

Aniversarios en ciencias: algunas orientaciones para su uso didáctico

Anniversaries in Sciences: some orientations for teaching use

LEANDRO SEQUEIROS SAN ROMÁN

Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad de Zaragoza. Pintor El Greco 8, 5^º. 14004 Córdoba. E-mail: lsequeiros@probesi.org

Resumen ¿Tiene alguna utilidad recordar en el aula de Ciencias de la Tierra los aniversarios de acontecimientos científicos históricos? En este trabajo se estimula al profesorado a estimar la historia de las ciencias. Esta puede ser una herramienta para su propia formación y para la formación científica de los estudiantes.

Palabras clave: Historia de la Ciencia, Aniversarios, Concepciones científicas, Formación del profesorado, Enseñanza de las Ciencias de la Tierra.

Abstract *Can it be useful to recall the anniversary of scientific historical events in the Earth Sciences classroom? In this paper teachers are encouraged to appreciate the history of Sciences, which can provide a tool both for teacher training and for the students' scientific education.*

Keywords: *History of Sciences, Anniversary, Scientific misconceptions, Teacher Training, Teaching Earth Sciences.*

“Siempre que enseñes, enseña a la vez a dudar de lo que enseñas”
ORTEGA Y GASSET

INTRODUCCIÓN

Una verdadera revolución se está dando en estos años en el paradigma de las ciencias (Sequeiros, 2011). Esto implica una revolución en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias (Porlán, 1985; Praia, 1995; Angulo Delgado, 2002). Pero, ¿se está dando también una revolución científica en las Ciencias de la Tierra? En nuestra revista *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* han aparecido trabajos que así lo estiman (Domingo, 1993; Anguita Virella, 1993, 1994, 1995a; 1995b).

Pero la revolución en el paradigma de las Ciencias de la Tierra implica necesariamente un cambio de paradigma en el modo de formarse como profesor y en el modo de elaborar los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este trabajo defendemos que la historia de la ciencia (y en concreto, los aniversarios en ciencias) pueden ser una palanca poderosa para mover los esquemas obsoletos de profesores y estudiantes, así como para adquirir una visión adecuada de lo que es la ciencia, competencias en saber cómo se elabora, cómo se construye y cómo se adquiere una mentalidad científica.

UN ANIVERSARIO: EL CENTENARIO DE LA DERIVA CONTINENTAL

En este número de *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* ofrecemos al profesorado unos materiales que pueden ser una herramienta didáctica para conmemorar el primer centenario de la Deriva Continental (1912). Se incluye la traducción completa de los tres primeros artículos que Wegener publicó en 1912 en *Petermanns Geographische Mitteilungen*, además de otros trabajos sobre su vida y obra, la relación de la teoría con la biogeografía y un análisis epistemológico de la deriva continental. Y para finalizar, se presentan aquí algunas observaciones pedagógicas para su uso en el aula.

Es necesario preguntarse: ¿tiene interés para los estudiantes sacar ahora estas ideas que están parcialmente obsoletas? ¿No sería mejor empezar por los grandes temas de la Tectónica de Placas? Pero hay una cuestión que va más allá: ¿qué interés puede tener para el profesorado leer ahora unos textos de hace un siglo, con ideas que ya están pasadas de moda?

Y hay una pregunta más a fondo: ¿interesa al profesorado la historia de las ciencias? Y si en mu-

chos casos no le interesa, ¿hay alguna razón de fondo? ¿Tal vez piense que es un adorno secundario del que se puede prescindir dado lo cargado del programa? ¿Tiene conciencia el profesorado de la importancia de la historia de la ciencia para poder construir en el aula una adecuada imagen de lo que es la tarea científica?

Y esto lleva a una pregunta de más calado: el aparente desinterés de gran parte del profesorado por la historia de las ciencias ¿no puede poner de manifiesto indirectamente que una parte del profesorado de ciencias mantiene unas representaciones obsoletas de lo que es la ciencia? ¿Y no pueden ser esas representaciones unos obstáculos epistemológicos que les impiden construir en el aula una adecuada imagen de lo que es la naturaleza de la ciencia y lo que es la tarea de los científicos? (Sequeiros, 2005; 2009).

