

UNA PREMISA PARA EL CAMBIO CONCEPTUAL: EL CAMBIO METODOLÓGICO

SEGURA, D.

Universidad Distrital. Escuela Pedagógica Experimental. Bogotá.

SUMMARY

This paper outlines some of the differences between preconceptual and Aristotelian methodology and relates the origin of precepts to the ordinary conception of Science underlying in textbooks and laboratory manuals. A classroom strategy aimed at changing the prevailing methodology and developing a new basis for conceptual reconstruction is put forward.

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 muestren 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 *antiperistasis* (Piaget 1975, p. 59) para explicar el movimiento de los proyectiles. Son además 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 tiempo» 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 homeostásis, (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 quizás 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 Aritóteles 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 estas consideraciones.

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 habían 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 al 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 tengan 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, 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 que 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 LA 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.
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 implica 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 exigente 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 ciencias 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 « $mc^2=E$, 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 aprenderla 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 tienen 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 (contrariando una de las características del pensamiento científico), el aprendizaje dentro de esta metodología puede darse por yuxtaposición, aprendiendo concepto tras concepto, como si se pudieran aprender independientemente, o retazos de teorías y no las teorías como totalidad, que es lo que permite 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 auto-consistente 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 el 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 el 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 (característica 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 con 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 planeadas 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 a 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 sobre 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 las prácticas 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 los 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 permite 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 vistos 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 circunscribe 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 compro-

metida 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 con 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 validadas científicamente) o en la imaginación de puntos de vista o en la capacidad crítica o, finalmente, en la habilidad para el manejo del idioma en polémicas y discusiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.*
- BROWNSKY, 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 la 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 Ed.: Madrid).
- HEMPEL, C., 1976. *Filosofía de la ciencia natural.* (Alianza Universidad Ed.: Madrid).
- KOYRE, A., 1978. *Estudios de historia del pensamiento científico.* (Segunda edición). (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 grupos 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.
- PIAGET, J., 1975. Introducción a la epistemología genética: 2. El pensamiento físico. Primera edición. (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.*
- SEGURA, D., 1981. La enseñanza de la ciencia a nivel básico: continuidad o discontinuidad. *Naturaleza*, 0, Bogotá.
- SEGURA, D., 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).
- SEGURA, D., 1986. Una alternativa para la enseñanza de la ciencia: la comprensión, *Naturaleza*, 4, Bogotá.
- SEGURA, D., 1988. La enseñanza de la ciencia en sexto grado de enseñanza básica. (Segunda Etapa). Proyecto de investigación. Informe de Avance n° 1. (Fondo Nacional de Investigaciones Científicas, Colciencias. Bogotá).
- SEGURA, D., 1991. El papel del experimento en la enseñanza de la ciencia, *Naturaleza*, 5, Bogotá. (En prensa).
- SEGURA, D. y MOLINA, A., 1988. Las ciencias naturales en la Escuela. *Reflexión Educativa- Cuadernos 7* (Ed. Cepecs: Bogotá).
- TOULMIN, S., 1960. *The philosophy of Science: an introduction.* (Harper Torchbooks: New York).
- ZALAMEA, E., 1983. Detección de dificultades en la enseñanza de la primera Ley de Newton. *Tesis de grado. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.*