



Los conceptos sobre ciencia y trabajo científico y sus implicaciones en la elaboración de los programas de ciencias naturales

Silvio F. Daza Rosales
José R. Arrieta Vergara*

Artículo recibido: 21-9-2004 y Aprobado: 28-09-2006

The concepts about science and its applications within the making of natural science programs

■ **Resumen:** El objeto de este trabajo es mostrar cómo los diversos conceptos teóricos relacionados con la enseñanza/aprendizaje que subyacen en los docentes sobre ciencia y trabajo científico tienen una relación con la elaboración de los programas de sus asignaturas, en especial en el caso de la licenciatura en didáctica de las ciencias que se imparte en las universidades colombianas, donde se perpetúan visiones deformadas de las ciencias que, asumidas acríticamente y transmitidas a los futuros docentes, mantienen una relación mecánica entre transmisión y asimilación y, por ende, del modelo de transmisión – recepción, que no ha dado respuesta al fracaso escolar generalizado de los alumnos. Igualmente, en el artículo se destaca la importancia de desarrollar el proceso de elaboración de programas desde el enfoque de resolución de problemas o de investigación dirigida, y se insiste en la necesidad de desarrollar planes de formación inicial y actualización científica y didáctica en este campo para la formación permanente del profesorado de ciencias, con el fin de tratar y promover su reflexión sobre estos aspectos, así como favorecer su planificación curricular y puesta en práctica en el aula.

■ **Abstract:** The object of this work is to show how the different conceptions related with the learning-teaching which are present in the teachers over the science and scientific work, have a relation with the elaboration of the programs his subjects, specially in the case of degree course of the science in the different Colombian's university, where exist reformatted visions of the sciences taking acridly and transmitted to the teachers futures, with predominant model of transmission-reception, which not easing a response to the generalize school desertion of the students. Similarly this article have an important significant in the elaboration of the programs looking about of the point of view of the problems resolutions or the dedicate research, and we are treating to develop plans of initial formation and scientific-didactic actualization in the field of the permanent formation of the science professorship, with the object of treating promote this reflection over this aspect and help his curricular planification and put in practice in the classroom.

Key words: model, programs, guides of activity of investigation, significant, learning.

Palabras clave: modelo, programas – guías de actividades, investigación, aprendizaje significativo.

* Docentes de la Universidad de la Paz, Barrancabermeja, Santander, Colombia. Miembros del colectivo de investigación educativa del Magdalena Medio (Ciemupaz). biosidaza@hotmail.com y rafael.arrieta@unipaz.edu.co





Introducción

Los métodos de enseñanza, el diseño de estructuras curriculares, los textos y materiales didácticos, la elaboración de programas y las prácticas dentro del aula se han inspirado –porque no puede ser de otra manera– en los conceptos científicos del profesorado de ciencias.

Si partimos de este supuesto preliminar, es lógico pensar que en la formación inicial y permanente de profesores de ciencias existe un verdadero sistema de creencias sobre su objeto de conocimientos y la naturaleza de los contenidos científicos que enseñan. (Quintanilla, 2003), donde coexisten de manera persistente e intuitiva significados tradicionales, dogmáticos, simples, poco elaborados e inestables, la mayor parte de las veces ambiguos, que condicionan e incluso determinan los procesos de enseñanza, evaluación y aprendizaje. Por consiguiente, la educación científica debe asumir una posición acorde con la naturaleza de las ciencias, que se debe adoptar en todos los contenidos y partir de la coherencia entre lo que se enseña y los rasgos básicos de las ciencias, de modo que no existan contradicciones evidentes entre ambos; esta coherencia se podría traducir al dar respuesta a las siguientes preguntas: ¿La ciencia que se enseña en las aulas es coherente o contradictoria con la naturaleza de las ciencias? ¿Qué naturaleza de ciencias se transmite cuando se enseñan ciencias? ¿La naturaleza de la ciencia enseñada se planifica intencionalmente? ¿La naturaleza de la ciencia transmitida es coherente con los hechos, conceptos y procedimientos científicos que se enseñan? ¿Las actividades y recursos de aprendizaje empleados en el aula son coherentes con

la naturaleza de la ciencia que se quiere enseñar? ¿El profesorado es consciente de la naturaleza de la ciencia que está transmitiendo a su alumnado? ¿Conoce el profesorado los diferentes paradigmas sobre la naturaleza de la ciencia?

Estos conceptos o creencias del profesorado se fundamentan implícitamente en dos hipótesis básicas: la primera, que su comprensión de la naturaleza de la ciencia guarda alguna relación con la de sus estudiantes y la imagen que éstos adquieren de las ciencias (Guilibert y Meloche, 1993), y que tales creencias influyen significativamente en sus formas de enseñar ciencia y en las decisiones que toman en el aula (Porlan y Rivero, 1998).

Estos conceptos de la naturaleza de la ciencia y de los métodos que le son propios –implícitos con frecuencia– caen fuera de la esfera de los esfuerzos conscientes del docente, que no los asocia como posible causa de los fracasos escolares de los alumnos, ni los tipos de aprendizajes que se promueven en éstos. (Moreno y Waldegg, 1998). Por esto es fundamental que los docentes tomen conciencia de sus convicciones sobre la naturaleza del conocimiento científico, sobre como éste se genera, sobre la relación entre el conocimiento y la realidad y entre las distintas manifestaciones del saber científico, de modo que pueda emplear de manera explícita estas ideas en el desarrollo de su acción didáctica.