No solo el aniversario de la Deriva continental, sino que cualquier acontecimiento científico puede ser movilizador para las concepciones del profesorado sobre lo que es la ciencia y cómo se elabora. La historia de la ciencia es inquietante porque desmonta las seguridades del saber. Y esta deconstrucción de seguridades y certezas absolutas en el profesorado ayudará a que los estudiantes asuman que la ciencia es una construcción social, un modelo explicativo que puede ser superado por otro en el futuro¹.

A veces, el problema no está en los alumnos sino en el profesorado

Para algunos profesores, lo más fácil es no complicarse la vida: basta con seguir el libro de texto desde el principio hasta el final. Para algunos, lo verdaderamente importante es que los estudiantes se aprendan los conceptos más elementales de las Ciencias de la Naturaleza, que hincquen los codos y estudien (es decir, memoricen) lo que se ha dicho en clase.

Sin entrar en polémicas, esto supone toda una concepción *oculta* del profesorado sobre lo que es *saber ciencias* y sobre lo que es el meollo más profundo del conocimiento científico. “Dime cómo enseñas y te diré qué epistemología defiendes”, podríamos decir en síntesis. Y esta frase, esconde una gran verdad: el modo cómo cada profesor, de forma consciente o inconsciente, organiza, planifica, desarrolla y lleva a la práctica la enseñanza de las Ciencias revela toda una concepción, más o menos elaborada, de lo que es el conocimiento científico. De alguna manera, está respondiendo a las preguntas que nos hacíamos más arriba concernientes a lo que es la ciencia (Sequeiros, 2009).

En los últimos cincuenta años se ha producido una genuina “revolución” a nivel mundial en las formas de concebir y ejecutar la educación científica. Una serie de grandes reformas, inicialmente poco

sistemáticas y con escasos fundamentos teóricos, han ido dando lugar al surgimiento de una nueva disciplina académica rigurosa, la *didáctica de las ciencias naturales* (que en inglés toma el nombre de su objeto de reflexión, *science education*).

La didáctica de las ciencias, tras atravesar etapas de expansión y consolidación, ha conseguido hoy en día un lugar de reconocimiento en la universidad, empujada por la necesidad de pensar y actuar sobre la nueva finalidad proclamada de una *ciencia para todos*, que tiene su correlato teórico en el constructo de “alfabetización científico-tecnológica” (Porlán, 1998; Adúriz-Bravo, 1999/2000; Gil Pérez et al., 2000).

La producción intelectual y material de la didáctica de las ciencias está reconfigurando los currículos de ciencias naturales –en mayor o menor medida según los países– en todos los niveles de la educación formal. Y tiene especial influencia en el espacio de la secundaria obligatoria. Uno de los “trasvases” más recientes de la didáctica de las ciencias al currículo, que comenzó hace unos quince años, ha sido la generación de toda una nueva componente curricular de reflexión crítica alrededor de las ciencias naturales, componente que se conoce en general con el nombre de *naturaleza de la ciencia* (en inglés “NOS”, *nature of science*) (McComas, 1998). Adquirir la competencia intelectual de comprensión de la naturaleza de la ciencia, se considera importante.

Actualmente existe, en la comunidad de investigadores en didáctica de las ciencias naturales, un consenso unánime acerca de que la alfabetización científico-tecnológica implica, además de saber ciencias y en forma no menos importante, saber *sobre* las ciencias (qué son y cómo se elaboran, qué características las diferencian de otras producciones y emprendimientos humanos), cómo cambian en el tiempo, cómo influyen y cómo son influenciadas por la sociedad y la cultura (Lederman, 1992; Matthews, 1994, 2000; Driver et al., 1996; Jiménez Aleixandre, 1996; Duschl, 1997; McComas, 1998).

LAS REPRESENTACIONES DE LA CIENCIA EN LA MENTE DEL PROFESORADO

Los trabajos más clásicos (Pope y Gilbert, 1983) muestran que los profesores de ciencias mantienen de modo inconsciente (y raramente, de forma consciente) representaciones muy peculiares de lo que es la ciencia. Y no solo esto: sino que estas concepciones determinan de forma irreversible los contenidos y la metodología didáctica de su actividad profesional.

