

Las Ciencias Naturales en la escuela



Dino de J. Segura y Adela Molina(*)

RESUMEN

Después de establecer que conciben la ciencia como una búsqueda de explicaciones, como un proceso, en el que la actividad racional subyace a la actividad empírica, los autores plantean las metas que consideran básicas en la enseñanza de la ciencia desde la perspectiva de que en clase de ciencias, más que lograr conocimientos, hay que lograr una actitud frente al conocimiento: enriquecer la experiencia cotidiana de los alumnos, desarrollar en ellos el gusto por la ciencia y la propia confianza en la búsqueda de explicaciones racionales. Constatan, asimismo, el fracaso de los contenidos en los programas de ciencias vigentes y propugnan un profundo replanteamiento de dichos contenidos en coherencia con dichas metas.

Introducción

Es muy difícil desligar la enseñanza de las ciencias naturales del proceso total de educación que vive el individuo en la escuela y que es enriquecido simultánea y espontáneamente por sus vivencias del hogar y por los medios de comunicación. Esta multiplicidad de relaciones entre todo lo que hace el individuo con aspectos de su desarrollo físico y psicológico, ligada a la inseparabilidad entre lo afectivo y lo cognoscitivo y a la unidad entre lo puramente individual y lo social, es especialmente clara en los niveles más elementales de la escolaridad (donde se sientan las bases para posteriores desarrollos del individuo), pero está presente en toda circunstancia vivida, escolar o no escolar. Ello hace particularmente difícil separar procesos de desarrollo de procesos de aprendizaje y lleva a juzgar lo que se hace en la escuela, y en especial lo que hacen los maestros, a partir de logros debidos

sólo al desarrollo del niño, que muchas veces se dan sin intervención precisa y consciente de aquéllos. Es así como en un ambiente común y corriente el niño logra conceptos y operaciones mentales que transforman de una manera radical la concepción que tiene del mundo, independientemente de lo que se haga en clase, y aquí vale la pena iniciar una crítica: a pesar de lo que se haga en clase. Ilustraremos esta afirmación con un ejemplo. Hacia los seis años, en nuestro medio, los niños empiezan a tomar conciencia de una serie de transformaciones del mundo que les rodea hasta ese momento no vistas. De esa revolución son ejemplo la conservación de sustancia (la cantidad de sustancia permanece constante independientemente de las transformaciones del objeto en su forma) y la conservación de número (la cantidad de objetos es independiente de la disposición espacial que estos asuman). En el fondo, estas novedades en la manera de ver la realidad son el resultado

(*) Grupo de Investigación didáctica de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". Bogotá.

de la capacidad que han logrado de "ver" procesos, esto es, de construir conceptualmente -pero no necesariamente de manera consciente- las transformaciones y los cambios. Si hasta ese momento su percepción estaba restringida a la descripción de estados y propiedades de los objetos, ahora es capaz de percibir en un mismo proceso diversos factores que pueden variar en una transformación complementariamente. Por ejemplo, el grosor y la longitud en una salchicha de plastilina.

¿Qué pasa en la escuela (en el aula) mientras tanto? El maestro, empeñado -en el mejor de los casos- en una tarea inspirada en la matemática de los matemáticos, insiste incansablemente en ejercicios de correspondencias del tipo a más, más y a menos, menos: el que es más grande usa ropa más grande, el camión más grande, carga mayor cantidad de objetos, el más grande necesita una cama más grande, etc., que se relacionan más con una visión estática de la realidad que con las vivencias dinámicas de la cotidianidad. En la vida diaria y en el mundo del niño, las cosas van mucho más allá de tanta simplicidad. En el caso del camión por ejemplo, hay una tarea: el más grande puede transportar más cosas, pero hace menos viajes. El que más ha recorrido al ir de un lugar a otro, menos le falta por recorrer; el de mayor estatura requiere de un objeto más pequeño para lograr un determinado nivel sobre el suelo (por ejemplo, para alcanzar un bombillo). Y estas correspondencias, en las cuales a más, menos y a menos, más, están íntimamente ligadas con la descripción de procesos, la composición y descomposición de números, a las conservaciones de cantidad y de sustancias en general, a la vida cognoscitiva que el niño está logrando y que logra a pesar de lo que hace su maestro.

Una manera de describir los diferentes aspectos de la vida racional del niño en la escuela

es concebir el quehacer en ésta en relación con el desarrollo y dominio de diferentes formas de expresión, con el conocimiento del mundo social y natural, con el desarrollo cognoscitivo y del pensamiento matemático y con los afectos e intereses del niño por las cosas, los conocimientos, las actividades, las personas y por sí mismo. En esta enumeración no existe ningún criterio que no haya llevado a enunciar uno de los aspectos antes que el otro; es más, entre ellos se dan tantas relaciones que es bastante aventurado y en cierta medida artificioso tratarlos por separado.

Por ejemplo, el desarrollo y dominio de diferentes formas de expresión se relaciona íntimamente con el desarrollo cognoscitivo, por ejemplo en cuanto que los dos tienen que ver con la actividad simbólica, las formas alternativas de representar lo mismo, la creatividad(1), la concepción que se tenga de lo real y la valoración de formas competitivas de descripción, interpretación y explicación ante situaciones idénticas en actividades típicas de clase (o de recreo) en las cuales participen libremente todos los alumnos. Pero, a su vez, el elemento de base que le da significado tanto a la descripción como al discurso es el acervo experiencial de conocimientos del mundo que se posea: quien más base del mundo tenga, quien conozca más cosas y quien haya manipulado más objetos seguramente poseerá un discurso más rico, mejores elementos descriptivos y, a la vez, estará en capacidad de comprender muchas más cosas. En este punto es importante anotar cómo el conocimiento del mundo social y natural no solamente nos permite hablar de ese mundo concreto que hemos conocido y explicarlo, sino que nos posibilita la comprensión y elaboración de explicaciones de otras cosas mediante el pensamiento por analogía, que se manifiesta incluso en niños muy pequeños: "es o es como...". Finalmente, e íntimamente relacionado con

(1) Frecuentemente se restringe la creatividad a las artes plásticas ejemplificando tal actitud por la forma como el niño mezcla y utiliza los colores y otros materiales, sin considerar que lo que él está haciendo es posiblemente explorando los materiales y sus movimientos. La verdadera creatividad sólo se manifiesta cuando se buscan soluciones alternativas a un problema. Alternativas en el sentido de no ceñirse al estereotipo, por ejemplo al algoritmo.

Lo anterior, se encuentran los efectos e intereses del niño. El mundo, el lenguaje, el deseo de comprender y de expresar, el deseo de "saber" y de explorar -incluso de explorar las formas lingüísticas elementales- es condición indispensable para el logro de formas de expresión. No se trata de "motivar" sino de que el niño encuentre la actividad y el saber realmente interesantes(2). Y la actividad es realmente interesante cuando es significativa y, a la vez, inquietante frente a sus formas de ver las cosas. Lo que vemos todos los días no es inquietante sino en la medida en que nos plante un interrogante.

