideración de nuevas o mayor número de variables, esto es, de ver el problema con mayor profundidad; se trata más bien de una consecuencia de la pérdida o del sacrificio de la comprensión que se logra en las aulas.

En otras palabras, lo que puede explicar este resultado es que en la dinámica de la clase lo usual es que la solución de un problema se convierta en la búsqueda de una fórmula para la cual «casen» los datos que proporciona el enunciado del problema, no importa cuál fórmula sea, ni qué significado posea la respuesta que se obtiene. (Es una actividad parecida al armado de un rompecabezas cuando se desconoce la imagen final que se busca y se van solucionando casos particulares de

articulación. Se diferencia de ella en que en el caso del rompecabezas, al final existirá un resultado que le da sentido a cada uno de los problemas, mientras en la clase, tal comprensión puede perfectamente no darse nunca).

Un ejemplo de esta aseveración es el siguiente. Cuando se propone el problema de los carros que ilustramos antes (*dos carros separados entre sí 1.200 m, que se acercan, uno a 20 km/h y el otro a 10 km/h, ¿dónde se encuentran?*) a muchachos de grado 9º (que no han visto Física) y a muchachos del grado 11º (que ya han visto la mecánica y en especial la cinemática), es sorprendente corroborar que no existe una diferencia significativa entre los dos grupos para solucionar acertadamente el problema. En donde encontramos diferencia es en tipo de dificultad para unos y otros.

Mientras los de grado 9º se «pierden» en la búsqueda de soluciones por aproximación o en generalizaciones inmediatas y superficiales, los de grado 11 naufragan en la búsqueda de *la fórmula* que permita el remplazo de las variables (incluyendo en ella fórmulas que requieren la aceleración de la gravedad, o que suponen movimientos acelerados, etc.). En todo caso, en el grado 11º los intentos por resolver el problema mediante proporciones o utilizando aproximaciones sucesivas, desaparecen, o se hacen mucho menos frecuentes.

Lo que parece que sucede es que hasta los 13 o 14 años los muchachos son capaces de razonar espontáneamente mediante aproximaciones sucesivas, utilizando en la práctica el concepto de infinito y de límite, y argumentando correctamente en términos de la reducción al absurdo, e intentan de manera espontánea incluso razonamientos en términos de proporcionalidades, mientras que, ya en la escuela, tales formas de razonamiento se pierden y en su remplazo aparecen los razona-

mientos ya hechos (por ejemplo la *regla de tres*). Con ello se pierde también la comprensión.

Conclusión

Estos ejemplos nos ilustran algunas de las formas de explicación y de razonamiento de nuestros alumnos en la enseñanza básica. Queremos enfatizar que las dificultades de comprensión que usualmente se nos presentan en clase no se reducen a que «*los estudiantes no piensan*» sino, más bien, a que piensan de una forma diferente. Además, a nuestro entender esta afirmación puede conducir a dos elementos importantes. Por una parte, a que una de las consecuencias de la escolaridad es el abandono (por parte de los alumnos) de estas formas de pensamiento. Esta circunstancia no sería grave si tal abandono condujese a formas más elaboradas y «*maduras*» de comprensión. Lo que sin embargo encontramos es que no existe un paso hacia ello, sino hacia la pérdida de la comprensión. En segundo lugar, se nos presenta otro interrogante; éste se relaciona con la posibilidad de organizar la clase en términos de las formas de pensamiento de los alumnos. Si esto fuera posible no sólo podríamos hallar salidas a la usual falta de comprensión, sino que paralelamente con los problemas de aprendizaje estaríamos construyendo alternativas de desarrollo.

Bibliografía

- Bachelard, G. (1975). *La formación del espíritu científico: una contribución al psicoanálisis del conocimiento objetivo*, Siglo XXI Eds., Buenos Aires.
- Carpenter, T.P. (1976). «Notes from National Assessment: Addition and Multiplication with Fractions». *The Arithmetic Teacher*, 23.
- Giordan, A. (1982). *La enseñanza de las ciencias*, Siglo XXI Eds., Madrid.
- Hanson, N. R. (1977). *Patrones de descubrimiento: observación y explicación*, Alianza Ed., Madrid.
- Harrè, R. (1972). *Introducción a la lógica de las ciencias*, Ed. Labor, Barcelona.
- Hempel, C. (1976). *Filosofía de la ciencia natural*, Alianza Ed., Madrid.
- Kurtz, B. y Karplus, R. (1979). «Intellectual development beyond elementary school VII: Teaching for proportional Reasoning», *School Science and Mathematics*, 79.
- Molina A., Segura D., (1991). Explicaciones de los niños. Planteamientos en educación N° 2. Bogotá.
- Segura, D. (1989). «Informe final del proyecto La enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales en el primer año de enseñanza media». Parcialmente financiado por Colciencias, CO 6211-10-002-86, Bogotá.
- Shayer, Adey (1981). *Towards a science of science teaching*, Heinemann Educational Books, Londres.

6

**El constructivismo:
¿cambio de mirada o cambio de
realidad?**

Yo soy yo y mis circunstancias.

Ortega y Gasset).

Introducción

Carol Feldman, al estudiar los planteamientos de Nelson Goodman (Bruner, 1994, p. 111), y referirse al caso específico de la psicología, anota:

«Desde el momento en que abandonamos la idea de que ‘el mundo’ está allí para siempre e inmutable, y la reemplazamos por la idea de que lo que consideramos el mundo es en sí mismo ni más ni menos que una estipulación expresada en un sistema simbólico, la conformación de la disciplina se modifica radicalmente. Y nos encontramos, por fin, en condiciones de abordar las innumerables formas que la realidad puede adoptar, tanto las realidades creadas por el relato como las creadas por la ciencia».