Nos han parecido particularmente iluminadores los estudios de Vasilios Koulaidis (Universidad del Egeo, Rodas, Grecia) y de Jon Ogborn (Instituto de Educación, Universidad de Londres). En este estudio, Koulaidis y Ogborn (1989) indagan las repre-

1 <http://www.educared.edu.pe/modulo/upload/30077622.pdf>

sentaciones sobre la naturaleza de la ciencia de los profesores. Para ello, trabajaron con una muestra de doce profesores de ciencias y once estudiantes-profesores. Los diferentes tipos de respuesta obtenidos se corresponden con algunas de las tendencias básicas en la filosofía de la ciencia: las representaciones de la ciencia del profesorado se corresponde con cuatro paradigmas epistemológicos: *el método hipotético-deductivo, el inductivismo, el contextualismo y el relativismo*. No obstante, el análisis de los resultados hizo necesario incluir otra categoría que los autores denominan *eclecticismo*, en la que se encuadra el 40% de la muestra.

Los resultados de este estudio (aunque el número de encuestado es pequeño) puede resultar significativo y expresar las representaciones mentales sobre el conocimiento científico de muchos profesores de Educación Secundaria, tanto la obligatoria como la postobligatoria.

De acuerdo con los datos recogidos, respecto al método científico, cerca del 60% de los encuestados pueden ser asignados a alguna de las posiciones filosóficas y alrededor de un 40% se consideran eclécticos. Es curioso que tanto las posturas *relativistas* como *hipotético-deductivas* tienen poco apoyo. Sin embargo, el *inductivismo* es el más popular, aunque solo lo explicita el 17% de los encuestados. Y no es de extrañar, dado que el *inductivismo vulgar* es la postura del sentido común, la que de forma natural se emplea en la adquisición del conocimiento ordinario.

Respecto a las cuestiones referentes al criterio de demarcación de la ciencia y a los patrones del cambio científico, entre el 35 y el 50% de los encuestados se sitúan en una posición *contextualista* en un sentido amplio, muy cercano al pragmatismo y al eclecticismo.

Las representaciones mentales sobre la ciencia de estudiantes y del profesorado

Es significativo el resultado de las encuestas referidas a los estudiantes y a los profesores; y también si se refieren a la procedencia de áreas científicas (físicos, químicos y biólogos). Los alumnos son mucho más *eclécticos* y *contextualistas* (el método científico a utilizar depende del contexto del problema que se desea solucionar). Mientras los profesores son más *inductivistas*.

Es curioso resaltar que los físicos aparecen como mucho más *contextualistas* (un 40%) para la elección de un método científico (frente al 22% de los biólogos y solo el 7,7% de los químicos). Estos últimos se manifiestan muy *eclécticos* (en un 69,3%) y los biólogos oscilan entre un *inductivismo* (el 26,8%). Posiblemente, dependa de la naturaleza de la materia científica que estudian.

En cuanto a los criterios de demarcación de la ciencia, aparece que la postura *contextualista* es la más preferida. Sin embargo, entre los alumnos hay

una inclinación hacia las posturas *inductivistas* e *hipotético-deductivas* (un total del 19,5%), mientras los profesores son mucho más pragmáticos (un 40,8%). Esto puede revelar el carácter cerrado de muchas enseñanzas científicas.

Respecto al problema de los patrones de cambio de las ideas científicas, todos los grupos (profesores y alumnos, así como las áreas científicas) apuestan por un *contextualismo racionalista* (las ideas científicas cambian cuando se realizan más observaciones o más experimentos).

Son también interesantes los datos referentes al cuarto problema epistemológico: el estatuto del conocimiento científico. Aquí domina en todo una postura *relativista*, incluyendo una versión relativista del contextualismo. De alguna manera, mantienen inconscientemente la tesis de que “cómo aceptamos que son las cosas, es bastante independiente de la manera en que las cosas son”.

Los profesores encuestados difieren poco de los alumnos (el 54,7% frente al 58,5%), siendo los biólogos los que más acentúan esta tendencia (un 75,6% de ellos). Los físicos, sin embargo, están más cercanos al *pragmatismo* (44,4%) y los químicos son los que más se acercan a la media del *relativismo*.

Hacer visible y explícita la epistemología oculta

Las investigaciones realizadas sobre la llamada *epistemología oculta* (Bachelard, 1938) del profesorado muestran que la postura más extendida es la de un difuso *empirismo*. No obstante, Porlán (1889, 1994) describe otras posiciones que no son propias de un empirista epistemológico. Una de ellas es la que se puede identificar con los planteamientos *relativistas* en la línea de lo detectado por Kouladis y Ogborn (1989).