El objeto de este trabajo es mostrar cómo tales conceptos implícitos de los docentes sobre ciencia y trabajo científico están relacionados con la elaboración de los programas de sus asignaturas, en particular de los de la licenciatura





en didáctica de las ciencias naturales que se imparte en las universidades colombianas, perpetuando así visiones deformadas de las ciencias que luego se asumen acríticamente y se transmiten a los futuros docentes. Como ha señalado Rebollo (1998), en los estudios científicos universitarios no se suele dar la debida importancia a que los futuros profesores de ciencia reflexionen sobre la naturaleza de las ciencias (Corena y Daza, 1999; Manassero y Vásquez, 2000). Se insiste en la urgente necesidad de su incorporación a los planes de formación inicial y actualización científica y didáctica para la formación permanente del profesorado de ciencia, con el fin de tratar y promover su reflexión sobre estos aspectos y favorecer su planificación curricular y puesta en práctica en el aula.

Por tanto, es necesario elaborar una propuesta de enseñanza/aprendizaje, que organice la construcción del conocimiento como una investigación orientada, que considere la participación activa de los alumnos porque desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más sobre la naturaleza de las ciencias (Hodson, 1992).

Con el propósito de asegurar que los futuros formadores tengan éxito en el aprendizaje sobre la naturaleza de la ciencia, se requiere convertir lo implícito en explícito. Para esto se debe planificar conforme a un modelo científico que sea válido epistemológicamente: no uno basado en el inductivismo, ni el que contemple la ciencia como una serie algorítmica de procesos discretos, sino un modelo de la ciencia que, como mínimo, reconozca la falibilidad y la dependencia teórica de la observación y del

experimento, que aporte conciencia de cómo se transmiten estos conocimientos dentro de la comunidad científica, y que admita que la ciencia está influida por consideraciones socioeconómicas, culturales, políticas, éticas y morales.

Modelos de los profesores y su acción en el aula

Un modelo de enseñanza es algo más que un conjunto de elementos yuxtapuestos e intercambiables; constituye una estructura dotada de una cierta coherencia y cada uno de sus elementos está apoyado por los restantes (Gil y Pessoa de Carvalho, 2000). Esto se observa en el quehacer cotidiano de los profesores cuando desarrollan los objetivos que plantea la enseñanza de las ciencias en cada nivel, seleccionan contenidos, programan actividades con los estudiantes, preparan materiales y recursos para utilizar en el aula, toman decisiones sobre qué enseñar y cómo hacerlo. Tales estrategias responden a un modelo didáctico que suele ser implícito, como en el caso del modelo transmisión-recepción, porque es en el que ellos han sido educados el único que conocen y en el que se sienten seguros (Gómez y Sanmartí, 1996).

Estos conceptos implícitos que tienen los profesores acerca del qué enseñar y cómo enseñar se soportan (en forma no consciente) en su pensamiento sobre la ciencia y el trabajo científico; además condicionan aspectos curriculares y, dentro de ellos, muchos de los conocimientos que se dan en el aula.

En cada modelo de enseñanza existe un concepto de ciencia con sus propias leyes para mostrar una interpretación de la realidad. El análisis del desarrollo





de los modelos puede ayudar a los profesores de las ciencias a explicitar los puntos de vista sobre la construcción del conocimiento.

El profesor llega también con sus propios saberes, compuestos por una serie de informaciones personales de lo que aprendió en su formación profesional, de creencias gracias al diálogo o a los medios de comunicación, y de recuerdos de lo que dijeron e hicieron sus propios maestros.

Estos saberes, ideas o conceptos previos son el producto de las explicaciones que las personas construyen en la vida cotidiana, no académica, para explicarse los problemas que les surgen en su interacción con el mundo objetivo, social y subjetivo; se transmiten y se reconstruyen socialmente por canales paralelos a la escuela, como la vida familiar, la vida comunitaria y las actividades propias de los grupos de edad; en cualquier caso, para cada persona sus modelos mentales son esos y no otros, son los suyos y por tanto apreciados, defendidos y resistentes al cambio. A partir de ellos las personas comprenden sus mundos y orientan su acción en él (Vasco, s.f.).

Concepto de conocimiento científico y la forma de enseñar

La idea de cómo se genera el conocimiento científico, a través de diferentes épocas, ha tenido generalmente una correspondencia con una determinada manera de entender cómo aprenden las personas; de las consideraciones de ambas variables se han deducido unas estrategias o modos de enseñar (Gil, 1983). A la luz de estas relaciones se han analizado diversos modelos de enseñanza/aprendizaje que el profesorado

sigue en el aula, de cuyas bases epistemológicas y psicológicas no siempre son conscientes.

La ciencia se puede presentar a los alumnos(as) como un conjunto de contenidos cerrado o definitivo, o puede transmitirse como una materia en continuo proceso de elaboración, que se genera en la medida en que trata de dar respuesta a los problemas científicos que la humanidad se plantea sucesivamente (Nieda y Macedo, 2002). Se puede concebir la ciencia como una materia de conocimiento acumulativo que crece de manera “vertical”, donde cada científico agrega un piso más a los ya consolidados, o puede entenderse como un crecimiento basado en sucesivas rectificaciones, resultado de la superación de múltiples obstáculos y de rupturas paradigmáticas.