Así como en el desarrollo y dominio de diferentes formas de expresión encontramos un tramado con los otros aspectos, una reflexión elemental sobre ellos nos permitirá establecer nexos inmediatos entre ellos. Ahora bien, aunque estos nexos son reconocidos por muchos, frecuentemente se les da a los diferentes dominios tratamientos unilaterales. Es así como en la escuela primaria se enfatiza en el aprendizaje del cálculo aritmético y de la lectura y la escritura sacrificando otros elementos formativos aun en momentos en que tales aprendizajes son prematuros y consecuentemente demandan del maestro un esfuerzo considerable, una violencia para el niño y una pérdida de tiempo irrecuperable en cuanto se dejan de lado actividades y ejercicios que si no se hacen en ese momento no se harán nunca (expresión corporal, exploración musical, pictórica, trabajo con arcilla, exploraciones en el mundo social y natural, etc.). Lamentablemente, esta orientación excesiva hacia "conocimientos" positivos es una de las características de nuestra escuela.

Ahora bien, el conocimiento del mundo natural posee dentro del amplio espectro del conocimiento en general particularidades muy especiales. Como veremos, las verdades en la ciencia, si bien pueden comenzar con una opinión, tienen que rebasar tal nivel para alcanzar "status" de conocimiento científico. En ningún otro ámbito -exceptuando quizás a la matemática- juega un papel tan importante en la constitución del conocimiento la coherencia del discurso, esto es, la racionalidad de la argumentación y de los vínculos que unen una afirmación con una predicción, por ejemplo. En las otras áreas tampoco se dan opciones tan claras para definir entre varias aproximaciones la más correcta como en la actividad científica (o en la clase de ciencias naturales), cuando se hace referencia por ejemplo, a la contrastación empírica como juez.

Pero para que las actividades en la clase de ciencias naturales posean estas características y para que el que se enfrenta al conocer en ciencias logre verdaderamente una concepción de lo que es la ciencia la clase deberá concebirse de una manera diferente. Para que el niño pueda, por ejemplo, proponer interpretaciones frente a los acontecimientos y situaciones que se estudian en clase, deberán sentirse con libertad para exteriorizar lo que piensa, y esto exige un ambiente diferente al usual(3).

Para que exista la posibilidad de plantear polémicas (ya sea frente a situaciones de interpretación o de explicación) deberá existir un ambiente de tolerancia y respeto en el cual no sólo se acepta la posibilidad de interpretaciones diferentes sino que se asume que tales interpretaciones pueden ser mejores que la propia y que, en consecuencia, deben tomar-

-
- (2) El asunto de la motivación es un residuo de la educación fundada en la perspectiva de lograr comportamientos y conductas. Según esta, si de formar conductas se trata, podemos apelar al uso de "motivos" extraños al objetivo mismo para lograr la participación en la actividad que conducirá a la conducta deseada. Tales motivos pueden variar desde "ofrecer un dulce, caramelo o calificación" hasta presentar eventos para sorprender las expectativas. Seguramente algunos son más nocivos que otros, pero el solo hecho de que se trate de elementos ajenos a la actividad misma nos lleva a cuestionarlos.
 - (3) En muchas clases el estudiante sólo interviene o bien cuando "sabe" la respuesta correcta o cuando el maestro se lo solicita expresamente. La exteriorización espontánea de puntos de vista se considera usualmente como indisciplina.

se en cuenta puesto que no se pueden descalificar de antemano(4).

Pero el ejercicio de la libertad para intervenir en clase, así como la tolerancia y el respeto frente a otras opciones, están ligadas con la confianza que cada quien debe lograr en su propia racionalidad. Mientras no confiemos en nosotros mismos y en nuestras capacidades intelectuales como individuos capaces de llegar a "saber" y a inventar explicaciones no será posible el ejercicio de la libertad ni el ejercicio de la tolerancia y el respeto. Así pues, más importante que lograr "conocimientos", entendidos como contenidos puntuales, lo que debe buscarse en la clase de ciencias es lograr una actitud frente al conocimiento.

Una idea acerca de lo que es la ciencia

Generalidades

Así sea una manera muy formalista de introducir nuestros planteamientos, es conveniente preguntarnos, antes de iniciar la exposición sobre lo que creemos que debe ser la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela, qué son las ciencias naturales. La pregunta es más importante en la medida en que en la actualidad existen diferentes opciones de respuesta que implican posiciones a veces contradictorias sobre lo que debe ser la enseñanza de las ciencias.

Ahora bien, en vez de dar una definición de ciencia, es en nuestra opinión más importante hacer algunas caracterizaciones de ella que al final se pueden constituir en elementos para una definición. Este método no es una novedad. Las propiedades de las cosas son los resultados de las interacciones de ellas con otras cosas (Ullmo, 1979, p. 43) y es la unión de tales propiedades lo que puede constituirse en definición de las cosas mismas. Así por

ejemplo, el color de los objetos es el resultado de la interacción de éstos con la luz; su peso se debe a la interacción gravitatoria, etc. Consideremos, pues, algunas características de la ciencia que podrían ser punto de partida para una definición de ella.

La ciencia como actividad

Frecuentemente se presentan como opciones alternativas, para la caracterización de la ciencia, concebirla o bien como los resultados de la actividad científica o como la actividad misma. Es así como en el primer caso la ciencia resulta ser una colección de leyes, teorías y principios científicamente válidos en un momento determinado. En este sentido, la ciencia podría encontrarse en la plenitud de su esplendor en las bibliotecas y las enciclopedias. Y una persona que supiese ciencias sería aquella que pudiera enunciar correctamente esas leyes, teorías y principios. Como evidentemente esta idea de lo que es la ciencia es equívoca o por lo menos insuficiente, suele agregarse a ella un método de trabajo que permitiría la utilización (sistemática) de los conocimientos científicos del momento para la producción de otros conocimientos científicos. Es así como, unida a la idea de ciencia como resultado, se añade el "método científico" que supuestamente establece la secuencia de actividades que deben seguirse para la producción científica.

La implicación de esta idea de ciencia en los planes de estudio es inmediata. Los currículos no son otra cosa que la estipulación de una serie de resultados científicos a los cuales debe llegarse en la clase mediante actividades previstas como convenientes en la medida en que son inspiradas en "el método científico".

Es precisamente porque la enseñanza de las ciencias se centra en los resultados de la actividad científica que de antemano los maestros

(4) Usualmente el juez último es la palabra del maestro. No se busca entonces ni la coherencia del discurso ni la puesta a prueba en la práctica como elementos definitorios, sino la coincidencia de las propias opiniones con la opinión del maestro, del texto o de los especialistas.

estamos abocados a un fracaso, puesto que la comprensión de cualquiera de ellos exige un desarrollo cognoscitivo y un manejo muy especial y preciso de otras herramientas tanto intelectuales como afectivas y psicológicas (atención, interés, centramiento en un problema particular, etc.) que no están al alcance incluso de jóvenes adolescentes.

A nuestra manera de ver, la mejor caracterización de lo que es la ciencia se deriva de concebirla como un proceso, esto es, como una actividad. Aun más, es necesario eliminar en tal proceso cualquier intento de normatización. Si la actividad científica se pudiera reglamentar según secuencias de actividades, seguramente no existirían fracasos y errores -y menos en lo científicos, quienes con toda seguridad sabrían aplicar tal método- en las investigaciones.

