

# El aprendizaje de las ciencias, un proceso comunicativo y constructivo

---

María Rodríguez Moneo

En la actualidad, tanto desde la psicología como desde la historia de la ciencia, se considera que el conocimiento científico es el producto de un proceso constructivo determinado por factores individuales, sociales y culturales. Aunque ha sido habitual focalizar la atención en las variables sociales para explicar el conocimiento generado por la comunidad científica y en las variables individuales para dar cuenta del conocimiento del sujeto que aprende ciencia, estas perspectivas están cambiando. Como señala Giere (1992), a pesar de lo que tiene de regresivo para más de un filósofo de la ciencia, en los últimos años comienza a hablarse de una aproximación cognitiva en la explicación del conocimiento científico, o si se quiere, de la construcción cognitiva del conocimiento científico, frente a la construcción social del mismo que se ha venido desarrollando en las últimas décadas. Por otra parte, desde la psicología, la perspectiva exclusivamente cognitiva y racional, desarrollada básicamente en los llamados modelos fríos (Pintrich, *et al.*, 1993), que deja al margen la consideración de factores contextuales y afectivos, se ha visto

Tanto profesores como  
alumnos llegan a clase  
con ciertas  
concepciones previas  
que afectan a la forma  
en que unos y otros  
abordan el proceso de  
enseñanza-aprendizaje  
de las ciencias

insuficiente para dar cuenta del proceso de construcción del conocimiento humano.

El enfoque histórico-cognitivo adoptado en la filosofía de la ciencia al que antes se aludía supone una aproximación al constructivismo radical desde el que no se concibe el conocimiento al margen del individuo que lo construye, dado que cualquier acto cognoscitivo no supone una copia de la realidad, sino una interpretación de la misma (von Glaserfeld, 1993). El saber de la ciencia es analizado desde las actividades intelectuales del científico en su proceso de construcción de conocimiento declarativo y procedimental, y teniendo en cuenta los contextos en los que se genera y aplica la teoría que elabora (Goodin, 1992 Nersessian, 1992 y Tweney, 1992). Todo ello contribuye a aumentar las implicaciones educativas de la historia de la ciencia. Las semejanzas encontradas en el contenido de las concepciones sostenidas a lo largo de la historia de las disciplinas y de las mantenidas por los alumnos que aprenden ciencia, permitieron el establecimiento de ciertas comparaciones de utilidad didáctica que contribuyeron al conocimiento más profundo de las ideas científicas de los alumnos y las dificultades que presentaban la comprensión de ciertos contenidos de la ciencia (Snir, 1991). La nueva aproximación histórico-cognitiva va a posibilitar no sólo comparaciones en el contenido, sino también en el proceso de construcción del conocimiento, ya que éste es analizado atendiendo a aspectos cognitivos del científico que son extrapolables a los procesos cognitivos que desarrollan los alumnos.

Además, los modelos del cambio conceptual que analizan el cambio en las concepciones de los individuos, toman como referencia la construcción del conocimiento en la ciencia y favorecen también equiparaciones en el proceso (Rodríguez Moneo, 1999). Al igual que sucediera con las semejanzas en el contenidos, las encontradas en el proceso tampoco son absolutas y, obviamente, presentan elementos diferenciadores.

A lo largo de este trabajo nos centraremos en el proceso de construcción del conocimiento científico en los individuos, primero de modo intuitivo y, posteriormente, en la enseñanza formal.

## El punto de partida en la construcción del conocimiento científico

Como fruto de la interacción con el entorno en el que vive, el ser humano construye explicaciones que le permiten entender mejor el mundo y actuar en él de una forma relativamente adecuada. Dichas explicaciones han sido muy estudiadas en el ámbito de las ciencias (Pfundt y Duit, 1994). El estudio del proceso de elaboración de estas nociones, que contribuye a descartar la idea de un sujeto atóxico y concebirlo más bien como un ser con la necesidad de construir explicaciones acerca del mundo, ha sido examinado desde un enfoque constructivista en su doble vertiente, epistemológica y pedagógica.

Desde la vertiente epistemológica, el constructivismo es considerado, más que como una teoría del conocimiento, como una teoría del conocer (von Glaserfeld, 1993) que ofrece un amplio marco de referencia sobre el aprendizaje y permite una reflexión crítica en torno a la naturaleza y la adquisición del conocimiento (Tobin y Tippins, 1993) Las múltiples orientaciones que se han ido demarcando dentro del constructivismo, tales como la piagetiana, la del procesamiento de la información, la contextual, la social, la socio-histórica, la radical, la moderada, etcétera, han ido incorporando rasgos adicionales a la idea global y comunmente aceptada de un sujeto activo que construye su conocimiento en un intento de dar sentido a la realidad (Good *et al.*, 1993),

Por otro lado, la vertiente pedagógica, que aplica a la enseñanza los planteamientos epistemológicos, ha sido una de las mayores aportaciones de este movimiento. El constructivismo como método ha permitido la toma de conciencia del papel activo del alumno en su aprendizaje y ha contribuido al desarrollo y la aplicación de modelos instruccionales, a partir de los cuales se colabora con el estudiante reconociendo su pensamiento, respetándolo y creando las condiciones adecuadas para optimizar su aprendizaje.