En estas posturas hay una cierta participación y elaboración por parte del sujeto en el proceso de construcción de la ciencia. Este percibe que hay elementos extracientíficos (las propias ideas e intereses previos, la influencia del método de observación) que intervienen en la elaboración del conocimiento científico. También es necesario apuntar aquí que un pensamiento *racionalista* (a veces hiperracionalista) está presente en la epistemología oculta de algunos profesores.

Hace unos años, refiriéndome a las Ciencias de la Tierra, yo mismo (Sequeiros, 1994) sugería las nuevas tareas que hoy se le imponen a los profesores y profesoras para readaptar sus estrategias profesionales como docentes a las innovaciones que la didáctica de las ciencias han propuesto. El siguiente texto es significativo: “Saber geología (y se hace extensivo a todas las ciencias) implica también conocer las orientaciones metodológicas empleadas en la construcción y valoración de los conocimientos geológicos (y científicos), es decir, la forma en que los científicos (...) abordan los problemas, las características más notables de su actividad, el modo de

producción de esta ciencia y de sus cambios científicos, la emergencia de nuevas teorías y paradigmas. Es decir, la problemática ligada al método científico que lleva a una reflexión *epistemológica* (sobre la fundamentación de la Ciencia como actividad de construcción de conocimientos sobre el mundo”.

Tal vez fueron los trabajos de Maureen Pope y John Scott sobre la epistemología del profesor los precursores en la investigación que relaciona las ideas de los profesores sobre la ciencia con su propia práctica educativa. La hipótesis central de estos autores considera que (Porlán, 1998, 274): *la concepción positivista y empiro-inductivista de las ciencias está en consonancia con la visión absolutista de la verdad y del conocimiento. Así, los profesores que sostienen esta concepción de la ciencia, del contenido del currículum y de la manera de enseñar a los estudiantes pondrán poco o ningún énfasis en sus concepciones y en su participación activa”.*

LAS VISIONES DEFORMADAS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA TRANSMITIDAS POR LA ENSEÑANZA

Uno de los obstáculos más importantes para la correcta enseñanza de las ciencias de la Tierra es la visión deformada sobre lo que es la ciencia que alguna parte del profesorado mantiene inconscientemente y transmite en su tarea diaria.

Un iluminador trabajo de los profesores Isabel Fernández, Daniel Gil y Jaime Carrascosa (Universidad de València), António Cachapuz (Universidade de Aveiro) y João Praia (Universidade de Porto) (Fernández, Gil, Carrascosa, Cachapuz y Praia, 2002) puede ayudar a situarnos en el corazón del problema. Y un adecuado tratamiento de los centenarios científicos puede ayudar a superar estos obstáculos epistemológicos.

La atención que la investigación en Didáctica de las Ciencias ha prestado al estudio de las preconcepciones de los profesores fue escasa hasta la segunda mitad de los años ochenta del siglo XX. Así, en 1987, Hewson y Hewson publicaron un interesante trabajo («Science Teachers' conception of teaching: implications for teachers education») cuya idea central puede resumirse así: del mismo modo que los alumnos poseen preconcepciones, ideas y comportamientos intuitivos, que interfieren en la adquisición de los conocimientos científicos, cabe suponer también que los profesores poseemos preconcepciones acerca de la enseñanza que pueden entrar en conflicto con lo que la investigación ha mostrado acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

En la misma época, se publica un trabajo de Gené y Gil (1987) en el que afirman: «Un primer error en el diseño de la formación inicial del profesorado estriba en concebir ésta como realmente inicial ig-

norando que los futuros profesores poseen ya unos conocimientos, plantean unos procedimientos y tienen unas actitudes hacia la enseñanza y el aprendizaje, que son el resultado de una formación adquirida «ambientalmente» a lo largo de los muchos años en que han seguido como alumnos las actuaciones de sus profesores. Se trata de una formación que tiene un gran peso por su carácter reiterado y al no estar sometida a una crítica explícita, aparece como «natural» sin que llegue a ser cuestionada efectivamente. Ignorar esta formación tiene los mismos efectos negativos que no tomar en consideración las preconcepciones de los alumnos a la hora de diseñar un determinado aprendizaje».