Esta concepción no se restringe únicamente al "conocimiento científico", sino que es igualmente sostenida para el conocimiento en general. En su libro "Psychology and Epistemology", J. Piaget hace un estudio de la génesis de este planteamiento y anota: "Bajo la influencia convergente de una serie de factores, hoy en día tendemos más y más a concebir el conocimiento más como un proceso que como un estado" (Piaget, 1973, p. 2).

Las características de esta actividad -la actividad científica- pueden ilustrarse con algunos ejemplos de la historia de la ciencia que nos muestran que la ciencia no es el resultado de la actividad de pensadores solitarios, que la actividad científica está socialmente comprometida, que los resultados científicos no son simples descubrimientos, sino más bien construcciones y que tal proceso de construcción de conocimientos no es rectilíneo.

La ciencia no ha sido el resultado de pensadores solitarios

Es la historia de la ciencia la que nos ilus-

tra cómo los logros de la actividad científica han sido consecuencia de los esfuerzos y contribuciones de la comunidad científica como totalidad. Newton, por ejemplo, no hubiese logrado lo que hizo si no hubieran existido antes que él personas como Galileo, Descartes, Kepler. Pero a su vez, éstos no pueden concebirse sin la existencia de una comunidad científica, cuyos nombres en su mayoría permanecen anónimos, pero que incluyen a pensadores de la talla de Leonardo, Nenedetti, Bonamico, y a escuelas donde se debatían intensamente los mismos problemas -cuyo tratamiento está ligado a los nombres de Galileo y Newton-, como la escuela de Merton (en Oxford S.XIV) o la escuela de París(5).

La importancia de la comunicación en la producción científica no es necesaria para el caso de la ciencia de nuestros días y es quizás una de las explicaciones al avance vertiginoso que la caracteriza. Sin embargo, ejemplos como el impacto que sufrió Europa cuando por medio de los árabes se conocieron las obras de los griegos, o las disputas entre Newton y Leibnitz, o las cartas entre Galileo y Kepler, o el avance propiciado en Europa por el intercambio con Oriente, que permitió el conocimiento no sólo de la brújula y la pólvora, sino de técnicas de trabajo y logros importantes en matemáticas, pueden ilustrar el valor de la comunicación en el desarrollo del conocimiento.

La ciencia es, pues, una empresa colectiva y los resultados científicos un logro colectivo. Tratar de reducir la historia de la ciencia a una colección de anécdotas y la ciencia misma a una serie de instituciones geniales y circunstancias fortuitas es privarla de ese ingrediente que la ha hecho profundamente humana: una creación social en la cual han primado las actividades de comunicación, discusión y rectificación (ver Koyré, 1981, por ejemplo).

(5) Ejemplos precisos se pueden tomar de Koyré (Koyré, 1978, 1979, 1981), Hanson Russell (Hanson, 1977) sobre el trabajo de Kepler, y Butterfield (Butterfield, 1957), especialmente sobre la teoría del ímpetu, la gravitación y la circulación de la sangre.

La actividad científica está socialmente comprometida

En el trabajo del científico existen simultáneamente dos intereses, uno individual y otro socialmente determinado. Mientras el primero se manifiesta en la pasión que el investigador como individuo profesa por su trabajo, pasión que lo lleva a pensar en su problema (su problema, porque es así, el problema que investiga es su problema, lo ha hecho suyo, se lo ha apropiado) por fuera de horarios e independientemente de lo que percibirá por sus logros; el segundo interés es inconsciente y no depende de él. Lo que sucede es que, como todos nosotros, los científicos son hombres de su época, y eso tiene muchas implicaciones: la educación general y la instrucción especializada que recibimos son coherentes con la época en que vivimos (Bronowsky, 1965, p. 8). A través de ella se recibe una formación en una determinada disciplina que incluye métodos y formas de trabajo, los conocimientos válidos en el momento, los enunciados de problemas aún abiertos, las creencias y normas sociales y morales, las condiciones sociales, las dificultades de la comunidad, sus intereses y perspectivas, etc. Existen entonces, por una parte, ciertos límites derivados de la ciencia misma y que son independientes del científico: "La existencia de esta red rígida de 'mandatos' -conceptuales, teóricos, instrumentales y metodológicos- es la razón principal de la metáfora que relaciona la ciencia normal con la solución de acertijos. Y es porque ella proporciona las reglas que le prescriben al científico de una especialidad qué son tanto el mundo como su ciencia, por lo que él se puede concentrar con seguridad en el problema esotérico que tales reglas y conocimiento existente le definen" (Kuhn, 1974, p. 42).

Pero, por otra parte, "todos los hombres desarrollan opiniones sobre la naturaleza que los rodea. Además, todos los hombres tienen opiniones sobre el conocimiento. El medio natural determina en gran medida el modo de vivir de todos los hombres y forma sus opi-

niones sobre la sociedad y sobre su manera de vivir. Así, al intentar explicar el cambio y desarrollo del conocimiento, no se pueden separar las opiniones sobre el mundo y el hombre de las opiniones sobre el conocimiento, en las cuales están insertas las primeras. El conocimiento se desarrolla gracias a un continuo diálogo crítico entre las visiones totales del mundo y entre los programas de investigación científica en competencia..." (Elkana, 1983, p. 6).

Es sólo comprendiendo esta entramada entre lo social y el conocimiento como se explica por ejemplo el que Norbert Wiesner (el creador de la cibernética, que se relaciona con los métodos matemáticos de control automático) hubiera desarrollado la cibernética precisamente en una época en la cual tanto la comunicación como el control se han convertido en formas de poder. Otro tanto podríamos decir de las investigaciones de Galileo y de sus contemporáneos sobre la fricción, o de Newton sobre astronomía, o de la comunidad científica del siglo XVIII sobre energía (en la época de la revolución industrial).

Esta coherencia entre las actividades que se desarrollan y la época en que se vive no es característica exclusiva de la ciencia. Otro tanto podría decirse del arte. Un pintor contemporáneo no puede pintar como Rembrandt, ni como Botticelli. Un compositor no puede ser un Mozart, ni un Haydn. Hoy el mundo es distinto, la realidad es distinta. En nuestros días, ni para el artista ni para el espectador el arte son copias de la realidad. El espectador debe reconstruir lo que ve, la realidad ya no es una realidad única, los mensajes deben articularse y la articulación está en manos del espectador: el cubismo, la música moderna -en este sentido son importantes los análisis de Bronowsky (Bronowsky, 1978) y de Kossik al estudiar la metafísica de la cultura (Kossik, 1967, p. 147)-. Con relación a la investigación científica, Bachelard (Bachelard, 1973, p. 107) anota: "En los dominios tan nuevos que se presentan a la investigación científica de nuestro tiempo el espíritu no puede referirse a seres platónicos que

esperarían ser descubiertos. La ciencia contemporánea crea una nueva naturaleza, en el hombre y fuera del hombre".

Esos dos aspectos, pues, de la actividad del investigador y sobre los cuales él no tiene control (su formación y las características culturales) explican, por lo menos en parte, la simultaneidad con que diferentes grupos de investigación llegan a los mismos resultados, aun sin estar en comunicación directa.

Los resultados científicos no son simples descubrimientos.