A menudo se considera que la aplicación del constructivismo a la enseñanza de las ciencias surge como reacción a los planteamientos empiristas y evolutivos presentes en los proyectos curriculares de la década

de los sesenta y setenta (Osborne, 1996). Ciertamente se produce la reacción al empirismo, pero en lo que respecta a los planteamientos evolutivos, debe tenerse en cuenta que el enfoque evolutivo de la teoría de Piaget que se aplica a la enseñanza de las ciencias durante las décadas mencionadas es constructivista y, de hecho, Piaget ha sido considerado el pionero del constructivismo (Cobern, 1993; von Glaserfeld, 1990). En realidad, debería decirse que cierta orientación constructivista, derivada del constructivismo personal, (Cobern, 1993), con figuras como Novak, Driver y Easley, y susceptible a las influencias de los estudios del procesamiento de la información y de los trabajos sobre expertos y novatos en dominios específicos, produce una rotunda crítica al enfoque piagetiano existente, del que estas orientaciones constructivistas críticas, de algún modo, proceden (Rodríguez Moneo, 1999).

Las explicaciones que construyen los sujetos, objeto de estudio del constructivismo, serán analizadas de un modo u otro en función de la orientación que se adopte. Por ejemplo, desde el constructivismo piagetiano son el reflejo de las capacidades intelectuales de carácter general que definen a los estadios evolutivos, es decir, los sujetos tendrán unas concepciones u otras en función del período evolutivo en el que se encuentren. Desde el otro constructivismo al que hacemos alusión, el más centrado en los estudios sobre expertos y novatos que da lugar al Movimiento de Concepciones Alternativas y al Movimiento del Cambio

Conceptual, las explicaciones que elaboran los sujetos son producto del nivel de pericia que poseen en dominios específicos (*ibid*, 18 y 19).

En el estudio de las explicaciones de los sujetos también pueden discriminarse los aspectos más epistemológicos y didácticos. Desde una perspectiva más epistemológica se ha destacado el valor adaptativo y la funcionalidad de estas ideas. Su carácter implícito, procedimental y el tipo de representación que las sustenta. Se estudian los sesgos que ofrecen, fruto de la elaboración propia de novatos basada en lo perceptivamente sobresaliente y no en lo definitorio y, por último, se describe su inadecuación con respecto a las concepciones científicas y las semejanzas que presentan con explicaciones sostenidas en otros momentos en la historia de la ciencia. Desde una vertiente más didáctica, sin dejar de considerar las características mencionadas, se concede una importancia fundamental a la relevancia de estas explicaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se examina su peculiaridad como conocimiento inicial con el que se relaciona los contenidos nuevos a aprender (Ausubel, *et al*, 1978). Se analiza la necesidad de detectarlas, facilitándose distintas metodologías para su evaluación (Carr, 1991; Duit *et al*, 1996). Asimismo, se insiste en diseño y aplicación de métodos adecuados para promover el cambio conceptual antes de enseñar el contenido curricular, en el probable supuesto de que dichas preconcepciones sean erróneas (Rodríguez Moneo, 1999).

Aunque muchas de las explicaciones construidas por los sujetos resultan ser producto de observaciones directas de fenómenos físicos (p. ej., concepciones de las ciencias), sin embargo, otras son de carácter más inducido (p. ej., concepciones de la historia), esto es, han sido generadas a partir de la participación de terceros.

En la mayor parte de los casos, si no en la génesis, sí en el desarrollo, las teorías que sostienen las personas se ven afectadas por procesos comunicativos en lo que intervienen los demás. En algunos trabajos se ha indicado el mal uso que se hace de los conceptos científicos en el lenguaje común; baste como ejemplo, la utilización sinónima de conceptos científicos que no lo son (peso y masa, calor y temperatura). En otros trabajos se ha puesto de manifiesto la transmisión de concepciones erróneas, no sólo por novatos, sino también por los profesores, quienes las hacen explícitas en el aula o en los libros de texto. Por último, se ha analizado el efecto que producen en la construcción de concepciones alternativas en los estudiantes las explicaciones insuficientes o poco claras que los profesores facilitan en sus clases y materiales didácticos (Muthukrishna, *et al*, 1993; Wandersee *et al*, 1994). Así pues, cuando la información que se transmite está mal formulada o se transmite incorrectamente se facilita la generación de concepciones erróneas. Sin embargo, la correcta formulación y transmisión no garantiza la pertinencia de las explicaciones elaboradas, ya que el sujeto interpreta toda la información que recibe, la

reconstruye, y no la asimila de una forma pasiva.