La afirmación de Feldman es una consecuencia directa de la tesis central del “constructivismo” de Goodman, que puede expresarse así:

Constructivismo: ¿construir qué?

«... en contraposición con el sentido común no existe un 'mundo real' único preexistente a la actividad humana y al lenguaje simbólico humano, ni independiente de éstos; que lo que nosotros llamamos el mundo es un producto de alguna mente cuyos procedimientos construyen el mundo» (ibíd., p. 103).

El propósito de este escrito es explorar las implicaciones del constructivismo en la vida de la escuela. Para ello intentaremos inicialmente una exploración de las transformaciones que se han dado en el mundo de *las ideas acerca del mundo*, para luego explorar sus implicaciones en el terreno concreto de la escuela. Con esta meta abocaremos en primer lugar algunas consideraciones acerca de la idea de “realidad externa” a partir del problema de las propiedades. Veremos luego algunas situaciones que se relacionan con la interacción entre esa “realidad externa” y el sujeto desde dos perspectivas: la percepción y la cognición. Finalmente trataremos de aventurar algunas implicaciones de todo ello en las prácticas escolares.

Con el propósito de acercar desde un comienzo la discusión al terreno de la educación, iniciaremos los planteamientos con la presentación de *situaciones* alusivas a los temas propuestos, que tienen su origen en actividades del aula, específicamente, en la clase de ciencias naturales. Al hacerlo corremos riesgos ya que la elaboración de la realidad se da conjugando simultáneamente elementos de la percepción sensorial y cognitiva en un proceso de interacción-organización que no puede desmembrarse artificialmente. Es por ello que posiblemente algunas de las afirmaciones iniciales sólo logren significado cuando comentemos la tercera situación.

Primera situación: el problema de las propiedades

Solicitamos a alguien una lente convergente. Sin mayor dubitación nos es suministrado un pedazo de vidrio biconvexo. Introducimos entonces nuestra lente en agua y la iluminamos con un haz de luz visible paralelo al eje de la lente. Lo que sucede puede ser sorprendente: en tales circunstancias, la lente es divergente. No es, pues, ni la geometría de la lente ni la interacción entre la luz y la lente lo que determina la convergencia o la divergencia de la luz al atravesarla; es algo más. El resultado puede verse en una primera aproximación como una consecuencia de la relación entre la rapidez de propagación de la luz en el agua (o en el aire) y la rapidez de propagación en el vidrio, esto es, la relación entre dos interacciones.

Así como no puedo afirmar *a priori*—esto es, sin conocer las interacciones que se darán (el contexto)— si la lente es convergente o divergente, tampoco puedo decir con respecto a un objeto de qué color es. ¿Cómo decirlo si no sé con qué luz será iluminado? Tampoco puedo hablar de su peso si no conozco el campo gravitatorio donde se encuentra, ni qué dimensiones posee: ¿Cuál es, por ejemplo, su longitud? ¿Cómo saberlo si no sé con qué patrón de medida interactuará?

Tenemos pues que en una primera aproximación las propiedades con que los objetos aparecen ante nosotros (o con las cuales nosotros los identificamos) no son propiedades de los objetos mismos considerados en aislamiento, sino el resultado de las interacciones entre ellos y la misma “realidad externa” a que pertenecen. En estas circunstancias podríamos considerar que las interacciones son en *una primera aproximación* “la realidad externa”, esto es, son lo que *nos permite hacer distinciones*. Por ejemplo, sin luz tendríamos un universo invi-

sible, sin masas, sin cuerpos, sin peso. Enfatizamos en esto: no es posible percibir los objetos en aislamiento sino en virtud de sus interacciones. En otras palabras, los cuerpos no poseen propiedades en sí mismos.

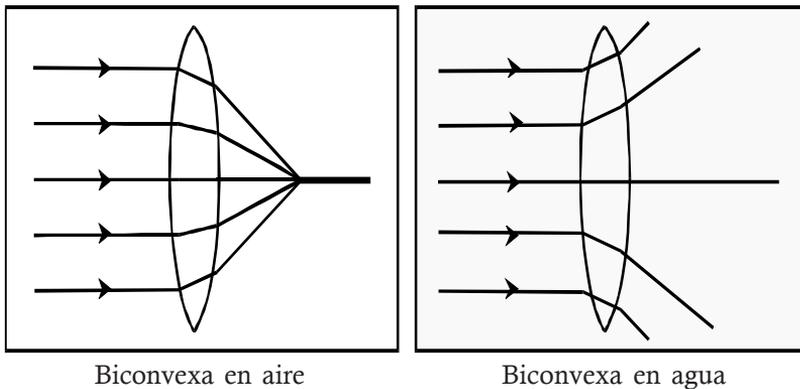


Figura 1

Lente colocada ficticiamente en dos medios, aire y benzol. Mientras en el aire la lente es convergente, en el benzol (a la derecha) es divergente. Una situación similar se presenta en el caso de las lentes bicóncavas.

Segunda situación: la percepción y quien percibe

Una enorme roca se desprende de una alta montaña en el desierto. En su caída la roca choca con otras y produce desprendimientos, levanta polvaredas impresionantes. En las inmediaciones del acontecimiento no existe ningún organismo; en particular, ninguno que posea oídos. Específicamente, no hay ningún ser humano. En estas condiciones, la caída de la roca, sus choques y rupturas no producen ningún ruido, ningún sonido. Es una caída silenciosa. Considerando la cuestión desde la mecánica, los choques y golpes sí producen ondas mecánicas que se propagan en el espacio circundante, pero no exis-

ten sonidos. Si no tuviésemos oídos viviríamos en un mundo silencioso, no porque no los percibiésemos, sino porque no existirían. Si no existiesen narices¹, viviríamos en un universo inodoro, no porque no percibiéramos los olores, sino porque los olores no existirían.