Hasta hace algún tiempo se reservaba el término "conocimiento" a cierto tipo de saber, a aquél que cumplía con requisitos tales como la verificabilidad empírica, o que podía expresarse de alguna manera lógica y sin contradicción interna y que a su vez encajaba sin contradicciones dentro del contexto de otros conocimientos aceptados. Hoy, por los trabajos tanto en la historia de la ciencia(6) como sobre la construcción del conocimiento en el niño(7), se ha tenido que aceptar que tanto el conocimiento común como el conocimiento científico son conocimientos y que posiblemente el proceso de construcción de explicaciones en el niño o en personas carentes de escolaridad y los procesos de producción de conocimientos científicos propiamente dichos no son diferentes en esencia, aunque difieran en cuanto a puntos de partida y herramientas que se utilizan.

Así pues, existen muchas posibilidades de explicación para el mismo fenómeno, y todas estas formas de explicación son correctas desde cierto punto de vista dentro de ciertos rangos de validez(8). Así mismo, todas son susceptibles de superación. A un resultado parecido se ha llegado en la ciencia. Aquellas verdades que creíamos descubiertas de una vez por todas han pasado a convertirse en meras aproximaciones, en errores o en una forma de ver las cosas. (Entre otras cosas, la palabra error en este contexto se ha relativizado puesto que se trata de un juicio de valor desde una teoría o concepción aceptada hoy pero que tampoco es definitiva). Ludovico Geymonat (1985, p. 62) anota: "La actitud del científico, por el contrario, es estructuralmente activa. El pensamiento científico no capta 'algo que ya está', sino que construye, transforma, descompone y recompone siempre convencido de que su construcción puede ser ulteriormente modificada, ampliada, corregida. Trabaja sobre lo provisional..."(9).

Esta característica de la ciencia plantea a los historiadores del pensamiento científico (y a los filósofos de la ciencia) una tarea diferente. No se trata ya de rastrear cómo se han logrado los descubrimientos de las leyes de la naturaleza, sino de explorar cómo se ha pasado de un modelo de explicación a otro: cuáles han sido los obstáculos que han debido sortearse y las circunstancias que lo han posibilitado.

-
- (6) S. Kuhn (op. cit., p. 2) plantea: "si se han de denominar mitos a esas creencias desactualizadas, entonces los mitos se pueden producir por los mismos métodos y se pueden sostener por el mismo tipo de razones por las cuales sostenemos hoy el conocimiento científico. Si de otra parte, se han de denominar ciencia, entonces la ciencia incluye creencias incompatibles con las que sostenemos hoy. Dadas estas alternativas, el historiador debe escoger la última. Las teorías abandonadas no son acientíficas por el solo hecho de haberlo sido. Esta escogencia dificulta, sin embargo, la concepción de acumulación en el pensamiento científico..."
- (7) "En estas condiciones cualquier tipo de epistemología genética, tanto si se trata de la historia de las ciencias como de la psicología infantil, se amplía necesariamente en una teoría del conocimiento, ya que ésta intenta recorrer todos los estadios de lo que actualmente se llama conocimiento científico; en otras palabras, considerar el conocimiento bajo determinadas formas que podemos denominar precientíficas y a las que no podemos negar un valor cognoscitivo, puesto que preparan los progresos ulteriores". (Blanché, 1973, p. 16).
- (8) Esta concepción se enfatiza más desde estudios antropológicos como los de Levy Strauss. Ver por ejemplo "El pensamiento salvaje". (Strauss, 1975).
- (9) En la ciencia actual se acepta que las "leyes naturales" son construcciones humanas sujetas a revisión y posiblemente a cambio y que leyes como la de la Gravitación Universal no existían antes de sus descubridores (en este caso Newton). La idea de que las leyes existían desde siempre ocultas por los fenómenos, y que el objetivo de la ciencia era descubrirlas, ha sido completamente superada. Rutherford, por ejemplo, no descubrió el núcleo atómico, lo inventó.

La nueva concepción que estamos esbozando riñe también con el concepto de ciencia como acumulación de conocimientos que conduce a una imagen rectilínea del desarrollo de la ciencia. Ya no se trata de colocar descubrimiento sobre descubrimiento atesorando saberes. Se trata más bien de una actividad con retrocesos y estancamientos. No se trata tampoco de una aproximación a una "realidad externa" independiente del hombre, por el contrario, en este contexto, la realidad es construída por el hombre mismo.

El camino entre la experiencia y la teoría no es rectilíneo.

Se presume corrientemente (consciente o inconscientemente) que el camino que vincula los fenómenos con la teoría es el inverso al que existe entre la teoría y los fenómenos. En otras palabras, se afirma que así como cuando desde la teoría se prevén o predicen resultados que pueden contrastarse en forma directa también que el camino entre los datos empíricos y la construcción teórica debe ser rectilíneo o reglamentado de alguna manera. Esta concepción está relacionada con la crítica anteriormente, puesto que supone que los datos empíricos "ocultan una verdad" que hay que descubrir y, desde otro punto de vista, minimiza el papel de la razón al colocar al hombre en una actitud pasiva.

Para que los datos tengan significado deben estar inspirados por una reflexión previa. El solo hecho de buscar datos supone que tal

recolección está calificada por una idea anterior. Nadie busca por buscar, sin saber qué busca, nadie observa por observar, sin saber qué observa. Es por eso que antes de emprender una exploración (en el campo, en el laboratorio o en cualquier otra parte) debe planearse tal actividad(10). Todo dato para lograr tal calificativo debe estar inspirado por una teoría o al menos por una "corazonada" y es esa idea la que orienta a la exploración y da significado a los datos para que estos logren tal status. En este sentido, todo dato que se logre deberá contrastarse con la idea que originó la búsqueda, es absurdo coleccionar datos por el simple placer de coleccionarlos. Así pues, antes de que existan los datos empíricos, existe una actividad reflexiva. En este sentido, Geymonat (op. cit., p. 62) enfatiza en que el científico "se dirige a la experiencia, pero sin conformarse jamás con lo que ella da espontáneamente; sabe que debe elaborar con inteligencia la pregunta para lograr de la experiencia una respuesta aceptable..."

Tenemos entonces que la actividad racional subyace a la actividad empírica y que entre ésta y la teorización no existe un camino reglamentado(11). Y la interpretación que demos a los datos depende de la concepción que se tenga del mundo. Con los mismos datos se puede llegar a más de una interpretación y - como ya lo anotábamos anteriormente - personas que poseen conocimientos diferentes interpretan diferentemente la misma colección de datos (sin que tales interpretaciones sean necesariamente erróneas)(12). Este caso

(10) Stephen Toulmin (1961), en su libro *Foresight and Understanding*, plantea cómo una de las características que hicieron del pensamiento griego el origen de la ciencia moderna, a diferencia de las observaciones de los babilonios, es la capacidad de comprensión que va incluso más allá de la mera predicción, arte en el cual los últimos fueron maestros.

(11) En *La divulgación de la ciencia: ¿Un mito?*, J. Granés y P. Bromberg (Granés y Bromberg, 1986) anotan como una consecuencia de la actitud científica en la cultura: "El mito de la existencia de un 'método científico' que, en el sistema formal de educación, ha llegado muchas veces a intentar convertir el acercamiento a la realidad en un recetario 'a prueba de raciocinio'. Extrañamente resulta que el método científico es lo que permite 'descubrir sin pensar'; tan sólo se requiere seguir un procedimiento".