Tanto el tipo de información que se transmite como el modo de transmisión, aspectos importantes en el proceso de construcción del conocimiento que se genera, están determinados por lo que nos rodea, la sociedad, la cultura. La influencia de estos elementos ha sido analizada desde el constructivismo social (Osborne, 1996) y contextual (Cobern, 1993).

### La construcción del conocimiento científico en diferentes culturas

La cultura proporciona una red de significados que los sujetos toman como referencia para la construcción del conocimiento acerca de sí mismos, de los demás y del entorno físico que les rodea, dando lugar a una identidad cultural que conformará cierta visión del mundo.

Dentro de una cultura existen subgrupos culturales que reflejan, por ejemplo, las diferencias económicas, ocupacionales, educativas, diferencias de edad, de género, raciales, de localización geográfica, religiosas, etcétera. Estos subgrupos, definidos en términos de la discriminación de los elementos diferenciadores de una misma cultura, pueden ser identificados como distinciones culturales micro. Frente a ellas, se producen las distinciones macro que atienden más a la generalización de los significados compartidos por varias culturas.

Éstas reflejan, por ejemplo, la discrepancia existente entre las distintas culturas de los países industrializados y no industrializados o entre la cultura occidental y oriental.

Aunque los trabajos sobre las concepciones alternativas son numerosos y abarcan una amplia extensión de contenidos y sujetos de diferentes países en los que estas ideas se han investigado, la mayor parte de los estudios se han centrado en el análisis de una concepción específica y han trabajado con individuos de un país determinado (véase, p. ej., Pfundt y Duit, 1994). Este tipo de trabajos, cuyos resultados han permitido comparaciones ulteriores entre las concepciones de los sujetos, junto con otros trabajos comparativos con muestras de sujetos de distintas nacionalidades (p. ej., y Shipstone, *et al.*, 1989 y Viennot, 1979), permiten adelantar lo mucho que tienen en común en cuanto a la naturaleza y al contenido las concepciones alternativas de las personas (Wandersee, *et al.*, 1994). Sin embargo, conviene no olvidar que, en la mayor parte de los casos, los países analizados pertenecen a la misma cultura occidental y, por tanto, no pueden establecerse conclusiones definitivas referidas a las diferencias culturales en sentido estricto.

Las diferencias culturales han sido abordadas en otras investigaciones. En algunas de ellas se estudia la ejecución de los individuos enmarcados en una cultura peculiar y se compara con los datos disponibles de otros estudios realizados con sujetos pertenecientes a la cultura occidental. Este es el caso del

trabajo de Hewson (1986) quien analiza las concepciones alternativas sobre la densidad en alumnos de nivel de secundaria de Qwa Qwa, una zona rural de Sudáfrica. Los resultados obtenidos por Hewson apuntan la existencia de diferencias en el contenido de las concepciones. Se observa, por ejemplo, la carencia de la concepción científica de volumen, no requerida en la vida cotidiana de Qwa Qwa y para la que no existe ningún término en sesotho, lengua del lugar. También indican la existencia de rasgos comunes entre las concepciones alternativas de sujetos de culturas no-occidentales y culturas occidentales. Por ejemplo, en lo que se refiere a la naturaleza, en las dos culturas las concepciones alternativas proceden de la experiencia cotidiana; además, no son necesariamente reemplazadas por las concepciones científicas proporcionadas en contextos educativos, sino que más bien conviven con ellas. A este respecto hay que resaltar que las escuelas de Qwa Qwa han sido modeladas de acuerdo a un sistema de educación occidental, aunque el contexto en el que están enmarcadas y los alumnos son de cultura no-occidental.

En otros estudios se analizan sujetos de culturas diferentes, algunas de las cuales son no-occidentales en su totalidad. Thijs (1987), por ejemplo, investigó las concepciones alternativas sobre el movimiento en estudiantes de Zimbabwe, Lesotho, Indonesia y Países Bajos. Los alumnos analizados tenían un nivel de instrucción y una actitud motivacional hacia la física semejante. Los datos obtenidos, también contrastados con otros trabajos sobre concepciones alternativas acerca del

movimiento, permiten señalar, por un lado, las similitudes en muchos de los rasgos de las concepciones de los sujetos de distintas culturas y, por otro, las diferencias culturales referidas a la persistencia de estas nociones. Según Thijs (1987) este segundo aspecto puede ser explicado atendiendo a dos argumentos. Por una parte, es posible que los métodos instruccionales de las culturas analizadas incidan de forma desigual en el conocimiento previo de los estudiantes. Por otra, las preconcepciones surgen y se mantienen por fuentes y mecanismos que están fuera del contexto escolar, los cuales también pueden variar en función de la cultura.