Comienza a producirse así un consenso creciente en torno a la necesidad de modificar la epistemología “espontánea” del profesorado, dado que la misma puede constituir un obstáculo capaz de bloquear los intentos de renovación de la enseñanza de las ciencias (Bell y Pearson, 1992; Gil, 1993; Désautels y Laroche, 1998a; Meichtry, 1999...). En este sentido, Bell y Pearson (1992) han expresado con rotundidad la importancia de la epistemología de los docentes para la renovación de la enseñanza de las ciencias: «Empieza a comprenderse que si se quiere cambiar lo que los profesores y los alumnos hacemos en las clases de ciencias, es preciso previamente modificar la epistemología de los profesores».

De este modo, la investigación en torno a las concepciones docentes acerca de la ciencia y su enseñanza pasa a convertirse, desde finales de los años 80, en una potente línea de investigación de la que son exponente, además de un número creciente de artículos, diversas tesis doctorales (Porlán, 1989; Praia, 1995; Paixão, 1998; Fernández, 2000) o trabajos de recopilación como el volumen editado por McComas (1998) con el significativo título de «The nature of science in science education».

Cabe recordar, por otra parte, que esta atención a las concepciones docentes sobre la naturaleza de la ciencia se había iniciado décadas atrás, aunque limitada a señalar las serias discrepancias entre la visión de la ciencia proporcionada por la epistemología contemporánea y ciertas concepciones docentes, ampliamente extendidas, marcadas por un empirismo e inductivismo extremo (Giordan, 1978; Gil, 1983; Hodson, 1985; Nussbaum, 1989). Este empiro-inductivismo ha seguido siendo denunciado a lo largo de las dos últimas décadas (Cleminson, 1990; Meichtry, 1999...).

De la extensa tipología de versiones deformadas de lo que es la actividad científica presentada por los autores del trabajo que seguimos, cabe destacar tres concepciones que, en nuestra opinión, están más presentes en las tareas del profesorado de Ciencias de la Tierra (y que en nuestra opinión se hace más explícita en la enseñanza de la Deriva Continental y la Tectónica de Placas (Sequeiros, García de la Torre y Pedrinaci, 1995):

La deformación empiro-inductivista y ateórica

Muchos profesores de Ciencias de la Tierra mantienen una concepción empiro-inductivista y ateórica de la ciencia. Es una concepción que defiende implícitamente el papel prioritario de la observación directa y de la experimentación, pretendidamente «neutras» (no contaminadas por ideas apriorísticas), e incluso del puro azar. Se olvida el papel esencial de las hipótesis como punto focal de la investigación, y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso.

Cuando era estudiante en la Universidad, los profesores nos espoleaban a “patear al campo”. Muchos estudiantes iban de un sitio para otro con la convicción de que andar mucho y “picar” mucho llenaría de conocimientos la mochila de nuestra mente. La verdad sobre las rocas estaba ahí, esperando, y solo era necesario buscarla para encontrarla. En la formación académica de los geólogos (al menos en España) la inclinación inductivista del profesorado clásico ha lastrado a varias generaciones.

Cabe señalar que aunque ésta es, sin duda, la deformación más estudiada y criticada en la literatura, tanto en la década de los años setenta como en el periodo 1984-2000 analizado (con más de 60 trabajos que hacen referencia a la misma, que incluiremos más abajo) sigue siendo una concepción ampliamente extendida entre el profesorado de ciencias (Fernández, 2000).

Es preciso tener en cuenta a este respecto que, pese a la importancia dada (verbalmente) a la observación y experimentación, en general la enseñanza es puramente *libresca*, sin apenas trabajo experimental. Ello favorece que la experimentación conserve para profesores y estudiantes el atractivo de una “revolución pendiente”, como hemos podido percibir en entrevistas realizadas a profesores en activo (Fernández, 2000).

De hecho los intentos de renovación de la educación científica iniciados en los años 60 incurrieron, en sus mismas denominaciones –“aprendizaje *por descubrimiento*”...- en esta visión ateórica, centrada en el supuesto Método Científico, con olvido de los contenidos (Gil, 1983; Phillips, 1985; Driver, 1983; Millar & Driver, 1987; Millar, 1988; Millar & Wynne, 1988; Gómez, Izquierdo y Sanmartí, 1990).

La concepción rígida de la actividad científica

Una segunda deformación ampliamente recogida en la literatura es la que transmite una *visión rígida (algorítmica, exacta, infalible...)* de la actividad científica. Como dice la etiqueta del Anís del Mono: “Lo dice la Ciencia y no se equivoca”.