El que la realidad externa pierda *en la percepción* la posibilidad de objetivarse y sólo tengamos noticia de su existencia por su interacción con nosotros mismos, es una afirmación mucho más drástica de lo que podríamos pensar. Hasta muy recientemente los colores de las cosas nos remitían a la interacción de determinadas longitudes de onda de la luz visible, reflejadas por los objetos, con nuestros ojos. Hoy, como lo afirman Maturana y Varela, *el nombrar colores debe correlacionarse con la actividad neuronal y no con longitudes de onda*; es posible demostrar que tales estados de la actividad neuronal pueden ser gatillados (desencadenados) por una variedad de perturbaciones luminosas distintas (Maturana H. y Varela F., 1990, p. 18). En otras palabras, la percepción de un determinado color no depende tanto de la señal externa que incide en el organismo como de las circunstancias del organismo, de su actividad neuronal. A las afirmaciones que hacen sobre el color agregan los autores:

«Lo dicho es válido para todas las dimensiones de la experiencia visual (movimiento, textura, forma y demás), así como para cualquier otra modalidad perceptual... Estas experiencias nos están mostrando de qué manera nuestra experiencia está amarrada a nuestra estructura de una manera indisoluble» (ibíd).

1 De una manera más exacta no nos referimos a las narices, sino a todo el sistema fisiológico que nos da noticia del mundo mediante la elaboración de los olores.

Ya veremos en nuestra *tercera situación* cómo la ilusión de que existan “resultados desnudos”, esto es, hechos (puros) no revestidos “con la terminología de una teoría o teorías previamente concebidas” (o la distinción entre *observaciones reales* y *la teoría que surge de ellas*) es imposible.

Tercera situación: la percepción y el conocimiento

Lancemos un objeto hacia arriba, ligeramente inclinado, y observemos atentamente la trayectoria. Nosotros realizamos esta actividad con un grupo de niños de unos 12 años, con un grupo de maestros de básica primaria (entre 35 y 45 años de edad) que no han estudiado física y con un grupo de estudiantes de primer año de la Licenciatura en Física. Todos siguen cuidadosamente la trayectoria del objeto. Luego la dibujan (véase Figura 2).

Mientras las trayectorias dibujadas por los niños y los maestros son indistinguibles entre sí, esto es, son muy parecidas aunque, como se indica en la figura, de dos o tres tipos, las dibujadas por los estudiantes de Física son casi idénticas, se trata de unas perfectas parábolas.

Vale la pena preguntar en este caso: ¿Quién ve bien y quién ve mal? Luego de constatar que tanto los unos como los otros poseen órganos de los sentidos normales, y de reflexionar sobre la situación por un momento, es claro para nosotros que las discrepancias entre las «visiones» no se pueden remitir a problemas de los órganos de la visión. La situación es aún más compleja.

Para aproximarnos a una explicación o, al menos, para enriquecer lo que sucede, veamos un dato de la historia del pensamiento científico. Cuando comparamos las trayectorias dibu-

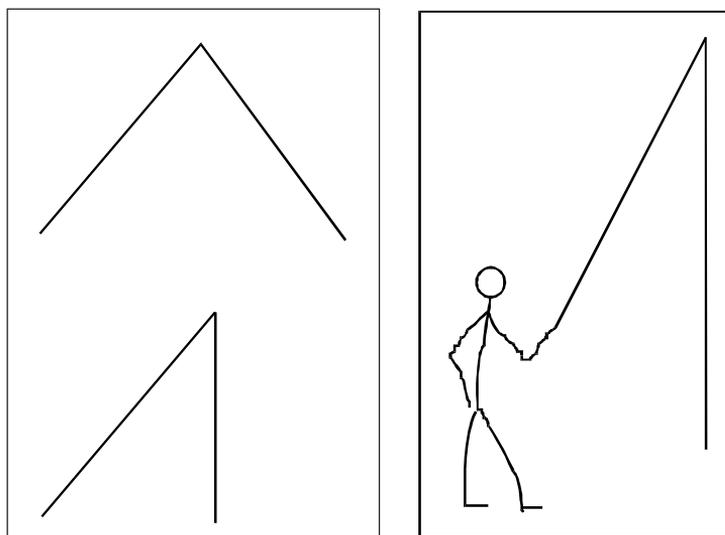


Figura 2

Representación del dibujo de las trayectorias para lanzamientos inclinados elaboradas por adultos (maestros de básica primaria). Los alumnos de 11 y 12 años dibujan gráficas similares. (Segura, 1985).

jadas en la experiencia anterior con las trayectorias que se dibujaban en el siglo XVI en los manuales para vender cañones, inferimos que en el siglo XVI *los objetos lanzados al aire se movían como los ven moverse los niños y las personas que no han estudiado la Física de hoy*, ésta dice que se mueven formando parábolas. Y además, para sorpresa nuestra, los argumentos que en el siglo XVI se proponían para defender las trayectorias que se dibujaban son los mismos que hoy utilizamos para decir que se mueven siguiendo parábolas, esto es, la teoría, los instrumentos de medida, los órganos de los sentidos.

Veamos los comentarios de A. Koyré, cuando se refiere a los estudios de Tartaglia (que datan de 1537, expuestos en la *Nova scientia*). Al discutir la teoría de éste para justificar las trayectorias que propone, Koyré anota:

«En la proposición V [Tartaglia] nos dice así:

‘Ningún cuerpo igualmente grave puede durante ningún espacio de tiempo o de lugar, marchar con un movimiento compuesto (mixto) a la vez de movimiento violento y de movimiento natural’.