En un trabajo más reciente, Vosniadou (1994) estudia las concepciones alternativas sobre la forma de la tierra en sujetos de Estado Unidos, Samoa, Grecia e India. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto la universalidad de las concepciones alternativas, la cual se conjuga con la mediación de ciertos aspectos culturales. Así, se observa una conceptualización de la forma de la tierra que es común para todos y se ubica dentro de una teoría ingenua de la física. Se concibe la tierra como un cuerpo físico al que se le aplican los constreñimientos o restricciones que se aplican a cualquier otro cuerpo físico. Por ejemplo, los sujetos tienen la idea de que el suelo es plano y que los objetos necesitan ser apoyados, dos restricciones que están en contra de la concepción científica de "tierra esférica" y que determinarán las concepciones alternativas sobre la forma de la tierra.

En cuanto a la mediación de la cultura, se observan ciertas preferencias culturales por algunos modelos. Por ejemplo, los sujetos de la India prefieren la concepción de la tierra como un disco plano suspendido en el océano, mientras que los sujetos griegos muestran una preferencia por el modelo de tierra como esfera hueca y los de Samoa generan un modelo de tierra con forma de anillo.

En opinión de Driver (1990), Vosniadou (1994) y Wandersee, *et al.* (1994) las concepciones alternativas son sensibles a la cultura en la que se encuentran inmersas, sin embargo, las diferencias entre culturas no son tan notables como pudiera pensarse. Aunque no son nulas y a menudo se dejan sentir, resultan más aparentes que reales. Fundamentalmente se refieren a variaciones en el tipo de contenido, a la utilización que de él se hace en la vida cotidiana y al efecto de los métodos instruccionales que se aplican en los contextos educativos. En lo relativo a la naturaleza de las concepciones, esto es, a la vertiente más epistemológica que las caracteriza, puede decirse que existe cierta universalidad cultural.

De la mano de la cultura nos introducimos en una polémica actual en torno a qué tipo de ciencia enseñar (Ogawa, 1995). En algunos países africanos, no occidentales, como el descrito previamente en el estudio de Hewson, la ciencia que se enseña es considerada una segunda cultura para los estudiantes (Cobern, 1993).

La enseñanza de las ciencias en otras culturas genera dos tipos de planteamientos

diferentes. En ocasiones se defiende la idea de adecuar la enseñanza de las ciencias a la cultura minoritaria a la que va dirigida, es decir, se aboga por una educación científica multicultural (Hodson, 1993). Desde este punto de vista, los estudiantes de culturas minoritarias entenderían mejor la ciencia que se les enseña porque ésta no sería impartida con un formato occidental, sino que respondería a las experiencias, intereses, demandas y aspiraciones de los estudiantes y, además, no atentaría en contra de las creencias culturales de éstos. En último término la ciencia no sería una nueva cultura, sino que se incorporaría a la cultura existente. Frente a esta concepción multicultural, existen posiciones opuestas que advierten del peligro de la adecuación de la ciencia a las diferentes culturas ya que se puede atentar en contra de la ciencia misma (Williams, 1994). En estos casos es cuando la enseñanza de las ciencias se considera una cultura al margen de la cultura originaria. El alumno accede a la ciencia primero a través de su contexto más inmediato, o doméstico, y posteriormente saliendo del mismo al contexto foráneo (Cobern, 1993). Aunque no se profundizará aquí sobre este tema, relevante y al que habrá que dedicar atención en el futuro, sí indicar que la enseñanza de las ciencias debe proponerse como objetivo facilitar a los alumnos conocimiento que les permitan construir explicaciones adecuadas para interpretar su realidad y contexto, sin que ello implique desvirtuar la ciencia misma.

## Algunos determinantes en el aprendizaje de las ciencias

La adquisición del conocimiento científico es un proceso constructivo, desarrollado sobre una relación de comunicación entre el profesor y el alumno.