(12) N.R. Hanson (Hanson, 1977) ilustra así la situación planteada: "Pensemos en Johannes Kepler: imaginémosle en una colina mirando el amanecer. Con él está Tycho Brahe. Kepler considera que el Sol está fijo; es la Tierra la que se mueve. Pero Tycho, siguiendo a Ptolomeo y a Aristóteles, al menos en esto, sostiene que la Tierra está fija y que los demás cuerpos celestes se mueven alrededor de ella. ¿Ven Kepler y Tycho la misma cosa en el Este, al amanecer?" (p. 79).

se ha presentado y se presenta actualmente en la ciencia(13). Con frecuencia varias teorías explican satisfactoriamente el mismo conjunto de fenómenos y si una ha triunfado sobre las otras, ello se ha debido muchas veces no a que explique mejor sino a otras razones (teológicas por ejemplo). Tenemos así que no basta con poseer una colección de datos para llegar a explicaciones (o a teorías), es necesaria la actividad reflexiva, esto es, el razonamiento. (En últimas, ¿qué significado podrían tener los datos si no existe una racionalidad que los interprete?).

Sin embargo, hay algo más. Podría pensarse que existen formas precisas de razonamiento por analogía, deducción pura, etc., que, aplicadas a una colección de datos, deberían conducir a la explicación de ellos. Sin pretender minimizar tales formas de razonamiento, debemos enfatizar en que una construcción teórica es un acto de creación, tan imaginativo y fantástico como lo es la concepción de una obra de arte, de una pintura, de una sinfonía o de una obra literaria. Diferente de ellos en cuanto debe dar cuenta de los datos incluso negándolos.

El que los datos puedan ser negados por la teoría se explica por lo siguiente. Los datos pueden corresponder a una concepción previa que se tenía del fenómeno que se estudia, y de esa concepción pueden adquirir un significado incoherente con ella misma. Y es tal incoherencia la que suele exigir la búsqueda de una interpretación diferente, de una nueva explicación, de una nueva teoría. Cuando aparece una nueva teoría que explica lo que sucede, los datos ya no son los mismos puesto que, interpretados por la nueva teoría, poseen significado diferente. Las posiciones de un planeta interpretados por Ptolomeo, por ejemplo los movimientos retrógrados, que pueden ser datos para la definición de una trayectoria, se convierten en ficciones o en especulaciones interpretados desde el sistema heliocéntrico aceptado hoy.

Todo este razonamiento nos lleva a pensar que cuando es el maestro quien planea las actividades experimentales, los significados que para él tienen los datos de laboratorio son necesariamente distintos de los significados que les da el estudiante puesto que son interpretados desde concepciones diferentes.

Metas en la enseñanza de la ciencia

Generalidades

Como lo anotábamos anteriormente, la idea que se tenga de lo que es la ciencia tiene implicaciones directas en las concepciones curriculares y, con ello, en las expectativas con respecto del papel y objetivos que tiene cada una de las áreas. Cuando, por ejemplo, se concibe la ciencia como el conjunto de teorías válidas y se considera la dificultad de éstas y su grado de elaboración, puede concluirse que la enseñanza de la ciencia no es posible ni aun para adolescentes.

Si por el contrario se considera que el conocimiento (y en particular el conocimiento científico) no es un estado sino un proceso en el cual tienen especial importancia las actitudes frente al conocimiento, frente a las normas de trabajo y frente a sí mismo como sujeto que elabora explicaciones, la situación es muy diferente. Esta concepción está relacionada con la concepción de lo que es una teoría científica: en ella los términos sólo ganan significado a partir de "referentes" comprendidos o experimentados o mediante vínculos con términos que los posea. Estas dos consideraciones plantean para la clase de ciencias tareas muy específicas y de ello trataremos ahora.

Enriquecer la experiencia

Una de las metas de la enseñanza de las ciencias naturales en la escuela es enriquecer

(13) Actualmente en física, para un conjunto bastante amplio de fenómenos, existen dos teorías que los explican y que se enseñan exitosamente: la óptica geométrica y la óptica ondulatoria.

la experiencia de los alumnos. Este propósito debe verse de formas diferentes. No se trata únicamente de posibilitarles la observación de cosas y de fenómenos jamás observados por ellos y quizás lejanos de su vida cotidiana como son en Física los fenómenos eléctricos, los imanes o las variaciones de presión(14). El punto de partida y posiblemente el centro de las actividades deberá relacionarse más bien con aquellos fenómenos y con aquellas cosas que suceden todos los días: con lo que "observamos" todos los días pero que muchas veces "no vemos" o vemos mal por mirarlos a través de las explicaciones espontáneas de sentido común o por considerarlas evidentes y consiguientemente carentes de explicación diferente a la ocurrencia misma del fenómeno (Segura, 1981; Guesne, 1982; Ruggiero, Vicentini y otros, 1983).

Fenómenos ejemplo de este tipo son muchos. A manera de ilustración nos referimos sólo a algunos. La caída de los cuerpos es un fenómeno cotidiano, sin embargo no son frecuentes las preguntas como éstas: "¿Por qué caen los cuerpos?" o "¿Qué relación tiene la caída con la forma o el peso de los cuerpos?" o si llegan a formularse usualmente se descalifican o se resuelven erróneamente por parte del adulto. Así como usualmente se resuelve la primera afirmando: "Los cuerpos caen porque caen" o "Los cuerpos caen porque pesan", sin añadir mayor claridad al problema(15). Con relación a la segunda, es usual apoyar la respuesta en la explicación espontánea: "En la caída de los cuerpos, mientras más pesados, caen más rápido".

Una situación similar se presenta cuando alguien pregunta: "¿Por qué hay cuerpos que flotan?", o "¿Por qué flota ese tronco?". Para muchos basta con afirmar: "Porque es de madera" y otras veces: "Porque la madera pesa menos que el agua". Pero para quien hizo la

pregunta y usualmente para quien da la respuesta no se sabe en tal enunciado a cuál agua se están refiriendo. Dentro de la misma problemática cae, por ejemplo, la elevación de los globos. Es común atribuir la fuerza que los hace subir a la fuerza que hace el gas encerrado, al humo, al aire caliente, etc.

En los casos anotados anteriormente se presentan dos problemas. Primero, las respuestas son erróneas (vistas desde las explicaciones científicas). En segundo lugar, como se trata de afirmaciones últimas, detienen cualquier explicación ulterior. En otras palabras, una vez se ha afirmado por alguien que posee cierta autoridad -así sea la del adulto por ser adulto- que, por ejemplo, los globos se elevan por la fuerza que hace el gas encerrado en el globo mismo, ya no hay nada más que preguntar. Así pues, se detiene la exploración, se mata la curiosidad, y se detiene en un punto erróneo.