Efectivamente, si lo hiciera, debería moverse aumentando continuamente su velocidad y al mismo tiempo disminuyéndola no menos continuamente; lo que, sin duda alguna, es imposible.

La trayectoria del cuerpo lanzado oblicuamente en el aire se presentará como si describiera al principio una línea recta, después una curva (arco de círculo), luego de nuevo una recta (Figura 3-b).

La solución de Tartaglia, lo vemos bien, es completamente tradicional; pero, diga lo que diga, no se desprende en modo alguno del principio que ha afirmado con tanto vigor. Por el contrario, de la imposibilidad del movimiento mixto debería resultar una trayectoria completamente distinta, angular; el cuerpo debería seguir un recorrido rectilíneo hasta que hubiera alcanzado el punto de velocidad mínima que marca el final de su movimiento violento; después volver a bajar en línea recta y con un movimiento natural hasta el suelo (Fig. 3-a.) . Estas trayectorias aparecen en libros dedicados al arte del cañón en pleno siglo XVII.

Anotemos que posteriormente (1546), en *Quesiti et inventioni diverse*, Tartaglia hace un replanteamiento de su teoría. En el

2 Nótese que trayectorias como la prevista por Koyré, cuando interpreta las palabras citadas de Tartaglia, son frecuentes en nuestros estudiantes de 10 a 12 años. Esta respuesta dura algunos años más en el ambiente escolar, manteniendo siempre las inclinaciones de ascenso y descenso del cuerpo lanzado, y se hacen diferentes, hasta el punto en que ésta última llega a ser vertical. Para los alumnos, mientras el objeto sube lleva una fuerza, impresa inicialmente, que se va agotando. En el descenso la única fuerza externa es el peso.

capítulo «La dinámica de Tartaglia», del libro de Koyré citado, se ilustran muy bien los llamados tanto a la teoría como a la experiencia y la observación en las discusiones que se adelantaban entre Tartaglia y sus contemporáneos.

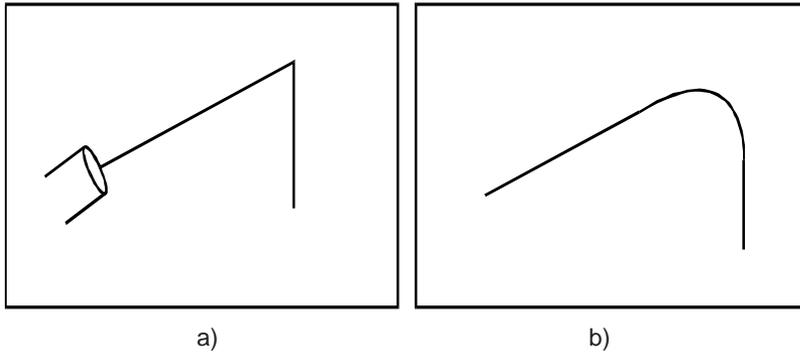


Figura 3

La gráfica a) aparece en los libros dedicados al arte del cañón en el siglo XVI. Por su parte, b) es una posibilidad que se sigue de los análisis de Tartaglia, según A. Koyré (*op. cit.*)

Es entonces lícito preguntarnos: *dentro de unos años, ¿cómo se moverán los cuerpos lanzados al aire?*

Se evidencia en esta experiencia la manera como nuestra percepción está influenciada por nuestros conocimientos. Aunque tanto los que ven de una forma como los que ven de otra defienden sus percepciones sobre la base de las sensaciones (están dibujando y describiendo «lo que ven»), cuando las explican utilizan argumentos basados en la teoría o, mejor, en alguna teoría. En este sentido Hanson (1977) anota:

«En cierto sentido, entonces, la visión es una acción que lleva una 'carga teórica'. La observación de x está moldeada por un conocimiento previo de x.

... Cuando se ignoran el lenguaje y las notaciones en los estudios de observación, se considera que la física descansa sobre la pura sensación y los experimentos de bajo nivel. Se la describe como una concatenación repetitiva y monótona de sensaciones espectaculares y de experimentos de laboratorio escolar. Pero la ciencia física no es solamente una sistemática exposición de los sentidos al mundo; también es una forma de pensar acerca del mundo, una manera de formar concepciones. El paradigma de observador no es el hombre que ve y comunica lo que todos los observadores normales ven y comunican, sino el hombre que ve en objetos familiares lo que nadie ha visto anteriormente (p. 99).

Si en el caso anterior –segunda situación– mostramos cómo la percepción está determinada por nuestra estructura fisiológica, en este caso se corrobora la influencia de los conocimientos y concepciones como mediadores y factores desencadenantes al observar, por ejemplo, el movimiento. Así pues, vemos a través de nuestros conocimientos.

Y tanto el adiestramiento de nuestra estructura fisiológica, como nuestros conocimientos están determinados culturalmente; por ello, vemos a través de la cultura, esto es, vemos lo que la cultura a que pertenecemos nos permite ver. En este sentido podríamos proyectar hasta la percepción los planteamientos de Carol Feisher Feldman (Bruner J. y Haste H., 1990) sobre la elaboración de las representaciones. Esta autora, al referirse al desarrollo cognoscitivo expuesto por Piaget, afirma respecto al paso de las operaciones concretas a las formales:

«El cambio de unas a otras no es simplemente una cuestión de operaciones epistemológicas, sino también una cuestión de cómo es que la ‘realidad’ se recodifica a partir de los objetos, hasta alcanzar la forma proposi-

cional. No son sólo las operaciones las que cambian, sino las cosas sobre las cuales operan» (p. 127).