Desde la aplicación de los modelos constructivistas se ha tendido a contraponer "construcción" frente a "transmisión" y "actuación" frente a "recepción pasiva". Plantear estas dicotomías resulta interesante para la toma de conciencia de los docentes de la existencia de un alumno constructor activo del conocimiento y un profesor colaborador en dicho proceso, frente a la noción de un alumno, receptor pasivo, y un profesor, únicamente transmisor de información. Sin embargo, la polarización "construcción- transmisión" tiene ciertos matices. Aunque, como ya se ha dicho en este trabajo de la mano de los constructivistas radicales, todo acto cognoscitivo implica construcción y en cualquier transmisión de información el receptor no es pasivo sino que construye al interpretar la información que recibe, no obstante, esto no significa que la construcción del conocimiento esté totalmente al margen de fenómenos comunicativos en los que se transmite información. De hecho, en el apartado anterior se describían ciertas diferencias en el contenido de las concepciones alternativas de los sujetos de distintas culturas a los que se les transmite

distinto tipo de información. En la enseñanza el profesor colaborador, consciente del papel constructivo y activo de sus alumnos, comunica y transmite información que el alumno interpreta y reconstruye en función de lo que previamente conoce y en función, también, de cómo se haya articulado el proceso de comunicación de contenidos científicos por parte del docente. Favorecer una buena comunicación y transmisión de información formará parte del perfil del profesor facilitador y coordinador del aprendizaje, cuyo objetivo es maximizar el aprendizaje de sus alumnos.

El alumno cuando llega a las clases de ciencias no es una *tabula rasa*, sino que tiene ciertas nociones sobre los contenidos científicos que tratará con el profesor (fuerza, calor, ser vivo, etcétera). Estas nociones, a las que hemos aludido con anterioridad, son la base del conocimiento posterior y a partir de ellas se construirán los contenidos presentes en los currícula de ciencias. Sin embargo, las características de conocimiento previo puede variar en algunos aspectos y ello determinará la aplicación de uno u otro método de enseñanza y el posterior aprendizaje de la ciencia que tendrá lugar.

Los alumnos pueden tener ideas previas adecuadas pero incompletas, pueden ser totalmente erróneas o pueden carecer de conocimiento previo en determinada concepción. En el primer caso, las preconcepciones servirán para interpretar el contenido posterior que se va a adquirir, o dicho

de otro modo, son útiles para establecer el proceso de anclaje y, por tanto, puede iniciarse la enseñanza de los contenidos (Ausubel, *et al*, 1978). En el segundo caso, no es posible comenzar la enseñanza de los contenidos ya que éstos serán interpretados en función de un conocimiento previo incorrecto que derivará en un aprendizaje erróneo. Por ello, antes de empezar a enseñar los contenidos curriculares es preciso variar las ideas iniciales a partir de un proceso de cambio conceptual (véase Rodríguez Moneo, 1999). Finalmente si no existe conocimiento previo en relación con el contenido que se abordará en la clase de ciencias, y teniendo en cuenta que, incluso en este caso, los alumnos aprenden sobre lo que ya saben, los profesores pueden favorecer la aplicación de ciertas analogías que permitan adquirir ciertos conocimientos en un dominio desconocido a partir de un conocimiento en un dominio familiar. El profesor ha de procurar no sólo emplear una buena analogía, sino también enriquecerla, indicando siempre a los estudiantes los aspectos que comparten y no comparten los elementos que se comparan (*Ibid*, p. 121)

Las preconcepciones pueden variar en función de su nivel de elaboración y de estructuración. En algunos casos constituyen un conocimiento fragmentado; en otros, se trata de un conocimiento más estructurado en algo parecido a teorías. El grado de estructuración es importante para determinar, en el caso de que sean erróneas, el

método didáctico más adecuado encaminado al cambio conceptual. Si el conocimiento previo está organizado, se considera pertinente el uso del conflicto para producir el cambio. Sin embargo, si no es muy extenso y está fragmentado, se recomienda usar analogías que faciliten el cambio conceptual; se entiende que el uso del conflicto en este caso puede producir más confusión que beneficio, debido a la falta de conocimiento y de cohesión del mismo. (Strike y Posner, 1992)

El aprendizaje de las ciencias incluye la adquisición de ciertas nociones sobre los procesos de construcción del conocimiento científico. Los alumnos también acuden a clase con ciertas nociones previas sobre dichos procesos de construcción del conocimiento científico. Se trata del conocimiento epistemológico, también llamado conocimiento metaconceptual, que puede concebirse como un sistema relativamente independiente del contenido concreto y con gran repercusión en distintos ámbitos en donde se desarrolle el proceso de aprendizaje (Rodríguez Moneo, 1999).

Las creencias epistemológicas de los estudiantes influyen en el proceso de aprendizaje y en el cambio conceptual. Así, por ejemplo, aquellos alumnos que tienen una visión arbitraria y estática de la ciencia, que creen que el conocimiento científico está constituido por un conjunto de datos aislados, estables y susceptibles de ser memorizados, suelen desarrollar un

aprendizaje de las ciencias mucho más precario y presentan un mayor número de problemas para generar el cambio conceptual. Sin embargo, aquellos que creen que el conocimiento científico está constituido por teorías coherentes e integradas, dinámicas y modificables en el tiempo, y cuyo propósito es explicar la realidad, son alumnos que suelen presentar un proceso de aprendizaje de las ciencias más adecuado y no son tan resistentes para producir el cambio conceptual (Songer y Linn, 1991, Hammer, 1995).