Se presenta el «método científico» como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente y que conducen a la verdad. Son profesores que llamo GPS: siguiendo las recetas llegamos sin dudar a la meta deseada. Se resalta, por otra parte, lo que supone

tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., olvidando -o, incluso, rechazando- todo lo que significa invención, creatividad, duda...

Se trata de una concepción ampliamente difundida entre el profesorado de ciencias (Fernández, 2000). Así, en las entrevistas que se han mantenido con profesores, una mayoría se ha referido al “método científico” como una secuencia de etapas definidas, destacando el rigor del mismo y el carácter exacto de los resultados obtenidos.

Resultados semejantes han sido obtenidos por otros investigadores, pero cabe señalar que ésta es una deformación criticada por un cierto sector de los docentes. Pero algunos han caído en el extremo opuesto. Al rechazar ésta visión rígida y dogmática de la ciencia, hacen suyo un *relativismo* extremo, tanto metodológico (“todo vale”, no hay estrategias específicas en el trabajo científico), como conceptual (no hay una realidad objetiva que permita contrastar la validez de las construcciones científicas: la *única* base en la que se apoya el conocimiento es el consenso de la comunidad de investigadores en ese campo). Es un relativismo del que encontramos apoyos en la literatura (Feyerabend 1989) y, por supuesto, en las críticas al dogmatismo (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999; Cobern, 2000).

La tercera deformación: una concepción aproblemática y ahistórica de la ciencia

Muy ligada a esa visión rígida a la que acabamos de referirnos, podemos mencionar la *deformación aproblemática y ahistórica (y, por tanto, dogmática y cerrada)*. Para muchos profesores, en el aula se deben transmitir conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc., ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento científico actual o las perspectivas abiertas. “Eso les crea confusión e inseguridad” –dicen- “hacen falta ideas simples y claras”. Se pierde así de vista que, como afirma Bachelard (1938), “todo conocimiento es la respuesta a una cuestión”, a un problema, lo que dificulta captar la racionalidad del proceso científico.

Se trata de una concepción que la enseñanza de la ciencia refuerza *por omisión*. En efecto, los profesores de ciencias, tanto al ser entrevistados como cuando resuelven distintos tipos de cuestiones relativas a la forma de introducir los conocimientos científicos, no hacen referencia a los problemas que están en el origen de la construcción de dichos conocimientos.

Relacionado con lo anterior, persiste una deformación a la que tampoco hacen referencia, a menudo, los equipos docentes es la que transmite una *visión acumulativa, de crecimiento lineal de los conocimientos científicos*: el desarrollo científico aparece como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo (Izquierdo, Sanmartí y Espinet 1999),

ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahorrarse por ningún modelo definido de cambio científico (Gieryn, 1998; Estany, 1990).

Esta deformación es complementaria, en cierto modo, de lo que hemos denominado visión rígida, aunque deben ser diferenciadas: mientras la visión rígida o algorítmica se refiere a cómo se concibe la realización de una investigación dada, la visión acumulativa es una interpretación simplista de la evolución de los conocimientos científicos, a la que la enseñanza suele contribuir al presentar los conocimientos hoy aceptados sin mostrar cómo dichos conocimientos han sido alcanzados, ni referirse a las frecuentes confrontaciones entre teorías rivales, ni a los complejos procesos de cambio.

LA HISTORIA DE LA CIENCIA (Y EN PARTICULAR LOS ANIVERSARIOS) COMO PALANCA DIDÁCTICA

Partimos en este trabajo de la oportunidad de recordar en 2012 el centenario del primer artículo de Wegener sobre Deriva Continental y su uso didáctico.

En ocasiones, se entiende la Historia de la Ciencia como una exposición cronológica de los principales logros que han ido acumulándose a lo largo del tiempo. Se trata de una historia descriptiva que tiene en el progreso científico su criterio expositivo. No es ésta la Historia de la Ciencia de la que cabe esperar contribuciones relevantes a la enseñanza.

Para la moderna historiografía de la ciencia, tan interesante resulta estudiar los avances producidos en la construcción del saber relacionados con la introducción de un procedimiento, un concepto o un sistema conceptual, como analizar las razones de un estancamiento, una progresión dificultosa o de un retroceso. Desde esta perspectiva historiográfica habrá de entenderse lo que sigue.

Ciencias de la naturaleza e historia de las ciencias: ¿Qué pueden aportar los aniversarios en ciencias a la enseñanza y al aprendizaje de las Ciencias de la Tierra?