Así pues, las cosas y el «cambio en las cosas» son el resultado de las interacciones del individuo con la *realidad externa*, de las intencionalidades y afectos que orientan las miradas y las acciones y conocimientos acerca de esa misma *realidad externa*.

Los retos para una escuela anacrónica

Intentaremos mostrar ahora que una práctica escolar constructivista no es algo que resulta de los propósitos de mantenerse actualizado en cuanto a nuevas metodologías y estrategias de enseñanza. Se trata más bien del resultado de nuevas formas de concebir tanto «la realidad», como la actividad cognoscitiva, el conocimiento y las formas de validación de éste, aspectos que se oponen a los supuestos (implícitos casi siempre) que orientaban y aún orientan nuestras actuaciones. Ver y concebir el mundo de una manera diferente implica un esfuerzo, implica oponerse permanentemente a nuestra propia formación.

Para ilustrar algunos supuestos que han estado en la base de la actividad de los científicos y consiguientemente de nuestras concepciones (de realidad, de conocimiento, etc.), a través de los textos y la cultura escolar, y tomar conciencia de la manera como estos supuestos han cambiado en los últimos años, veamos el caso de alguien que sí los hace explícitos. E. Schrödinger concluye en su libro *Mente y materia*, capítulo «El misterio de las cualidades sensoriales», de la siguiente manera:

En este capítulo, he intentado contrastar (con ejemplos sencillos tomados de la más humilde de las ciencias, de la Física) dos hechos generales: a) que todo el conoci-

miento científico se basa en los sentidos, y b) que, a pesar de todo, las descripciones científicas de los procesos naturales así elaborados carecen de todas las cualidades sensoriales por lo que no pueden dar cuenta de ellas, no pueden explicarlas. Terminaré con un comentario de carácter general.

Las teorías científicas sirven para facilitar el examen de nuestras observaciones y de nuestros descubrimientos experimentales. Todo científico sabe lo difícil que es recordar un conjunto moderadamente grande de hechos, antes al menos de que se haya esbozado una imagen teórica primaria. No es de extrañar, pues, que los autores de artículos originales y de libros de texto no describan los resultados desnudos que han obtenido, sino que los revisten con la terminología de una teoría o teorías previamente concebidas. Este proceder (por el que no debemos en absoluto acusarlos), aunque muy útil para recordar ordenadamente los hechos, tiende a destruir la distinción entre las observaciones reales y la teoría que surge de ellas. Y, como las primeras siempre pertenecen a alguna cualidad sensorial, tendemos a creer que las teorías deben explicar las cualidades sensoriales, cosa que, claro está, nunca consiguen (p. 95).

Es interesante, y sobre ello volveremos luego, considerar la distinción que E. Schrödinger hace entre las observaciones reales y la teoría, entre los hechos desnudos y las descripciones que se hacen de ellos, entre las teorías y los descubrimientos experimentales, distinciones que a la luz de la ciencia contemporánea son mucho más complejas que en los albores de este siglo (o que, incluso, tal vez han dejado de existir).

Ahora bien, en las aproximaciones que desde el constructivismo los estudiosos de la educación plantean para la escuela (p. ej. Gil-Pérez, 1986; Arcá y Guidoni, 1989; Novak, 1988), a todos los conocimientos no les dan, en cuanto construcción, el mismo significado. Por una parte, suele darse un tratamien-

to a los resultados de la actividad del individuo, del alumno, por ejemplo (aunque explícitamente se diga otra cosa), diferente al que se da a los resultados de la actividad científica logrados en la historia del pensamiento, y que han conducido parcialmente a la ciencia de los textos.

A los primeros se los considera como construcciones aproximadas y susceptibles de mayor elaboración (a veces, como curiosidades o como errores), a los segundos se les asigna el carácter de verdad, por ejemplo cuando se colocan como las metas a las que debe orientarse la enseñanza de la ciencia³, aspecto en que coinciden tales aproximaciones constructivistas con las prácticas pedagógicas y didácticas que ellas mismas critican. Es por ello que las intenciones de estas opciones constructivistas, más que procurar una reconceptualización

3 Guidoni (1989) es particularmente cuidadoso al plantear que «la enseñanza de las ciencias en la escuela debe operar componiendo e integrando distintos tipos de actividades de elaboración de modelos, y desarrollando otros nuevos con el objetivo de llevar gradualmente la ingenuidad de los modelos infantiles hacia la complejidad de los modelos científicos».

Novack (1988) en su artículo *Constructivismo humano, un consenso emergente*, cuando compara los mapas conceptuales de Phil, elaborados en grados 2 y 12, comenta que «puede verse también la persistencia de la idea (error conceptual) de que las moléculas del olor o las moléculas de azúcar se disuelven dentro de las moléculas de agua y por tanto se mueven con las moléculas de agua». Notemos cómo el calificativo de *error* resulta de tomar la ciencia constituida como referente.

Gil-Pérez (1986) va aún más lejos al proponer que «la principal dificultad para una correcta adquisición de conocimientos científicos no residiría en la existencia de los esquemas conceptuales alternativos o concepciones intuitivas, sino en la metodología de la superficialidad que está en su origen». No sólo plantea que los conocimientos científicos son la meta final en la escuela, sino que tal meta es una predeterminación si se trabaja dentro de la metodología científica. De alguna manera, no se trataría sino de mirar bien y de actuar y de discurrir correctamente para adquirir los conocimientos científicos, o para que éstos emerjan en la actividad de aula.

del conocimiento y de la actividad de conocer, se convierten en estrategias metodológicas para llegar a las mismas metas que supuestamente no logra la enseñanza tradicional.