Para lograr un buen aprendizaje de las ciencias, los profesores no sólo han de ser expertos en las disciplinas que imparten sino que también deben conocer las características de los alumnos con los que trabajan. Todo ello pasa por una buena formación del profesorado.

### La formación del profesorado para generar un cambio en la enseñanza

Como los alumnos, los profesores no llegan a clase como una *tabula rasa*, sino que todo profesor, lo quiera o no, lo sepa o no, tiene ciertas concepciones sobre cómo se debe enseñar. Estas nociones constituyen el modelo de enseñanza que incorpora el conocimiento sobre las características de la disciplina que se enseña (donde se sitúan las creencias epistemológicas que posee), el conocimiento acerca de las personas que aprenden y el conocimiento de los mejores métodos para enseñar.

Las concepciones del profesor sobre la disciplina, los alumnos y los métodos de enseñanza determinarán la actuación docente, caracterizada por una constante actividad de toma de decisiones (Hashweh, 1996 y Hewson *et al*, 1995). Esta cuestión, que debe tenerse muy presente, resulta preocupante si se piensa que muchos de los modelos de enseñanza de los profesores son inductivos, producto de su experiencia personal, primero como estudiante y, posteriormente, como profesor. Estos modelos suelen presentar errores, ya que los profesores los elaboran sin una base de conocimiento conceptual (Aparicio, 1992). Puede decirse que con más frecuencia de la deseada los profesores actúan poniendo en marcha un modelo de enseñanza que suele ser erróneo y ello, obviamente, tiene consecuencias negativas para el aprendizaje de los alumnos (Holt-Reynolds, 1992). Parece necesario entonces cambiar las concepciones alternativas de los docentes a partir de propuestas adecuadas de cursos de formación del profesorado. La participación en estos cursos debería permitir a los docentes construir modelos de enseñanza más adecuados, generados a partir de un conocimiento de base conceptual. Para ello han de considerarse algunas cuestiones (Rodríguez Moneo y Sáenz, 1998)

1. Es necesario informar a los profesores de la naturaleza y características de los modelos de enseñanza e insistir en la repercusión de los mismos en la práctica docente.

2. Deben explicitarse los modelos de enseñanza de los docentes con el propósito de que sean conscientes de las ideas que poseen y que puedan reflexionar sobre las mismas.
3. Si los modelos de enseñanza no son correctos deben crearse las condiciones para que el profesor tome conciencia de su falta de adecuación.
4. Ha de informarse a los profesores de los distintos elementos que están presentes en la enseñanza y que constituyen una fuente de estudio y reflexión, esto es, las condiciones, los métodos y los resultados de enseñanza (Reigeluth, 1983), con la finalidad de que construya modelos de enseñanza pertinentes.
5. Los contenidos que formarán parte del nuevo modelo de enseñanza han de ser inteligibles y plausibles. Es decir, el profesor debe comprenderlos, debe encontrar su aplicabilidad y le deben resultar más útiles que las nociones que poseía en su modelo anterior.

Los contenidos relacionados con el aprendizaje de los alumnos (formación didáctica) y los contenidos disciplinares (formación científica) son imprescindibles, dado que la enseñanza no puede concebirse al margen del aprendizaje y al margen del objeto que va a ser enseñando (Hewson y Hewson, 1988). Sin embargo, pueden incluirse otros contenidos adicionales, tras un análisis de lo que debe ser y saber un profesor (p. ej., Wilson, *et al.*, 1987). Una buena forma de seleccionar e integrar los contenidos de los programas de formación del profesora-

do se encuentra inspirado en el modelo constructivista (Thorley y Stofflett 1996). Los profesores que poseen modelos de enseñanza constructivistas favorecen el aprendizaje de sus estudiantes (Hashweh, 1996).

El perfil del profesor colaborador del aprendizaje de sus alumnos podrá guiar el proceso de selección de contenidos de los programas de formación (¿qué necesita saber un profesor de determinado nivel educativo para poder colaborar y optimizar el aprendizaje de sus estudiantes?).