¿Por qué es tan importante enriquecer la experiencia cotidiana? Cuando hablamos de la enseñanza de la ciencia en la escuela, debemos visualizar para tal empresa varios propósitos. Algunos de ellos se relacionan con el presente, otros con el futuro. Es así como mientras mayor sea el acervo experiencial del individuo, más elementos tendrá para en niveles posteriores de escolaridad llegar a la elaboración de explicaciones y asignar significados precisos a los términos implícitos en ellas. ¿Qué significado puede alguien dar a una palanca si jamás ha utilizado (conscientemente) una, o a la atracción eléctrica si jamás ha experimentado con ella, o a las fuerzas intermoleculares si no ha discurrido por ejemplo sobre la forma de las gotas o de los "meniscos" en un tubo o sobre el fenómeno de la capilaridad? Es a partir de la experiencia que las explicaciones tienen razón de existir y poseen significado. Pero valga recalcarlo, no es a par-

(14) La proximidad o lejanía de un tema puede juzgarse mediante el tipo de vínculo que existe entre el fenómeno y su percepción, o entre lo que lo que existe delante de nosotros y lo que "vemos". ¿Qué hay más cotidiano que la respiración y sin embargo, ¡cuán distante está la presión de lo cotidiano inmediato!

(15) Ejemplos precisos sobre la idea de ciencia que subyace en estos círculos viciosos se encuentran en Braustein (Braustein, Pasternac y otros, 1978) al referirse a la manera como se constituye una ciencia (p. 8 y ss.).

tir de cualquier experiencia pensada y abierta; esto es, de la experiencia que no se ha agotado por respuestas prematuras, así sean correctas, y que a la vez ha conducido a nuevas preguntas, a cuestionamientos y a una exploración continua.

Es en tal sentido que afirmamos que la enseñanza de las ciencias naturales es importante para el futuro. Pero también es importante para el presente. Y lo que afirmaremos es válido para todas las áreas y asignaturas. Una meta fundamental de la enseñanza básica (primaria y media) es lograr en los alumnos gusto por los saberes y un deseo de aprender. Mal haríamos en lograr individuos muy capaces en matemáticas, o en ciencias, o en música, pero que no quisieran saber nunca más de tales asignaturas. Además de que es dudoso que se logren niveles, así sean elementales, de formalización en los primeros años escolares, es preferible un chico que guste de las ciencias aunque no sepa ciencias, a aquél que sabiendo ciencias no quiere saber más de ellas. Es entonces ésta una meta que debe lograrse en la enseñanza de las ciencias naturales: un gusto por ellas, un deseo de avanzar en su estudio. Pero tal propósito no se logra si no conseguimos un "enamoramiento" del niño por su actividad en la clase. Y tal estado depende del nivel de participación que se tenga en ella y de los vínculos afectivos que existan entre las temáticas que se tratan y sus intereses.

Ahora bien, el niño o el adolescente están muy cerca de lo concreto inmediato. Para ellos es muy difícil -por no decir imposible- razonar sobre abstracciones o sobre conceptualizaciones. En este sentido, su grado de participación en las actividades y el interés que exteriorice hacia las temáticas que se tratan depende de sus posibilidades de interacción con el material que se estudia. Y es por eso que el enriquecimiento de la experiencia es fundamental, pero, repetimos, no de cualquier tipo de experiencia: es de la experiencia realmente vivida, mentalmente vivida; esto es, donde haya existido real participación y, por ende, interés. No se trata de mostrar cosas (enseñar (?)), es imprescindible manipular

cosas. No se trata de ilustrar mecanismos, es imprescindibles planearlos, diseñarlos (así sea toscamente). Es en la superación de dificultades donde se encuentran motivos para profundizar en el estudio de los fenómenos que ya creíamos comprendidos.

Confianza en la racionalidad

Paralelamente con el enriquecimiento de la experiencia es importante como meta en el niño (y en el adolescente) lograr confianza en su propia racionalidad. Es curioso (y triste) testimoniar cómo cuando el niño llega a la escuela cuenta sobre sus logros: "Yo me aprendí mismo" (sic); mientras su padre insiste: "¿Qué te enseñaron en la escuela?". Este desplazamiento del aprender que se va enfatizando y que coloca finalmente al niño como un elemento pasivo (dependiente unas veces de la explicación que sobre el mundo le dé su maestro, otras veces de elementos de autoridad tales como los libros y los especialistas) corta con cualquier posibilidad de creación e imaginación.

Richard Feynman en una conferencia a maestros (Feynman, 1983) anota: "Tenemos hoy en día muchos estudios sobre la enseñanza en los cuales se detallan observaciones, se hacen listas, estadísticas y cosas por el estilo. Pero no por eso dichos estudios constituyen ciencia establecida, conocimiento establecido. Son sólo formas imitativas de la ciencia. El resultado de esta imitación pseudocientífica es producir expertos. Tal vez los maestros aquí presentes que enseñan en el nivel elemental duden de vez en cuando de los expertos. La ciencia enseña que se debe dudar de los expertos. Podríamos definirla de esta manera: la ciencia es el convencimiento de la ignorancia de los expertos (p. 14).

A nuestra manera de ver, tal tendencia es uno de los resultados de una concepción de ciencia muy particular y a la cual nos referimos anteriormente(1). Se trata de la ciencia concebida como una colección de resultados que hay que aprender para poder explicarnos el mundo que nos rodea. Según ella, frente a

esos resultados sólo es aceptable su aprendizaje sin discusión, ¡son la verdad! Para desgracia nuestra, la enseñanza de las ciencias en nuestros días es dogmática y se reduce a la repetición de leyes, teorías y teoremas como de un catecismo... Y como esa colección de verdades es cada día más exhuberante, entonces los programas y currícula son cada día más extensos y puntuales, esto es, cada día más precisos puesto que es imperativo aprovechar el tiempo para cubrir más y más contenidos.

Esta concepción de ciencia que estamos criticando incluye a su vez la idea de que la actividad científica, los resultados, explicaciones a los fenómenos y la construcción teórica son el resultado de la aplicación sistemática de una secuencia precisa de actividades: el método científico. Muchas personas han demostrado ya su falacia a partir de consideraciones derivadas de la historia de la ciencia (ver, por ejemplo, Kuhn, 1974; Koyré, 1978). No sobra, sin embargo, reafirmar que su papel en la concepción de métodos de enseñanza y de didáctica también es nocivo. (Al respecto son ilustrativas las afirmaciones de Giordan en su libro sobre la enseñanza de las ciencias (Giordan, 1970) o de Gil Pérez al comentar el método inductivista (Gil Pérez, 1986)).

No es sólo que el ordenamiento de actividades según una secuencia prevista por el método científico dé una imagen errónea de la ciencia en cuanto se le visualiza como el resultado de actividades rígidamente organizadas en las cuales a manera de receta se sigue sistemáticamente un derrotero, sino que las actividades se convierten en algo "despersonalizado". Las hipótesis que se plantean no son las de quien realiza la prueba empírica, sino tal vez las de su maestro o las del diseñador curricular. La concepción que sustenta la aplicación del método científico, por ejemplo en la elaboración de hipótesis o en cuanto al planteamiento de problemas, es que el estudiante por una parte jamás ha pensado sobre las situaciones que se estudian y por consiguiente no posee sus propias aproximaciones al problema, y, por otra, que tal actividad es

algo reservado a los "genios" y fruto únicamente del pensamiento frío y calculador del científico.

En estas condiciones no es posible vincular la clase con la búsqueda, la especulación, la imaginación, ni la creatividad. Con esto se logran dos propósitos posiblemente no deliberados de los diseñadores curriculares. Por una parte se da una idea artificial de dificultad de la ciencia particular de que se trate; y por otra se niega la posibilidad de la exploración en la búsqueda de explicaciones y se descarta la posibilidad de ejercitar la racionalidad y de lograr confianza en ella.