Con respecto a esto puntualicemos que desde una mirada constructivista, no se trata sólo de afirmar que a nivel individual cada quien construye su conocimiento y que para ello deben considerarse, como punto de partida, los conocimientos válidos en el momento para quien aprende (sean elaboraciones espontáneas, teorías consolidadas, conocimiento científico, etc.), sino de considerar en la práctica, y actuar en consecuencia, que también las elaboraciones cognoscitivas logradas por la especie (las teorías, la ciencia) son construcciones tan provisionales como las primeras (como lo eran los planteamientos de Tartaglia, que en su momento formaban parte de la ciencia establecida) y que corresponden como construcción a una entre muchas posibilidades de realidad.

Las realidades

Una de las razones que sirven de argumento para privilegiar el conocimiento científico establecido, frente a otras formas de conocimiento, es su poder explicativo (se sostiene que la validación de la teoría se fundamenta en la experiencia mediante procesos de explicación y predicción). Frente a esto, es conveniente puntualizar que las teorías científicas poseen dos facetas; por una parte, sólo son aproximaciones más o menos buenas a los acontecimientos ordinarios; por otra, son excelentes aproximaciones a una familia importante de acontecimientos, los acontecimientos construidos por tales teorías, acontecimientos que no existían antes de las teorías mismas. La realidad que estudia la ciencia es entonces una realidad construida por la ciencia.

La ciencia, más que un conjunto de enunciados y teorías construidas para explicarse los acontecimientos, es una guía para la construcción de acontecimientos; en otras palabras, esos acontecimientos que explica la teoría, son construcciones de la teoría misma⁴. Bachelard (1975, p. 17) nos lo recuerda cuando afirma, refiriéndose a la física: “Al seguir a la física contemporánea nos hemos alejado de la naturaleza, para entrar en una *fábrica de fenómenos*”.

Veamos el caso de un resorte. De acuerdo con la teoría, los resortes para ser tales deben satisfacer la ley de Hooke. Esos resortes no existen, pero se trabaja con ellos como si existieran. Veámoslo de otra manera: si desde la física se quiere conocer lo más fielmente posible un resorte cualquiera, basta con determinar ciertos parámetros, entre ellos —y en especial— su constante Hookiana (**k**); en otras palabras, una buena aproximación a ese resorte es la ley de Hooke, sin embargo, la ley de Hooke no pasa de ser una buena aproximación; seguramente el resorte se comportará de acuerdo con la ley de Hooke sólo en una región muy precisa y reducida del espacio **f -vs- x**, pero en los demás puntos de tal espacio no.

Tenemos entonces que de acuerdo con la ciencia contemporánea, la producción científica no tiene que ver con la construcción de conocimientos acerca de una realidad externa que espera pasivamente su exploración, sino es la construcción de otra realidad que, con respecto a la primera, es su simplificación y modificación hasta hacerla comprensible y manejable por la teoría, mediante el diseño y la matemática. Al respecto Bachelard anota:

4 Cuando Rutherford observó, sorprendido, cómo se deflectaban las partículas α , supuso que debería existir una causa: el núcleo. Para los filósofos y físicos de la época él *descubrió* el núcleo. Hoy sabemos que no hay tal; *antes de Rutherford no existía el núcleo, él lo inventó*.

Constructivismo: ¿construir qué?

El conocimiento común ya no puede ser, en el estado presente del saber científico, más que un territorio provisorio, un territorio pedagógico para poner la cosa en marcha, para dividir en trozos. Una doctrina de la ciencia es desde ya una doctrina de la cultura y el trabajo, una doctrina da la transformación correlativa del hombre y de las cosas (ibid., p. 9).

Además, la capacidad explicativa de las teorías no se restringe a las teorías válidas en el momento, a las teorías de los textos; las otras teorías, las teorías de quienes no saben la física de los textos, también explican, predicen y pueden someterse a la prueba experimental⁵.

Como una consecuencia para el quehacer de la clase, es claro que mientras se busque mediante reflexiones y actividades *constructivistas* elaborar un conocimiento que *tiene que ser* el establecido (el que está en los textos) para supuestamente explicar una realidad externa dotada de existencia objetiva, continuaremos equivocándonos al tratar de articular dos cosas distintas. En primer lugar, la ciencia que existe no explica lo que nos sucede en la cotidianidad, esto es mucho más complejo que lo que la ciencia explica.

5 Veamos un ejemplo. Cuando en el aula, antes de observar el movimiento de un cuerpo que oscila pendularmente, proponemos que se prediga de qué variables dependerá el período de oscilación, mientras la mayoría propone que la masa del cuerpo es una variable, un alumno sostiene que la masa no es una variable relevante. «No depende de la masa porque mientras los cuerpos de masa grande caen más rápido, a la vez, cuando ascienden se frenan más y los dos efectos se compensan, para los de masa pequeña la velocidad de caída es menor, pero también es menor la desaceleración cuando suben». Y el alumno proponía que se hiciera la experiencia para comprobarlo. Al hacerlo, la independencia del movimiento respecto de la masa se constataba y, con ello, *se comprobaba* su teoría.

Por otra parte, cuando afirmamos que, en el ámbito escolar, en nuestras aulas, existen formas espontáneas de explicación y que tales formas de explicación deben constituirse en el punto de partida para la elaboración científica, es conveniente puntualizar que esas formas de explicación corresponden a las realidades de los alumnos, esto es, que no se trata de formas de explicación alternativas a la misma realidad que percibe o ha construido el maestro, el texto, o la comunidad científica porque, como vimos en el caso del objeto lanzado al aire (tercera situación), nuestras percepciones corresponden a lo que hemos construido, a nuestras concepciones. No se trata entonces de proponernos como objetivo que los alumnos logren elaboraciones cada vez más cercanas a las explicaciones de la ciencia, sino de posibilitar la construcción de otras realidades.