Todos estos elementos contribuyen a promover un cambio en los modelos de enseñanza, generando lo que ha venido denominándose cambio conceptual pedagógico (Thorley y Stofflett, 1996). Dicho cambio no sólo supone una transformación en las ideas, sino también en la práctica educativa. Sin embargo, los profesores son más resistentes a modificar su práctica que ha cambiar su visión de la enseñanza (Gallagher, 1993). Para que el cambio en las ideas vaya acompañado de variaciones en la práctica, desde los cursos de formación del profesorado debe abogarse por una metodología centrada en la reflexión sobre la práctica (Zeichner, 1983), la cual sólo será fructífera si se cuenta, por un lado, con un conocimiento de base conceptual y, por otro, con práctica docente (Rodríguez Moneo, 1995). La formación del profesorado no sólo pasa por cursos de formación, sino que también debe producirse a partir de la participación de los docentes en investigaciones que les

impliquen en una reflexión sobre su práctica (Northfield, *et al.*, 1996) y les permitan actualizar sus modelos de enseñanza. La

incorporación de los profesores en investigaciones contribuye, además, a que posean una imagen más real y cercana de la ciencia.

## Bibliografía

---

- APARICIO, J.J. (1992). La psicología del aprendizaje y los modelos de diseño en la enseñanza: la teoría de la elaboración. *Tarbiya. Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 1-2, 19-44.
- AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. y HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology. A Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart y Winston. Trad. cast. de M. Sandoval y M. Botero: *Psicología Educativa. Un Punto de Vista Cognoscitivo*. Méjico: Trillas, 1983.
- CARR, M. (1991). Methods for studying personal construction. En J. Northfield y D. Symington (Eds.), *Learning in Science Viewed as Personal Construction*. Perth, AUSTRALIA: KEY CENTER FOR SCHOOL SCIENCE AND MATHEMATICS.
- CHINN, C.A. y BREWER, W.F. (1993). The role of anomalous data in the knowledge acquisition: A theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, 63, 1-49.
- COBERN, W.W. (1993). Contextual constructivism: The impact of culture on the learning and teaching of science. En K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, NJ: LEA.
- DRIVER, R. (1990). Everyday science: Is it right or does it work?. *British Journal of Developmental Psychology*, 8, 295-297.
- DUIT, R., TREAGUST, D.F., MANSFIELD, H. (1996). Investigating student understanding as a prerequisite to improving teaching and learning in science and mathematics. En D.F. Treagust, R. Duit y B.J. Fraser (Eds.), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. New York: Teacher College Press.
- GIERE, R.N. (1992). Cognitive models of science. En R.N. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press.
- GOOD, R.G., WANDERSEE, J.H. y JULIEN, J.S. (1993). Cautionary notes on the appeal of the new "ism" (constructivism) in science education. En K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, NJ: LEA.
- GOODING, D. (1992). The procedural turn; or, why do thought experiments work? En R.N. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press.
- HAMMER, D. (1995). Epistemological considerations in teaching introductory physics. *Science Education*, 79, 393-413.

- HASHWEH, M.Z. (1996). Effects of Science Teachers' Epistemological Beliefs in Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 47-63.
- HEWSON, M.G. (1986). The acquisition of scientific knowledge: Analysis and representation of student conceptions concerning density. *Science Education*, 70, 159-170.
- HEWSON, P.W. y HEWSON, M.G. (1988). An appropriate conception of teaching science: A view from studies of science learning. *Science Education*, 72, 597-614.
- HEWSON, P.W., KERBY, H.W. y COOK, P.A. (1995). Determining the conceptions of teaching science held by experienced high school science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 503-520.
- HODSON, D. (1993). In search of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, 77, 685-711.
- HOLT-REYNOLDS, D. (1992). Personal history-based belief as relevant prior knowledge in course work. *American Educational Research Journal*, 29, 325-349.
- MILLAR, R. (1995). Knowledge and action: Student's understanding of the procedures of scientific inquiry. Paper presented at the First European Conference of Science Education. April, Leeds
- MUTHUKRISHNA, N., CARNINE, D., GROSSEN, B., MILLER, S. (1993). Children's alternative frameworks: Should they be directly addressed in science instruction?. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 233-248.
- NERSESSIAN, N. (1992). How do scientists think? Capturing the dynamics of conceptual change in science. En R.N. Giere (Ed.), *Cognitive Models of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press.
- NORTHFIELD, J., GUNSTONE, R. y ERICKSON, G. (1996). A constructivist perspective on science teacher education. En D.F. Treagust, R. Duit y B.J. Fraser (Eds.), *Improving Teaching and Learning in Science and Mathematics*. New York: Teacher College Press.
- OGAWA, M. (1995). Science education in a multiscale perspective. *Science Education*, 79, 583-593.
- OSBORNE, J.F. (1996). Beyond Constructivism. *Science Education*, 80, 53-82.
- PINTRICH, P.R., MARX, R.W. y BOYLE, R.A. (1993). Beyond cold conceptual change: The role of motivation beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, 63, 167-199.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1994). *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. Keil, Germany: IPN at the University of Keil, 4th Edition.
- REIGELUTH, C.M. (1983). Instructional Design: What is it and why is it?. En C.R. Reigeluth (Ed.) *Instructional-Design Theories and Models*. Hillsdale, NJ: LEA
- RODRIGUEZ MONEO, M. (1995). Aspectos básicos del aprendizaje en la Formación Inicial del Profesorado. En M. Rodríguez Moneo (Comp.), *El papel de la Psicología del Aprendizaje en la Formación Inicial del Profesorado*. Madrid: Ediciones de la UAM.