Así mismo, puede argumentarse que el conocimiento científico es una construcción personal, producto del seguimiento de unas reglas perfectamente ordenadas que configuran un llamado “método científico”, o propiciar la comprensión de la ciencia como una construcción social e histórica, condicionada por el pensamiento dominante de la época, que a menudo se ha generado de manera diversa, sin responder a las pautas fijas de un supuesto método universal. Además, puede comunicarse a los estudiantes que la ciencia procesa verdades objetivas, indiscutibles, neutras, o bien que en su desarrollo influye en gran medida en el contexto social y particular, por lo que contendrá abundantes componentes subjetivos, interesados y, por tanto, no siempre neutros. Podrá transmitirse, en definitiva, como un conjunto de conocimientos



al margen de los sistemas de valores, o claramente involucrados y contaminados por ellos. Existe una relación entre la imagen de ciencia que se ha proporcionado por medio de la enseñanza, y el concepto filosófico de cómo se genera el conocimiento, aunque ambos aspectos, educativo y epistemológico, no siempre coincidan en el tiempo. Se describen sucintamente, a continuación, algunos de los conceptos sobre la ciencia que han tenido mayor incidencia en los aspectos educativos y científico y que Hodson (1993) resume en cuatro posturas filosóficas: inductivista (que prioriza la observación), verificacionista (que sostiene que los experimentos se utilizan para verificar o “probar” las teorías), hipotético-deductiva (que prioriza la teoría y pone énfasis en la falsación) y contextualista (que sostiene que no existe un método científico, sino que los científicos emplean cualquier estrategia investigativa que consideren apropiada para las circunstancias).

Concepto empirista- inductivista

Los empiristas Bacon, Hume y Locke establecen que la verdad existe y se puede hallar a través de los experimentos (Mellado y Carrecedo, 1993). Suponen que la experiencia es la fuente fundamental del conocimiento científico y que todo proceso debe comenzar con la observación; además establecen un método científico, inductivo y riguroso, apoyado en datos experimentales. Por consiguiente, la ciencia se basa en lo que se puede ver, oír y tocar; las imaginaciones especulativas no tienen cabida en la ciencia; el conocimiento científico es fiable porque es un conocimiento objetivamente aprobado.

Chalmers (1982) llama inductivistas ingenuos a quienes suponen que la ciencia comienza con la observación y se va construyendo mediante la inducción, proporcionando una base segura a partir de la cual se deriva el conocimiento.

En varias investigaciones sobre observaciones realizadas con personas de diferentes culturas, y con distintos puntos de vista o de formación, se muestra que la observación no es hecho puro y que el punto de vista personal y las experiencias previas condicionan en gran medida lo que se ve: es decir, la observación depende de la teoría. La ciencia, pues, no comienza con la observación como sostienen los inductivistas, porque siempre está precedida por la teoría y, además, las observaciones no constituyen una base firme en la que descansa el conocimiento científico porque son falibles. Eso no significa que hacer observaciones no sea importante, pero es exagerado el papel que se les atribuye en la formación del conocimiento.

Para una ciencia de carácter inductivista, la observación y la experimentación cumplen un papel preponderante en la generación del conocimiento científico. Tanto la observación como la experimentación están desprovistas de toda influencia social y las interpretaciones provenientes de los resultados tienen carácter ateorico, apblemático y ahistórico. Los nuevos conocimientos se plantean de manera acumulativa y lineal y se generan en forma descontextualizada y neutra. El conocimiento se genera gracias a la aplicación de un método universal y ahistórico de ciencia llamado “método científico” (Gil, 1996, y Barrios, 1997).





Este concepto empirista-inductivista de la ciencia se relaciona con la metodología de enseñanza de transmisión-recepción del conocimiento científico. Un concepto estático de ciencia que considera un conjunto de verdades definitivas e inamovibles, establecido de una vez y para siempre, que se apoya en la transmisión de conceptos y leyes como producto final. En dicha metodología el docente es el principal actor y el alumno un mero receptor de conocimiento. Se apoya en el trabajo en función de la memoria mecánica de los alumnos, que se ejercita a través de la realización de experimentos para comprobar y el dictado de programas disciplinares, enciclopédicos y descriptivos. En consecuencia, el conocimiento es un producto inolvidable de ciertos elegidos y la ciencia se traduce en un cuerpo de conocimientos para pocos (Martín et al., 2000). Este es el concepto de ciencias con mayor difusión o aceptación entre la sociedad, en general, y entre diferentes profesionales, en particular, entre los que al parecer se encuentran mayoritariamente el profesorado y el mundo científico

Ni la estrategia de enseñanza por transmisión verbal ni la enseñanza por descubrimiento lograron superar la dificultad en la adquisición de conocimientos científicos por parte de los alumnos; Giordán y De Vecchi (1995) resumen adecuadamente las líneas esenciales de este balance negativo: “La enseñanza de las ciencias, tal como se practica actualmente, no da los resultados que cabría esperar. Las evaluaciones efectuadas desde hace más de 20 años lo evidencian claramente. Lo que se enseña se olvida al cabo de pocas semanas. En

la universidad se tropieza con las mismas dificultades que en el centro de preescolar.

Esto hace que la enseñanza aparte a los jóvenes de las ciencias al no responder a sus interrogantes y al tratar los problemas en forma abstracta, lo que provoca aburrimiento y desinterés; en ellos la capacidad de formular preguntas va disminuyendo a lo largo de la escolaridad y, lo que es más grave, la enseñanza científica y tecnológica contribuye en gran medida a generar la exclusión.

El racionalismo (Descartes y Kant)

Los racionalistas destacan la importancia que la razón y los conceptos creados por la mente tienen en el proceso de formación y fundamentación del conocimiento científico. Establecen que todo conocimiento científico tiene su origen en la experiencia de los sentidos, pero debe, sin embargo, ser encuadrado en estructuras mentales trascendentes para convertirse en científico (Gómez y Sanmartí, 1996). Este modelo presenta a la ciencia como un conjunto de conocimientos racionalmente válidos para explorar y describir la realidad, con su propio método para descubrirlos y apoyarlos. Representa un saber bien fundamentado, y da una imagen de racionalidad indiscutible que rechaza la explicación de los fenómenos en que intervienen fuerzas o entidades que escapan a la experimentación porque contradicen las reglas propias. Afirman que la razón es la fuente última de conocimiento, razón por la cual hay que enseñar a los estudiantes a utilizar la lógica y el razonamiento abstracto, lo que permite desarrollar el pensamiento formal.