Este planteamiento nos aboca a una problemática constructivista diferente de la que se centra en tomar como punto de partida las formas alternativas de explicación para avanzar hacia las explicaciones de la ciencia, entre otras cosas, porque las dos explicaciones (las del alumno y las de la ciencia) son, en cada caso, explicaciones a cosas distintas (a realidades distintas) y, por ello, no pueden ser las mismas. En otras palabras, si se trata, por ejemplo, de propiciar la construcción de la realidad de los físicos a partir de la realidad de los alumnos, es conveniente tener en claro varias dificultades. En primer lugar, que con la palabra realidad se suelen denotar cosas diferentes.

Veamos un ejemplo: las ideas de molécula, de molécula en perpetuo y caótico movimiento, de choques elásticos, etc., corresponden a la teoría cinética de los gases, que es la *realidad de los físicos*, y tal realidad no es *la realidad de los alumnos*, ni tampoco la *realidad externa*, por más vistosa y productiva que

nos parezca la imagen. En segundo término, que las explicaciones de los niños se deben considerar no como aproximaciones a la realidad del físico, sino como alusiones a otras realidades. Y, finalmente, que estas otras realidades son los fenómenos, esto es, son el resultado de las interacciones del individuo con el mundo que lo rodea y que, en consecuencia, son diferentes para cada cual.

Carol Fleisher Feldman (*op. cit.*) distingue en las tareas cognitivas dos aspectos: el componente operacional de la tarea y el aspecto óntico de la cognición, esto es, la elaboración y la estipulación de las representaciones de la realidad.

«Esta construcción de la situación por parte de quien soluciona el problema –su imagen o construcción– es también aquella sobre la que opera: es la suya y no la nuestra, tampoco la de un físico, y tampoco, sin duda, la de un mundo virgen y sin interpretar, que simplemente es como es. Cuando influimos epistémicamente sobre un input, también creamos o elaboramos una realidad» (p. 125).

Ahora bien, emprender, como se ha pretendido, la tarea de establecer cuáles son esas realidades o representaciones (de los alumnos)⁶ es una tarea monumental que, aunque importante, no es imprescindible en situaciones ordinarias de clase, porque existen formas para transformarlas sin conocerlas, por ejemplo, enriqueciéndolas, esto es, propiciando encuentros e interacciones.

Las posibilidades de la escuela podrían concebirse, entonces, como la búsqueda de opciones para elaborar y reelaborar per-

⁶ Ver al respecto las innumerables investigaciones sobre formas alternativas de explicación, preconceptos y preteorías de la literatura en los últimos quince años.

manentemente la realidad, en donde lo fundamental no sería llegar a metas predeterminadas y coincidentes con la realidad de la ciencia contemporánea, sino la disciplina y procedimientos que se siguen, en los procesos teóricos de elaboración y reelaboración, que permitirían aprender el significado de lo que es una explicación en la actividad científica, las condiciones que tales explicaciones deben satisfacer, la naturaleza de una teoría científica (la invención, la validación, su enunciado, los procesos de aceptación y rechazo, etc.). Si esto se comprende, aceptar luego una teoría para desde ella ver las problemáticas, las situaciones y acontecimientos, puede ser suficiente; se estaría entonces en capacidad de “ver” a lo Newton, o a lo Descartes o a lo Einstein, con la conciencia de que en cada caso se trata sólo de un juego de lenguajes, no de la aproximación a una verdad única y definitiva.

Los supuestos de realidad

Ahora bien, las realidades que se construyen, considerándolas como imágenes o modelos, están sustentadas en *supuestos de realidad* que son los que les dan características especiales a tales realidades. Por ejemplo, desde un primer punto de vista, los objetos del mundo pueden concebirse de dos maneras: como dotados de propiedades o como resultado de interacciones (ver nuestra primera situación, cuando solicitábamos una lente convergente).

Pueden concebirse también como agregados de eventos o de objetos más simples, o en su complejidad con comportamientos irreducibles a los elementos “más simples (?)” que los constituyen: se trataría en el primer caso de ver, por ejemplo, las sustancias como compuestas de moléculas y las moléculas como compuestas de elementos, y remitir entonces el estudio

de las sustancias al estudio de los elementos de los cuales están constituidas.

Los objetos pueden verse también como realidades independientes del sujeto que los observa o como realidades que sólo existen en la medida en que se observen, esto es, en la medida en que en la interacción se modifiquen y modifiquen al observador. Y pensar en un mundo pleno de propiedades, reducible a unidades explicativas más simples e independiente del observador, les da características muy precisas a los modelos o realidades que se construyen. Así como también pensar en un mundo de interacciones, complejo y dependiente del observador, conduce a la concepción de otros mundos, tal vez más próximos a los que habitamos, que estamos construyendo y transformando permanentemente.

Las propiedades y las interacciones

Como lo anotábamos antes, *“las propiedades de una lente (convergencia o divergencia), no son de la lente, sino de la lente y sus circunstancias”*. El mundo que se construye partiendo de la concepción de que los objetos poseen propiedades es mucho menos rico en situaciones, más determinista y, tal vez, más tranquilizante que el mundo pensado en función de las interacciones. Es claro que las propiedades simplifican, pero al simplificar empobrecen la realidad (nuestra realidad). Al “ver por interacción” es necesario hacer compleja nuestra visión, introducir otras variables, considerar los contextos⁷.

⁷ El conjunto de tipos de interacción en que aparece un mismo concepto podría ser llamado la «comprehensión» de éste en el sentido científico, si se quiere trasponer esa noción clásica relativa al concepto aristotélico (Ulmo, 1979, p. 45).