Las aportaciones de la Historia de las Ciencias (y en nuestro caso de los aniversarios científicos, como el centenario de la Deriva Continental) justifican su consideración en la formación del profesorado y en la selección del currículum para los estudiantes. Desde este punto de vista, se abordan los aniversarios en Ciencias de la Tierra desde cuatro perspectivas:

a) Para la detección de los obstáculos epistemológicos que se han encontrado en la construcción del conocimiento, b) Su utilidad de la introducción de ciertos conceptos, procedimientos o actitudes para la superación de dichos obstáculos, c) Para la

valoración de la potencialidad de los conocimientos y d) Para la funcionalidad de los mismos (Pedrinaci, 1987, 1992).

a) Los aniversarios en ciencias pueden ser, en manos del profesorado, una buena herramienta para detectar los obstáculos epistemológicos de los estudiantes

Hace ya muchos años, Gaston Bachelard estaba convencido de la importancia que el conocimiento de la Historia de las ciencias tiene para el análisis epistemológico y el aprendizaje de la ciencia: “Cuando se investigan las condiciones psicológicas del progreso de la ciencia, se llega muy pronto a la convicción de que *hay que plantear el problema del conocimiento científico en términos de obstáculos*. (...) Es ahí donde mostraremos causas de estancamiento, es ahí donde discerniremos causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos”.

La Historia de la Ciencia nos alerta sobre la complejidad de determinados conocimientos, sobre la dificultad de comprensión que pueden presentar, sobre la posible existencia de obstáculos epistemológicos. La descripción de un mismo hecho ha sido utilizada con frecuencia para avalar teorías contrapuestas. Los conocimientos, a diferencia de lo que a veces parece sugerirse, no se deducen linealmente de los hechos por un proceso de inducción, sino que como apuntan Giordan y Vecchi (1987) “se trata siempre de algo elaborado, que responde a una necesidad y a los problemas que nos planteamos, siendo el fruto de un proceso de abstracción y de formalización, que se establece en la mayoría de las ocasiones en ruptura con la evidencia”.

Determinar cuáles son los obstáculos epistemológicos es, de acuerdo con Gagliardi y Giordan (1986), uno de los aspectos clave para la transformación de la enseñanza de las ciencias. Consideran estos autores que disponemos de dos instrumentos básicos para esa determinación: el análisis de las representaciones de los alumnos y de la Historia de la Ciencia. Se trata, además, de dos herramientas que pueden aportarse un beneficio recíproco, y cuya utilidad didáctica trasciende el ámbito de la detección de los obstáculos epistemológicos.

b) Los aniversarios en ciencias pueden ser un buen instrumento didáctico para conocer el modo en que pueden superarse los obstáculos epistemológicos.

El análisis de la evolución del conocimiento, no sólo ayuda a comprender la dificultad que puede plantear la introducción en el currículum de ciertos contenidos, sino que puede además aportar orientaciones relevantes acerca del modo de abordar en el aula dichas dificultades: sugiriéndonos el uso de determinados “conceptos puente”, la necesidad de introducir cambios metodológicos o la relación existente entre la adquisición del conocimiento en cuestión y un cambio en las competencias científicas.

Los ejemplos se podrían multiplicar. En cada rama del conocimiento científico hay muchos casos de obstáculos a la construcción de pensamiento racional que han chocado con las representaciones previas del mundo, o con intereses de otros tipos y que han dificultado el avance de las ideas científicas. En otro lugar me he referido al caso de Diluvio Universal, representación de la naturaleza muy difundida en todas las culturas y que ha supuesto un obstáculo que impidió el avance de las ciencias de la Tierra y de las ciencias de la vida durante siglos.

c) Los aniversarios en ciencias, en manos del profesorado, también pueden ser un valioso instrumento para valorar la potencialidad de los conocimientos científicos

La Historia de las Ciencias puede ser una buena herramienta para conocer el núcleo central de un cierto campo del saber y valorar la potencialidad organizadora y reestructuradora que pueden atesorar determinados conocimientos, configurándose como un soporte básico de la Epistemología y de la enseñanza de las ciencias.

Para Gagliardi (1986) existen conocimientos que una vez que han sido construidos por los alumnos determinan una transformación y reestructuración de su sistema conceptual. Son los que denomina conceptos estructurantes. Por otra parte Gagliardi y Giordan (1986) señalan tres herramientas que pueden ayudar a definir cuáles son esos conceptos estructurantes: el análisis de las representaciones sociales, el análisis de los momentos de transformación de la ciencia y el análisis de las teorías científicas actuales.