Concepto contemporáneo

Popper, Lakatos, Laudan, Toulmin y Kuhn consideran que el conocimiento científico se construye en un contexto generalmente social, teniendo en cuenta el conocimiento existente, y por actos creativos donde las teorías preceden a la observación. Todas las teorías científicas tienen temporalmente una coherencia interna, y se corresponden con un cierto cuerpo de coherencia (Mellado y Carracedo 1993). Esto se refleja cuando el estudiante construye en forma activa su propio conocimiento en contextos sociales, partiendo de sus conocimientos anteriores. Traduce una idea de ciencia como cuerpo de conocimiento en evolución, como proceso, como actitud del sujeto y como producto social del hombre, metodología que se basa en la construcción del aprendizaje; los protagonistas del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias son los docentes, los alumnos y el objeto del conocimiento. Se revalorizan las dimensiones del contenido y se pretende conseguir un aprendizaje significativo en el alumno, entendiéndose como tal aquel que logra una diferenciación y reconciliación integradora de los nuevos conceptos de las estructuras cognitivas que ya poseen los alumnos. Apunta a trabajar en función de la creación de opciones para alumnos y docentes a través de situaciones problemáticas que logran un cambio conceptual, procedimental y actitudinal. Esta postura, que se basa en la construcción del conocimiento por parte de los futuros formadores, se enfoca en lograr una ciencia para el ciudadano, una ciencia que facilite la formación de una conciencia científica que lo habilite para una inserción positiva y

constructiva en la sociedad, y así salirles al paso a los conceptos que deforman la actividad científica y la ciencia misma como forma del conocimiento. Sin embargo, hay visiones muy arraigadas entre los profesores que son verdaderos obstáculos (Gil, 1997). Estos obstáculos son las principales deformaciones, que expresan una imagen ingenua de la ciencia, profundamente alejada de lo que se supone es la construcción de los conocimientos científicos; se muestra una visión descontextualizada, empiro-inductivista y ateorica; rígida, algorítmica e infalible, aproblemática y ahistórica, y una ciencia como saber exacto y acumulativo y de crecimiento lineal (Gil et al., 2002).

Cada una de estas concepciones implícitas o explícitas constituye una visión global, un esquema conceptual, relativamente integrado en los docentes y futuros docentes, constituyéndose en barreras para cambiar lo que habitualmente hacen los profesores en clase (la simple transmisión de conocimientos ya elaborados), sin transformar sus conceptos epistemológicos y sus visiones sobre la ciencia.

Concepto de ciencia y la selección y organización de contenidos académicos

Los supuestos implícitos de la ciencia y trabajo científico desempeñan un papel fundamental en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, específicamente en el cómo enseñar. Pero también estos supuestos influyen en el qué enseñar, es decir, en la elaboración y organización de los contenidos -Pozo y Crespo (1998), Porlan (1993) y Tamayo (1999), en tanto que los resul-





tados parciales obtenidos en los cursos de formación de profesores en ejercicio y en formación inicial en Unipaz (2003) muestran diversos conceptos, como los siguientes:

Enfoque tradicional

El único criterio al que se acude para determinar qué contenidos son relevantes y cómo hay que organizarlos es el conocimiento disciplinar. En este enfoque, los currículos para la educación secundaria- y con ellos los materiales y las actividades didácticas- emulan en lo posible el formato de la enseñanza de esas mismas materias en la universidad: se trata de enseñar aquello que se aprendió y tal como se aprendió. Un currículo será mejor cuanto más científico sea, es decir, cuanto más académico resulte. La eliminación de contenidos disciplinares se considera una reducción de la propia educación científica. Los conocimientos suelen presentarse como saberes acabados que muestran en los alumnos una visión estática y absoluta del saber científico; las teorías ya superadas o no se enseñan o se presentan como saberes abandonados, conocimientos marchitos que ya no son científicos y, por tanto, no es necesario aprenderlos. Por consiguiente, la elaboración de un temario de contenidos se basa exclusivamente en los productos de las disciplinas (datos, conceptos y teorías) y se secuencian, atendiendo a su estructura formal, como elementos curriculares básicos que condicionan todo lo demás (objetivo, metodología y evaluación), olvidándose de que los contenidos son aquellas partes de los productos disciplinares que todos los alumnos deben aprender. Los conceptos de los alumnos, los puntos

de vista no científicos, o la información proveniente del trabajo directo de la realidad, no son relevantes cuando se elaboran los programas.

El enfoque por descubrimiento

La mejor manera en que los alumnos aprenden ciencia es haciendo ciencia, y su enseñanza debe hacerse con experiencias que les permitan investigar y reconstruir los principales descubrimientos científicos. Por tanto, los criterios para seleccionar y organizar los contenidos siguen siendo exclusivamente disciplinares, si bien en este caso tales conocimientos no constituyen saberes estáticos ya acabados, sino problemas a los cuales enfrentarse en busca de una solución. El currículo se organiza en torno a preguntas más que a respuestas. Por ello cabe pensar que la propia historia de las ciencias debe desempeñar un papel clave en la organización y secuenciación de los contenidos. Se trata de aplicar ciertos experimentos esenciales y de situar al alumno en el papel del científico.