Y como ya lo hemos anotado, ver por interacción es algo que posee diferentes niveles, un nivel primario que surge de considerar la interacción de los objetos entre sí (de la luz con los objetos y la emergencia del color, de la masa con la masa y la emergencia del peso, etc.). El mundo que percibimos no es una colección de objetos que puedan aislarse entre sí o separarse arbitrariamente, sino una mutiplicidad de interacciones.

En la conciencia del fenómeno existen además otras dos interacciones; en el nivel de percepción, lo que percibimos está mediado por lo que perceptivamente hayamos aprendido a ver, por nuestra estructura fisiológica, nuestra actividad neuronal y, por ello, lo que percibimos no es lo que está ahí delante de nosotros sino lo que interactúa y cómo interactúa con nosotros⁸.

A un tercer nivel, la percepción está mediada cognoscitivamente por las expectativas derivadas de nuestros conocimientos (ver la tercera situación), que no son expectativas conscientes, las tenemos y nos orientan sin que tengamos noticia de ellas. Vemos pues cómo la percepción depende de la interacción entre nosotros y “la realidad externa” que a su vez está mediada por la realidad que hayamos construido. En otro nivel, la realidad que percibimos está determinada por la intencionalidad de la mirada (las actitudes), por los deseos y por las necesidades.

8 Uno podría preguntarse cómo sería la realidad si tuviésemos la posibilidad de «ver químicamente». «El 99% de los animales encuentran su camino mediante pistas químicas dispuestas sobre la superficie, fumadas de olor liberadas en el aire o el agua, y aromas que difunden a partir de pequeñas glándulas escondidas hacia el aire que se mueve contra el viento. Los animales son maestros en este canal químico, en el que nosotros somos idiotas...», nos dice Edward Wilson hablando de una noche en el Amazonas (Wilson E., 1994).

Constructivismo: ¿construir qué?

Veamos unos ejemplos derivados de la escuela. Cuando los niños ven el mundo que los rodea lo hacen desde una mirada compleja; de acuerdo con sus necesidades unas veces se ve una cosa, otras veces se ve otra. Y la misma cosa se transforma de acuerdo con las necesidades, se construyen así incesantemente realidades diferentes: la vara que es espada es la misma que es rifle y la misma con que se golpea como garrote⁹.

Frente a esta inmensa gama de posibilidades en el aula se orienta a los niños para que vean desde una perspectiva simplificada: las rocas se clasifican por su origen, son de tres tipos y de acuerdo con esta propiedad bastan muestras de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas para agotar la diversidad. Pero para los juegos y propósitos de los niños tal clasificación es inútil y empobrecedora. ¿Qué sentido tiene el que las raíces de las plantas sean fasciculadas o filiformes si lo que se quiere es hacer un jardín?

Esta mirada inspirada en las propiedades corresponde a un afán simplificador, en la angustia por atrapar la realidad en anaqueles tranquilizadores, por ejemplo mediante taxonomías, y tal urgencia empobrece la realidad. Tal es el caso de hablar de los reinos de la naturaleza o de los estados de agregación de la materia.

Las operaciones de clasificar y de ordenar surgen espontáneamente cuando se quiere conocer; es así como el niño está clasificando constantemente. Y las clasificaciones que construye el niño, aunque no son las clasificaciones de la ciencia, son útiles y poseen la importancia que se deriva de su existencia

⁹ No es simplemente «jugar a que esto es...», sino que «esto es efectivamente lo que necesito que sea».

El constructivismo: ¿cambio de mirada o cambio de realidad?

en cuanto satisfacen sus necesidades y se inspiran en sus conocimientos. En tal sentido, lo que nos queda por propiciar en la escuela es enriquecer el universo para que las visiones de realidad, las descripciones y clasificaciones evolucionen y se hagan cada vez más complejas, independientemente de si se asemejan o no a las clasificaciones de los textos.

Bibliografía

- Arcá M. y Guidoni P.(1989). «Modelos infantiles». En *Enseñanza de las ciencias*, 7 (2).
- Bachelard, G. (1975). *La actividad racionalista de la física contemporánea*, Ed. Siglo Veinte, Buenos Aires.
- Bruner, J. (1994). *Realidad mental y mundos posibles*, Ed. Gedisa, Barcelona
- Bruner, J. y Haste, H. (1990). *La elaboración del sentido*, Ed Paidós (colección: «Cognición y desarrollo humano»), Barcelona.
- Gil Pérez, D. (1986). «La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Relaciones controvertidas». En *Enseñanza de las ciencias*, 4 (2).
- Hanson N.R. (1977). *Patrones de descubrimiento. Observación y explicación*, Alianza Universidad, Madrid.
- Koyré, A. (1978). *Estudios de historia del pensamiento científico*, Siglo XXI Eds., Bogotá.
- Maturana, H. y Varela, F. (1990). *El árbol del conocimiento; bases biológicas del conocimiento humano*, Ed. Debate, Madrid.
- Novak (1988). «Constructivismo humano: un consenso emergente». En *Enseñanza de las ciencias*, 3, 1988.
- Schrödinger, E. (1990). *Mente y materia*, Tusquets Eds., Barcelona.
- Segura, D. (1990). «La experiencia en la clase de ciencias». En *Naturaleza, educación y ciencia*, Nº 5, Santafé de Bogotá.
- Ulmo, J. (1979). «Los conceptos físicos». En *Tratado de lógica del pensamiento científico*, J. Piaget (ed.), Ed. Paidós, Buenos Aires
- Watzlawick, P. y Krieg, P. (1994). *El ojo del observador: contribuciones al constructivismo*, Ed. Gedisa, Barcelona.
- Wilson, E. (1992). *La diversidad de la vida*, Editorial Drakontos - Crítica, Barcelona.