El ejercicio de la razón y con ello la confianza en ella debe ser una meta de la enseñanza en la escuela y más en la enseñanza de las ciencias donde el dogmatismo es más escandaloso. Es necesario repetirle a los diseñadores curriculares que el avance de la ciencia y, paralelamente, el número de resultados científicos va seguramente más rápido que la rapidez con que es posible incluir contenidos en el currículo. Lo único que se ha logrado con el atiborramiento de datos y temas y con los deseos de formalización temprana es acortar y en algunos casos eliminar las ocasiones de recreo y de discusión entre alumnos, que eran los instantes donde ellos realmente aprendían lenguaje, ciencias, matemáticas ¡y muchas cosas más! Y así era, puesto que es allí donde es posible poner a prueba suposiciones, elaborar planes, contar experiencias, manipular objetos, ejercitar el lenguaje, el razonamiento y la argumentación.

Cuando no embarcamos en la búsqueda de explicaciones sabemos que explicar no es repetir la explicación sin comprenderla. Cuando se afirma que dos cuerpos en caída libre caen simultáneamente por la gravedad, o porque caen simultáneamente, no se dice nada. Se está "explicando" el fenómeno con el fenómeno mismo. La situación es diferente cuando se afirma que en la caída existe un efecto de compensación entre dos propiedades de la masa: mientras un cuerpo de mayor masa es atraído con mayor fuerza por la Tierra, un cuerpo de mayor masa adquiere también ba-

jo la acción de una fuerza dada una menor aceleración. Y estas dos consideraciones nos llevan a que los cuerpos caen con la misma aceleración independientemente de la masa (como en el caso de la oscilación de un péndulo). Una educación que afiance explicaciones del primer tipo es acientífica, es una educación que convierte en cajas negras a los fenómenos, en cajas negras que se explican por los controles externos obtenidos en la descripción simplista de los fenómenos. En este tipo de educación saber algo es sinónimo de aplicar una fórmula (ni siquiera una ecuación), aun cuando la fórmula no tenga para quien la utiliza ningún significado.

Cuando nos empeñamos en una búsqueda de explicaciones y hemos logrado elaborar algunas, así sean distantes de la explicaciones elaboradas por los científicos, reconoceremos una explicación genuina de una que no lo es, valoraremos las explicaciones en su justa dimensión (no como la ocurrencia casual, o como fruto del azar, o como algo inalcanzable) y reconoceremos en ellas criterios de verdad y rango de validez(16).

En nuestra sociedad, como en todas las sociedades, es conveniente que la imagen que tenemos del mundo incluya su cognoscibilidad. No podemos continuar llenando el mundo que nos rodea con cajas negras de dudosa aplicación. Si, de por sí, estamos ante los ordenadores lógicos, la televisión, máquinas y artefactos de los cuales sólo conocemos los controles, no podemos convertir las pocas explicaciones accesibles en otras cajas negras: la fórmula que se aplica no se sabe por qué, la ley que se memoriza sin significado. Todos estamos en capacidad de elaborar explicaciones, de construir modelos de explicación, de suponer mecanismos, razones, teorías... Y todos debemos ser conscientes de la necesidad de poner a prueba tales especulaciones y a su vez de corregirlas. Todos debemos tener de-

recho a equivocarnos y, a su vez, tener la opción de corregir nuestras presunciones.

Actitudes ante el conocimiento y ante la ciencia

En cierta medida la ciencia es una búsqueda de explicaciones, no un conjunto de explicaciones. Si no fuese así, la ciencia sería en cada momento -y tendería a serlo definitivamente- algo estático, terminado y definitivo. Ahora bien, esa búsqueda de explicaciones está enmarcada en una actitud ante el mundo, una actitud ante el conocimiento y una actitud ante la actividad científica. Concebir la búsqueda de explicaciones como posible, es aceptar de antemano la cognoscibilidad de la naturaleza, es confiar en nuestra propia racionalidad para tal empresa y asumir una postura muy precisa frente al mundo que nos rodea y a la manera como interactuamos con él.

Cuando en la búsqueda de explicaciones hemos reconocido no solamente la dificultad para enunciar verbalmente lo que pensamos, sino que estamos comprometidos con ello, estamos caracterizando lo que es la actividad científica, lo que es la ciencia. Cuando en la actividad nos hemos equivocado una y muchas veces, pero apoyados en la discusión y argumentación, en el diseño de experiencias mentales y en la contrastación de asunciones hemos arribado a alguna meta, así sea elemental, estamos tipificando lo que es la ciencia(17). Pero para que esto se dé deben cumplirse respecto del alumno condiciones de pertinencia, de apropiación de su tarea (ver Segura, 1986).

Los contenidos

Este aspecto se convierte usualmente en el punto nodal del diseño de programas y aun del diseño curricular. Por razones que debe-

(16) Esta secuencia de actividades en las cuales participa conscientemente el estudiante en torno a proyectos de trabajos está descrita en un trabajo reciente realizado en la Escuela Pedagógica Experimental. (Ver Segura, 1985).

(17) Las características y conveniencias de este tipo de trabajo están descritas en un trabajo realizado por docentes de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas". (Ver Torres y Molina, 1986).

rían investigarse, y que indudablemente tienen que ver con la idea prevaleciente de lo que es la ciencia, se tiende a desplazar los contenidos de los niveles superiores a los más bajos. Es así como actualmente se encuentra en los planes de enseñanza media temáticas otra reservadas para estudios superiores y, a su vez, temas que en el bachillerato de una década atrás estaban incluidos, en las programaciones de primaria. Esta consideración nos plantea desde ahora serias dudas sobre lo que se está haciendo en la escuela real de hoy cuando nos preguntamos acerca de las capacidades de los maestros para enseñar lo que ahora tienen que enseñar cuando no ha existido una política clara de capacitación del magisterio. Para algunos, la capacitación se ha restringido a cursos de adiestramiento.

Si a las dudas planteadas añadimos los reclamos de educadores y los resultados de investigaciones recientes que se relacionan con lo que realmente aprenden los estudiantes, la situación es desconcertante. Al respecto vale la pena anotar como B. Cohen (Cohen, 1963) afirma: "Por extraño que parezca, las opiniones de la mayoría de las personas sobre el movimiento forman parte de un sistema de Física propuesto hace más de 2.000 años y cuya inexactitud se demostró hace no menos de 1.400 años... No quiero decir con esto que esa gente crea en realidad que la Tierra está en reposo; si se les pregunta, contestarán que 'saben', por supuesto, que nuestro planeta gira una vez por día alrededor de su eje y, al mismo tiempo, se mueve describiendo una gran órbita anual alrededor del Sol. Sin embargo, llegado el momento de explicar ciertos hechos físicos comunes, esas mismas personas son incapaces de decirnos cómo es posible que los fenómenos cotidianos puedan producirse, tal como los vemos sobre un planeta en movimiento" (p.13).