Sin embargo, Ausubel, Novak y Hanesian (1978) destacan dificultades esenciales de aprendizaje y enseñanza en este enfoque, como asumir la compatibilidad básica entre la mente de los alumnos y la de los científicos, pues se cree que éstos pueden aprender y actuar en múltiples contextos como pequeños científicos. Esto se relaciona con que ciertas reglas formales de pensamiento, vagamente definidas como el método científico, conducen al descubrimiento de las reglas y leyes que rigen el funcionamiento de la naturaleza. Este inductivismo ingenuo no se ajusta a los modelos desarrollados desde la propia





epistemología de las ciencias, que resalta cada vez más la importancia de los modelos y las teorías como guía de la investigación científica.

En éste se asume que los procesos de ciencia se convierten automáticamente en procedimientos para su aprendizaje y actividades de enseñanza, confundiendo la naturaleza y función social de los contextos de investigación científica con los contextos educativos.

Otro de los problemas de este enfoque es que los alumnos son los propios productores del conocimiento. Así la labor del profesor carece de sentido. Si los alumnos deben descubrir el conocimiento por sí mismos, ¿cuál es la labor del profesor? En el mejor de los casos puede ser un facilitador, pero con frecuencia puede convertirse en un obstaculizador si pretende ser directivo de este enfoque, en el que el profesor y la labor educativa se desenfocan, perdiendo buena parte de su función social, cual es transmitir la cultura a los futuros ciudadanos.

Enfoque expositivo

Se basa en la comprensión o en el aprendizaje significativo, donde no hay que recurrir tanto al descubrimiento como a mejorar la eficacia de la exposición, es decir, transmitir cuerpos de conocimientos creados de una manera inteligible, basados en una fuerte organización disciplinar y apoyados sobre todo en una enseñanza expositiva que atienda también, como punto de partida, algunos rasgos del aprendizaje de los alumnos para llevarles finalmente el único saber posible: la estructura lógica de la disciplina.

Considera no sólo la lógica de la disciplina sino también la lógica de los alum-

nos, y busca que éstos asuman como propios los significados científicos. La estrategia debe estar dirigida hacia un acercamiento progresivo de las ideas de los alumnos a los conceptos científicos, que constituyen el núcleo de los currículos de ciencia. Por tanto, la meta de la educación científica es trasladar a los alumnos esos cuerpos organizados del conocimiento que constituyen las disciplinas científicas.

El criterio básico para organizar los contenidos es la propia estructura conceptual de la disciplina. El currículo debe proceder de lo general a lo específico, es decir, partir de nociones generales para luego proceder a su diferenciación, en vez de partir de conceptos más específicos, pretendiendo su reconciliación integradora a una noción más incluyente. Cada contenido conceptual debe apoyarse y relacionarse explícitamente con los contenidos anteriores. La organización explícita de los contenidos en forma de una estructura jerárquica es necesaria para evitar una disgregación de los mismos o para impedir la acumulación en forma de compartimientos aislados.

Enfoque mediante el conflicto cognitivo

Partir de los conceptos alternativos de los alumnos para confrontarlos con situaciones conflictivas; el cambio conceptual se entiende como la sustitución de una teoría por otras más consistentes, esto es, más próximas al conocimiento científico; por consiguiente, la meta fundamental de la educación científica será cambiar esas ideas de los alumnos y sustituirlas por el conocimiento científico. Es hacer que el alumno perciba los límites de sus propias concepciones





alternativas y, en esa medida, se sienta insatisfecho con ellas y dispuesto a adoptar otras más potentes o convincentes.

Los defensores de este enfoque no suelen ser demasiado explícitos sobre los criterios que establecen para organizar los contenidos en el currículo de ciencias. Más allá de estar dirigido al cambio conceptual, debe abordar una organización igualmente conceptual. Son los núcleos conceptuales de la ciencia los que constituyen el eje del currículo. Los contenidos procedimentales y actitudinales no desempeñan ningún papel en la organización del currículo, por lo que esta propuesta no difiere mucho de los criterios planteados por la enseñanza tradicional y la enseñanza expositiva, la mayor parte del desarrollo instruccional de este enfoque se ha dirigido más bien a combatir cada una de las concepciones alternativas identificadas en los alumnos, sin establecer criterios jerárquicos entre ellas.

Se comprobó que ciertos conceptos alternativos eran resistentes a la instrucción, incluso cuando ésta se orientaba explícitamente a producir el cambio conceptual (Gil et al., 1991).

Esta reiterada confrontación de las ideas de los alumnos puede producirles lógicas inhibiciones.

Dicha construcción nunca se plantea para cuestionar ideas, para provocar cambios conceptuales, sino para resolver problemas de interés, que se abordan a partir de los conocimientos que se poseen y de nuevas ideas que se construyen a título tentativo. El cambio conceptual –como sostiene Gil, 1993– para que sea efectivo debe acompañarse de un cambio metodológico y actitudinal; por esto

se hace necesario situar al alumno en un contexto de investigación dirigida.

Enfoque investigación dirigida

Para lograr cambios profundos en la mente de los alumnos, no sólo conceptuales sino también metodológicos y actitudinales, es preciso situarlos en un contexto de actividad similar al que vive un científico (Gil et al., 2002). La metáfora que considera a los alumnos investigadores noveles proporciona una mejor apreciación de la situación de aprendizaje. Es bien sabido que cuando alguien se incorpora a un equipo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo. Y ello no sucede a través de la transmisión verbal, sino abordando problemas en los que sean expertos quienes actúan de directores/formadores.

La propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos responde a la de una investigación orientada a conseguir resultados parciales, embrionarios, obtenidos por la “comunidad científica”. No se trata, pues, de “engañar” a los alumnos, de hacerles creer que los conocimientos se construyen con la aparente facilidad con que ellos los adquieren (Gil, 2002), sino de ponerlos en una situación por la que los científicos pasan habitualmente durante su formación, y en la que podrán familiarizarse con lo que es el trabajo científico y sus resultados, reproduciendo para ello investigaciones ya realizadas por otros y abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo.

Lo que se conoce como planteamiento constructivista del aprendizaje de las





ciencias responde a las características de una investigación orientada, un trabajo en el que se cotejan constantemente los resultados de los equipos y se cuenta con la valiosa retroalimentación y ayuda de un “experto” (el profesor).

El eje sobre el que se articula el currículo de ciencias es la resolución de problemas a partir del análisis del conocimiento disciplinar. Dado que la investigación científica se realiza siempre en el marco de disciplinas específicas, donde se delimitan los problemas relevantes, otro tanto debe suceder con la enseñanza de la ciencia, que debe basarse en problemas de contexto, generados desde el conocimiento disciplinar; por tanto, el currículo se debería organizar, no tanto en torno a los conceptos específicos de la ciencia, sino alrededor de las estructuras del sujeto y del medio que dan sentido a esos conceptos.

Este hilo conductor, que actuaría como un eje estructurador del currículo, se traduce en una secuencia de contenidos disciplinariamente organizados, cuya secuenciación cumple un papel importante en la historia de la ciencia, ya que se supone que el aprendizaje de esos contenidos debe ser isomórfico al propio proceso de construcción científica de dichos contenidos.

La promoción del aprendizaje con comprensión y del desarrollo simultáneo de destrezas de alto nivel intelectual en los alumnos universitarios requiere una forma de enseñanza que sea coherente con dicho propósito. Busca favorecer simultáneamente la evolución conceptual y la epistemológica, así como la implicación personal de los alumnos. Así, como señalaba Bachelard, “todo conocimiento es la respuesta a un problema”.

Es posible que dicha forma de enseñar sea también eficaz en otros campos del conocimiento.

La idea de que el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias se desarrollen como un proceso de (re)construcción de conocimientos, en un contexto que se inspire en la investigación, significa que en todos los niveles la educación científica debe basarse en la metodología de la investigación como forma de favorecer tanto una actividad significativa, en torno a problemas susceptibles de interesar a los estudiantes, como en su progresiva autonomía de juicio y capacidad de participación en tareas colectivas (Osborne y Wittrok, 1983; Duschl, 1995; Gil et al., 1999).

El contexto hipotético deductivo característico de una investigación suministra oportunidades idóneas para un aprendizaje profundo (Pozo, 1989) al obligar a plantear problemas y discutir su relevancia, tomar decisiones que permitan avanzar, formular ideas de manera tentativa, ponerlas a prueba dentro de una estructura lógica general, obtener evidencias para apoyar las conclusiones, utilizando los criterios de coherencia y universalidad, todo ello en un ambiente de trabajo colectivo y de implicación personal en la tarea.

Para que esa tarea pueda llevarse a cabo, la planificación de un curso y de los temas para desarrollarlos en él no puede responder simplemente a la lógica que expresa un orden predeterminado –¿Qué objetivo deben lograr los estudiantes? ¿Qué contenidos impartir? ¿Cómo ha de ser el examen para constatar el aprendizaje logrado?–, sino que obliga a formularse preguntas tales como las siguientes: ¿Cómo problematizar el curso





y cada uno de los temas incluidos, para favorecer el aprendizaje con sentido? ¿Cómo evaluar para impulsar y orientar dicho aprendizaje?

Por tanto, para organizar la estructura de los temas y los cursos, es necesario identificar algunos de los problemas que están en el origen de las teorías que queremos que pasen a formar parte de los conocimientos de nuestros alumnos, discutir la relevancia de los mismos y planificar una estrategia que permita avanzar en la solución de los problemas planteados, en un ambiente hipotético deductivo que suministre oportunidades para la apropiación de la epistemología científica. Por consiguiente, el análisis está guiado por preguntas como: ¿Qué problemas están en el origen de las teorías que deseamos que pasen a formar parte de nuestros alumnos? ¿Cuáles fueron los obstáculos más importantes que hubo que superar para avanzar en la solución de los problemas planteados? ¿Qué ideas y razonamientos pueden tener los alumnos sobre los aspectos anteriores que puedan suponer obstáculos para el aprendizaje y que, por tanto, deban tomarse en consideración? ¿Qué plan concreto de investigación –secuenciación– conviene proponer a los estudiantes para avanzar en la solución de los problemas iniciales?

En definitiva, el diseño de una estructura del curso que permita a los estudiantes, con el apoyo del profesor, enfrentarse a situaciones problemáticas de interés, poniendo en juego buena parte de los procesos de producción y validación de los conocimientos científicos, estará enmarcado (Martínez et al., 2003) en la siguiente estructura:

- Plantear, al comienzo del curso, situaciones problemáticas que, inspirándose en las que están en el origen de los conocimientos implicados, sirvan de punto de partida para el trabajo de los estudiantes. Por supuesto, debe prestarse especial atención a la apropiación de los problemas por parte de los alumnos y a que tomen conciencia, como condición necesaria para el desarrollo de las tareas.
- Diseñar la secuenciación de los temas del curso con una lógica problematizada, es decir, como una posible estrategia para avanzar en la solución a las grandes preguntas iniciales. Esto dará lugar a un hilo conductor en el que cada tema se convierta en un problema más concreto, cuya solución permita avanzar en el problema inicial y, al mismo tiempo, pueda generar nuevos problemas, incrementándose así la relación entre los distintos temas.
- Organizar el índice de cada uno de los temas/problemas, de modo que responda igualmente a una posible estrategia para avanzar en su solución, es decir, a un “plan de investigación” diseñado por el profesor (o, mejor, por el equipo de profesores). En este sentido, la estructura o secuencia de apartados del tema debe estar ligada intencional y lógicamente a la problematización inicial. La estructura de los temas no está guiada, por tanto, como es habitual, por los conceptos fundamentales, sino por un intento de avanzar en problemas básicos. De este modo, los conceptos se introducen funcionalmente como parte del proceso de tratamiento de los problemas planteados y de unificación





de campos inicialmente inconexos. Si el conocimiento es científico, es fruto de un intento de responder las preguntas.