- RODRÍGUEZ MONEO, M. (1999) *Conocimiento Previo y Cambio Conceptual*. Buenos Aires: Aique.
- RODRÍGUEZ MONEO, M. y SÁENZ, C. (1998). La psicología de la instrucción y la formación del profesorado. *Formación, Cambio y Desarrollo*. Temuco: Ediciones de la U. De la Frontera.
- SHIPSTONE, D.M., RHONECK, C.V., JUNG, W., KARROVIST, C., DUPIN, J.J., JOHSUA, S. y LICHT, P. (1989). A Study of students' understanding of electricity in five European countries. *International Journal of Science Education*, 10, 303-316.
- SONGER, N.B. y LINN, M.C. (1991). How do students' views of science influence knowledge integrations? *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 761-784.
- SNIR, J. (1991). Sink or float -what do the experts think?: The historical development of explanations for floating. *Science Education*, 75, 595-609.
- STRIKE, K.A. y POSNER, G.J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En R.A. Duschl y R.J. Hamilton (ed.) *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice*. New York: State University of New York Press.
- TOBIN, K. y TIPPINS, D. (1993). Constructivism as a referent for teaching and learning. En K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, NJ: LEA.
- THIJS, G. (1987). Conceptions of force and movement. Intuitive ideas of pupils in Zimbabwe in comparison with findings from other countries. En D. Novak (Ed.), *Proceedings of the Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics, Vol. III*. Cornell University, Ithaca, New York.
- THORLEY, N.R. y STOFFLETT, R.T. (1996). Representation of the conceptual change model in science teacher education. *Science Education*, 80, 317-339.
- TWENEY, R.D. (1992). Serial and parallel processing in scientific discovery. En R.N. Giere (Ed.) *Cognitive Models of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-211.
- VON GLASERSFELD, E. (1993). Questions and answers about radical constructivism. En K. Tobin (Ed.), *The Practice of Constructivism in Science Education*. Hillsdale, NJ: LEA.
- VOSNIADOU, S. (1994d). Universal and culture-specific properties of children's mental models of the earth. En L.A. Hirschfeld y S.A. Gelman (Eds.), *Mapping the Mind. Domain Specificity in Cognition and Culture*. Cambridge, NY: Cambridge University Press
- WANDERSEE, J.H., MINTZES J.J. y NOVAK, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D.L. Gabel (Ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: Macmillan Publishing Company.
- WILLIAMS, H. (1994). A critique of Hodson's "In search of a rationale for multicultural science education". *Science Education*, 78, 515-519.

WILSON, S., SHULMAN, L. y RICHERT, A. (1987). "150 different ways" of knowing: Representations of knowledge in teaching. En J. Calderhead (Ed.), *Exploring Teacher Thinking*. Londres: Cassell.

ZEICHNER, K.M. (1983). Alternative paradigms of teacher education. *Journal of Teacher Education*, 34, 3-9.

## Resumen

---

En este artículo se analiza el proceso de adquisición del conocimiento científico desde la perspectiva de sus orígenes en las concepciones de los novatos. Se describe la naturaleza y características de las concepciones alternativas, la consideración de las mismas desde distintos enfoques constructivistas y su repercusión en el aprendizaje de las ciencias. Se examinan, también, las semejanzas y diferencias culturales en la construcción de estas nociones. Finalmente, se explica, desde un enfoque constructivista, la acción de ciertos factores importantes en el proceso de aprendizaje de las ciencias que tienen lugar en contextos educativos.

Palabras clave: Constructivismo, concepciones alternativas, cambio conceptual, enseñanza de las ciencias, formación del profesorado.

## Abstract

---

In this paper the acquisition process of scientific knowledge is analyzed from the perspective of their origins in the conceptions of naïve people. The alternative conceptions characteristics and nature, their consideration from different points of view and their impact in science learning are described. The cultural similarities and differences in the construction of these notions are also examined. Finally, the action of certain important factors in the process of science learning in educational contexts is explained.

Key words: Constructivism, alternative conceptions, conceptual change, science teaching, teacher training.

María Rodríguez Moneo  
Dpto. de Psicología Básica  
Instituto de Ciencias de la Educación  
Universidad Autónoma de Madrid  
e-mail: maria.rodriguez@uam.es