Pero, así mismo, existen investigaciones recientes que plantean el fracaso de la escuela para reemplazar los esquemas de explicación espontáneos por formas explicativas más elaboradas y próximas a los modelos formalizados de la ciencia (Dupre, 1985; Noce,

1982; Benavides, 1986; Zalamea, 1982; Segura, 1981; Gil Pérez, 1986). Gil Pérez, por ejemplo, anota: "Esta investigación, en primer lugar, ha puesto en evidencia la escasa efectividad de una enseñanza de las ciencias incapaz de lograr la comprensión de conceptos fundamentales y reiteradamente enseñados... y la investigación ha derivado así desde el estudio de los errores conceptuales a sus causas, con la constatación de que los alumnos poseen ideas intuitivas espontáneas -pre-conceptos, o más precisamente, verdaderos esquemas conceptuales- difícilmente desplazables por los conocimientos científicos enseñados en la escuela" (p.113).

A nuestra manera de ver y como conclusión derivada de los planteamientos anteriores, existen tres elementos fundamentales que se deben tener en cuenta en la selección de contenidos. En primer lugar la escuela debe procurar una formación al individuo que le permita vivir racionalmente en el mundo tecnológico de hoy (y de mañana). Este asunto, que está íntimamente ligado con el logro de confianza en la propia racionalidad, tiene que ver con la formación de una actitud científica y, a la par, con el logro de un cuerpo fundamental de conocimientos que le permita desde esta perspectiva aventurarse en explicaciones coherentes y racionales (desde la racionalidad de la ciencia) de la cotidianidad.

En segundo término, el cuerpo conceptual, los métodos de trabajo y su actitud ante el saber deberá servirle entre otras cosas para construir sobre él conocimientos y explicaciones más profundas y globalizantes en niveles superiores de escolaridad.

Finalmente, la formación en ciencia en la escuela deberá implicar actitudes de veracidad, tolerancia y respeto; y, a la vez, un ejercicio del lenguaje que enfatice en las formas de argumentación y de refutación. Ya lo anotábamos anteriormente, la clase de ciencias ofrece una oportunidad única para la formación en la disciplina de la polémica y la duda: sólo en ella es posible dirimir entre diferentes opciones (opiniones) mediante el discurso verbal y la prueba empírica.

REFERENCIAS

- BACHELARD, G. (1973). *El compromiso racionalista*. Siglo XXI, Buenos Aires.
- 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*, U.P.N.
- BLANCHE, R. (1973). *La Epistemología*. Oikos Tau, Barcelona.
- BRAUNSTEIN, V.; PASTERNAK, M. y otros (1978). *Psicología: ideología y ciencia*. Siglo XXI, Bogotá.
- BRONOWSKY, J. (1965). *Science and Human Values*. Harper & Row Torchbooks, New York.
- (1978). *El sentido común de la ciencia*. Península, Barcelona.
- BUTTERFIELD, H. (1957). *The origins of Modern Science*. Free Press Paperback, New York.
- COHEN, B. (1963). *El nacimiento de una nueva Física*. Eudeba (Ciencia Joven), Buenos Aires.
- DUPRE, F.; NOCE, G. y otra (1983). *Modelli pre-newtoniani nella conoscenza degli adulti*. Università "La Sapienza", Roma.
- ELKANA, Y. (1983). La ciencia como sistema cultural: una aproximación antropológica. *Boletín de la Sociedad colombiana de epistemología*, Vol. III (10-11), Bogotá.
- FEDERICCI, C. y otros (1984). Educación pública, ciencia y cultura. *Documentos de Educación y Cultura*, Bogotá.
- (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 Enseñanza Primaria. *Proyecto Colciencias 5-12-80*. Primera etapa.
- FEYMAN, R. (1985). Qué es la ciencia. *Naturaleza: educación y ciencia*, n° 3.
- GEYMONAT, L. (1985). *El pensamiento científico*. Eudeba, Buenos Aires.
- GIL PEREZ, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias, unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, n° 2.
- GIORDAN, A. (1982). *La Enseñanza de las Ciencias*. Siglo XXI, Madrid.
- GRANES, J. y BROMBERG, P. (1986). La divulgación científica: ¿un mito?. *Naturaleza: educación y ciencia*, n° 4.
- GUESNE, E. (1982). Ideas de los niños sobre la luz. *Curso internacional sobre la enseñanza de la Física*. Cali.
- HANSON, N. R. (1977). *Patrones de descubrimiento, observación y explicación*. Alianza Universidad, Madrid.
- KOSIK, K. (1967). *Dialéctica de lo concreto*. Grijalbo-Enlace, México.
- KOYRE, A. (1978). *Estudios de historia del pensamiento científico*. Siglo XXI, Bogotá.
- (1979). *Del mundo cerrado al universo infinito*. Siglo XXI, Bogotá.
- (1981). *Estudios Galileanos*. Siglo XXI, Bogotá.
- KUHN, T. (1974). *The structure of Science Revolution*. The University of Chicago Press, Chicago.
- NOCE, G. y VICENTINI, M. Investigation on the common sense Knowledge of adults: gravity and light *World Views of Science Education*. Oxford, IBM Pbl., New Delhi.
- PIAGET, J. (1973). *Psychology and Epistemology (towards a theory of knowledge)*. The Viking Press, New York.
- RUGGIERO, S.; VICENTINI, M. y otros (1983). *Schemi di rappresentazioni in ragazzi di 3 media*. Università "La Sapienza", Roma.
- SEGURA, D. (1981). El aprendizaje de la ciencia a nivel básico: continuidad o discontinuidad. *Naturaleza: educación y ciencia*, n° 0.
- (1985). La enseñanza-aprendizaje de las ciencias en el nivel de primer año de enseñanza media. *Informe del Proyecto de Investigación 97355-5-01-83, Colciencias*.
- (1986). La escuela de hoy. Problemas de pertinencia y compromiso: planteamiento desde las ciencias naturales. *Infancia (Revista latinoamericana del niño)*, Vol. 1, n° 3.
- (1986). Una alternativa para la enseñanza de las ciencias: la comprensión. *Naturaleza: educación y ciencia*, n° 4.
- STRAUSS, L. (1975). *El pensamiento salvaje*. Breviarios del Fondo de Cultura Económica, México.
- TORRES, M. y MOLINA, A. (1986). Alternativa para el mejoramiento de la educación primaria en la escuela pública desde el área de ciencias naturales. *Pedagogía -86*, La Habana, Cuba.

SUMMARY

After defining their conception of science as a search for explanations, as a process in which the rational activity underlies the empiric activity, the authors establish the aims they consider as basic in science teaching from the perspective of the need to achieve an attitude towards knowledge rather than knowledge itself: enlarging the pupils' daily experience, developing their taste for science and their self-confidence in the search for rational explanations. They also prove the failure of contents in the current science programmes and propose a deep revision of those contents in coherence with those aims.

RÉSUMÉ

Après avoir établi leur conception de la science comme une recherche des explications, comme un procès où l'activité rationnelle est à la base de l'activité empirique, les auteurs proposent les objectifs qu'ils considèrent comme basiques dans l'enseignement de la science -d'après la perspective de que, dans la classe de sciences, plutôt que des connaissances, il faut arriver à une certaine attitude vers la connaissance: il s'agit d'enrichir l'expérience quotidienne des élèves, de développer leur goût de la science et la confiance dans la recherche des explications rationnelles. Ils constatent aussi l'échec des contenus dans les actuels programmes de sciences et ils défendent la besoin de poser de nouveau la question des contenus d'une façon cohérente avec ces objectifs.