- Introducir los conceptos y modelos como tentativas, como hipótesis fundadas, que deben ponerse a prueba en situaciones de laboratorio o en el planteamiento de soluciones problemáticas abiertas concretas, que requieren una modelización, basadas en los mismos (contexto de resolución de problemas, incluyendo la toma de decisiones en situaciones de interés social), como a través del establecimiento de su coherencia con la globalidad de los conocimientos ya establecidos por investigaciones precedentes. La realización de ejercicios y de los trabajos prácticos, así como la resolución de problemas, se integran con sentido, junto a la introducción de conceptos relacionados dentro de la estructura de investigación (Gil et al., 1999).
- Realización de recapitulaciones periódicas (recapitulaciones problematizadas) sobre lo que se ha avanzado en la solución del problema planteado, los obstáculos superados y lo que queda por hacer, prestando así especial atención a la regulación y orientación de los alumnos en el desarrollo de la investigación.
- Explicitar las ideas propias y confrontarlas con las de otros autores, en un proceso hipotético deductivo, rico en episodios de argumentación y justificación valiosos para el aprendizaje de conocimientos científicos.

Se pretende así, en definitiva, crear un ambiente que favorezca simultáneamente la implicación afectiva y la racionalidad

científica de todos los implicados (profesor y alumno) en la resolución de los problemas. Por supuesto, ello exige una cuidadosa planificación de las tareas con el profesor, a través de programas de investigación (programas de actividades debidamente secuenciados), y hacer que el alumno tenga tiempo en el aula para que piense, argumente y refute.

Conclusiones

- La formación del profesorado no puede concebirse como el resultado de una acción externa, como algo que es proporcionado, ni considerarse la simple suma de la preparación científica y psicopedagógica; por consiguiente, se debe concebir la formación del profesorado como un profundo cambio didáctico (conceptual, metodológico y actitudinal).
- Organizar el currículo, a partir de situaciones problemáticas, que responda a necesidades sociales, donde estén implicados valores que sean objeto de debate y que tengan interés para la vida personal y comunitaria.
- Tener presente el interés por adquirir valores y actitudes adecuadas para el avance científico. Aprender a valorar la ciencia con sus aportes y limitaciones, siendo consciente de su evolución, frente a la cual deben adoptarse posturas críticas muchas veces.
- Superar los modelos de enseñanza de transmisión-recepción de tipo expositivo y el de descubrimiento inductivo, las alternativas reduccionistas de los de cambio conceptual y las que defienden la sustitución drástica de las concepciones alternativas propias del pensamiento





cotidiano. En consecuencia, hay que realizar propuestas didácticas para potenciar el aprendizaje por investigación de situaciones problemáticas abiertas; tener en cuenta los conceptos alternativos de los futuros formadores para analizar las situaciones en las que son pertinentes y presentar otros más científicos que los amplíen o reorganicen, procurando que los comparen y los utilicen en los contextos apropiados; propiciar el uso de procedimientos del trabajo científico, enseñando estrategias de razonamiento y técnicas variadas; hacer especial hincapié en la enseñanza-aprendizaje de actitudes personales y hacia la ciencia, coherentes con las consideraciones actuales.

- Incidir en el desarrollo de los procesos metacognitivos, provocando en los futuros formadores continuas reflexiones sobre la ciencia y su for-

ma de abordar las tareas, la evolución de sus concepciones alternativas y las decisiones que toman para que sean más conscientes de sus procesos de razonamiento y puedan extrapolarlos a situaciones nuevas.

- Evaluar el mayor número de aspectos de las actividades, con el fin de disminuir el efecto de algunas de ellas sobre el proceso, ya que como son condicionantes se deben tener en cuenta en la evaluación del aprendizaje; se debe utilizar para la evaluación el mismo tipo de actividades que se han realizado durante el aprendizaje, e incluso aprovechar algunas de ellas para aportar datos importantes a los futuros profesores; se deben tener en cuenta en la reflexión sobre los avances, así como sobre las dificultades encontradas, las formas de superarlas y el diseño de mecanismos de ayuda en el proceso de enseñanza/aprendizaje. ▲

Bibliografía

- Ausubel, D. Novak, J. y Hanesian, H. (1978). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Bachelard, G. (1973). *Epistemología*. Barcelona: Anagrama.
- Barrios, A. (1997). Reflexiones epistemológicas y metodológicas en la enseñanza de las ciencias para todos. Boletín 44, proyecto principal de educación, Uruguay, 24-30.
- Chalmers, A.F. (1982.) *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI Editores.
- Corena, J. y Daza, S. (1999). El papel del video en la superación del pensamiento espontáneo. *Revista Docencia Universitaria*. 1 (2), 47-67.
- Duschl, R. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante cambio conceptual. *Enseñanza de la ciencia*, 13 (1), 3-14.
- Gil, D. (2002). Propuestas alternativas para la introducción de los conceptos científicos: del aprendizaje como cambio conceptual al aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias y las matemáticas, Organización de los estados iberoamericanos*, (OEL), 1-11.
- _____; Guisasola, J.; Moreno, A.; Cachapuz, A.; Pessoa de Carvalho, A.; Torregrosa, J.; Salinas, J.; Valdez, P., González, E.; Gene, A.; Dumas-Carre,





- A.; Tricarico, H.; Gallego, R. et al. (2002). Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11, 557 - 571.
- (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias, *Enseñanza de las Ciencias*. 1 (1), 26-33.
- (1997). Las concepciones docentes espontáneas sobre ciencia como obstáculo para la renovación de la enseñanza de las ciencias. En: H. Ospina y L. López (comp). *Pedagogías constructivistas, pedagogía activa y desarrollo humano*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio, 337-370.
- et al. (1999) ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de concepto, resolución de lápiz y papel y práctica de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 311-320.
- y Pessoa de Carvalho, A. (2000). Dificultades para la incorporación a la enseñanza de los hallazgos de la investigación e innovación en didáctica de las ciencias. *Educación en Química*. 11 (2), 244-251.
- (1993). Psicología educativa y didáctica de la ciencia. Los procesos de enseñanza-aprendizaje como lugar de encuentro. *Infancia y Aprendizaje*, s.n., s.l., 62-63; 171-186.
- ; Martínez-Torregrosa, J. y Verdu, R. (1999). La evaluación en una enseñanza de la física como construcción de conocimiento. *Aspectos didácticos de física y química* (física), 8, ICE de la Universidad de Zaragoza.
- ; Carrascosa, J. y Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori, 232.
- (1996). Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico. *Investigación de la Escuela*, 30.
- y Gene, A (1987). Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado. *Andecha Pedagogía*, 18, 28.
- Giordan, A. y De Vecchi, G. (1995). *Los orígenes del saber de las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Diada, 25-58; 232-252.
- Gómez, M. y Sanmartí, N. (1996). La didáctica de las ciencias: una necesidad. *Educación Química*. 7(3). 156-168.
- González J. F., Elortegui, N.; Rodríguez, J. y Moreno, T. (1997). ¿Qué idea se tiene de la ciencia desde los modelos didácticos?. *Alambique*, 12, lenguaje y comunicación. Barcelona: Grao.
- Meloche, D (1993). L'idée de science chez des enseignants en formation: Un lien entre l'histoire des sciences et l'hétérogénéité des visions? *Didaskalia*, 2, 7-30.
- Hodson, D. (1992). In search of a meaningful relationship: An exploration of some issues relating to integration in science and science education. *International Journal of Science Education*, 14(5), 541-566.
- Hodson, D. (1994). Philosophic stance of secondary school science teachers, and curriculum experiences and children's understandings of science: some preliminary findings (1993). *Interchange*, 24 (1-2), 41 - 52. Tomado del boletín de noticias *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2).
- Lederman, N. G (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- Manassero, M. A. y Vásquez, A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista*



- Interuniversitaria de formación del Profesorado*, 37, 187-208.
- Martín, M.; Gómez, M. Y SAGRARIO, M. (2000). La física y química en secundaria. Reflexión en voz alta sobre las ciencias. *Narcea*, 23-36.
- Martínez-Torregrosa, J., Gil, D. y Martínez, B. (2003). La universidad como nivel privilegiado para un aprendizaje como investigación orientada.
- En C. Monereo y J. Pozo, (comp). La universidad ante la nueva cultura educativa. *Enseñar y aprender para la autonomía*. Ed. Síntesis, 231-244.
- Mellado, V. y Carrecedo, D. (1993). Contribuciones de las ciencias a la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 331-339.
- Moreno, L. y Waldegg, G. (1998). La epistemología constructivista y la didáctica de las ciencias: ¿coincidencia o complementariedad? *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (3), 421 - 429.
- Nieda, J. y Macedo, B. (2002). *Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años*. Las fuentes del currículo (Cap. III). Biblioteca virtual de la OEI, 1-25.
- Osborne R. y Wittrock, M. (1983). Learning science: a generative process. *Science Education*, 67, 490-508.
- Porlan, R. (1997). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza aprendizaje basado en la investigación*. Sevilla: Diada.
- Porlan, R. y Rivero, A. (1998). *El conocimiento de los profesores*. Sevilla: Diada.
- Porlan, A; Rivero, G. y Martín del Pozo, J. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, R. (1997). Conocimiento profesional y epistemología de los profesores I: teoría, métodos e instrumentos. *Enseñanza de las ciencias*, 15(2). 155-171.
- Pozo, J. Y Gómez, M. (1998) *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata, 265-308.
- Quintanilla, M. (2003) Algunas reflexiones en torno a la didáctica de las ciencias experimentales y la formación inicial y continua de los profesores. Ponencia presentada en el Primer Encuentro Nacional de Enseñanza/Aprendizaje de las ciencias y las Tecnologías, desarrollado en la ciudad de Barrancabermeja: Unipaz.
- Rebollo, M. (1998). Algunas visiones del profesorado de ciencias en formación inicial de secundaria sobre la naturaleza de las ciencias. *Investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias*, 1, 294-303.
- Rueda, R. (2002). La epistemología de los docentes y su conocimiento profesional, un punto de partida en la renovación didáctica universitaria. *Educación en ciencias e ingeniería*, 1(2),17-28.
- Tamayo, A. (1999) *Cómo identificar formas de enseñar*. Bogotá: Magisterio, 37-68.
- Vasco, C.; Bermúdez A.; Escobedo, H.; Negret, J. y León, T. s.f. *El saber tiene sentido una propuesta de integración curricular*. Bogotá: Cinep, 123.