La Historia de la Ciencia ayuda a conocer cuáles fueron los conocimientos que estaban presentes en los momentos en que ocurrieron cambios importantes en las Ciencias, y su análisis puede permitir determinar cuáles de esos conceptos, procedimientos o actitudes han favorecido la reestructuración del conocimiento y han impulsado su avance.

d) Los aniversarios en ciencias pueden ayudar al profesorado a valorar la funcionalidad que para los estudiantes de secundaria pueden tener los conocimientos científicos

Hodson (1986) plantea la necesidad de considerar la funcionalidad del conocimiento como uno de los criterios para la determinación del conocimiento escolar: “en la enseñanza de la ciencia, el grado de sofisticación teórica en cualquier etapa debería ser determinado por la capacidad de la teoría para explicar los fenómenos que encontrarán los alumnos. No necesita ir más allá.”

Hodson confiesa que le resulta tentador sugerir que en ausencia de fenómenos para ser explicados, no hay necesidad de teoría. De esta manera las teorías podrían seguir un proceso de complejización y desarrollo a lo largo de la educación científica de un

niño, “que quizás siga líneas similares a las de su desarrollo histórico”.

Coincidimos en la necesidad de valorar la utilidad que para el alumno de la enseñanza no universitaria puede tener tanto en la resolución de problemas cotidianos, como para comprender e intervenir mejor en la realidad que le rodea, así como en la relevancia para su vida futura. Pero queríamos añadir algo más.

La Historia de la Ciencia está plagada de ejemplos que nos muestran cómo conceptos o teorías que hoy han sido superados por formulaciones más complejas, sin embargo han tenido una gran funcionalidad. De tal manera que no sólo han ayudado a comprender mejor el mundo que nos rodea, sino que han favorecido, fundamentado y otorgado coherencia interna a proyectos de investigación que han movilizado las ideas dominantes y sentado las bases para futuros desarrollos del conocimiento.

IMPLICACIONES PARA EL AULA: EJEMPLIFICACIÓN

En nuestra revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra se han publicado en estos años muchos artículos en los que se ofrecen ejemplos de aplicación en el aula de las ideas antes expuestas (Anguita Virella, 1995b; Domingo, 1993; Praia, 1995; Pedrinaci, 1992, 1996, 2001). Basta repasarlos en nuestra web, www.aepect.org

Hace ya muchos años (Sequeiros, García de la Torre y Pedrinaci, 1995) publicamos un trabajo con numerosos ejemplos en torno a la Deriva Continental y la Tectónica de Placas. A él nos referimos.

CONCLUSIONES

¿Tienen alguna utilidad en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Tierra la conmemoración de aniversarios científicos? Creemos que sí, si se saben trabajar adecuadamente. En este número de *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* ofrecemos al profesorado unas orientaciones que pueden ser una herramienta didáctica para conmemorar el primer centenario de la Deriva Continental (1912).

Creemos haber dado pistas para responder a las preguntas: ¿tiene interés para los estudiantes sacar ahora estas ideas que están parcialmente obsoletas? ¿No sería mejor empezar por los grandes temas de la Tectónica de Placas? Pero hay una cuestión que va más allá: ¿qué interés puede tener para el profesorado leer ahora unos textos de hace un siglo, con ideas que ya están pasadas de moda?

Poder integrar en el currículo los aniversarios en ciencias nos parece bien justificado. Pero existen dos tipos de obstáculos que es necesario superar: por una parte, la filosofía ingenua de una parte del

profesorado que mantiene una posición no consecuente sobre lo que es el conocimiento científico y cómo se elabora. Por otra parte, la visión ingenua que los estudiantes mantienen debido a una escasa alfabetización de las competencias intelectuales. Superados estos obstáculos, el uso de aniversarios en el aula puede resultar una herramienta potente para la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias de la Tierra.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguita Virella, F. (1993). Teoría General de Sistemas y Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 1.2, 87-89.
- Anguita Virella, F. (1994). Geología, Ciencias de la Tierra, Ciencias de la Naturaleza: paisaje de un aprendizaje global. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2.1, 22-34.
- Anguita Virella, F. (1995). Ciencias del Espacio en la víspera de 2001: didáctica de una frontera científica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3.2, 66-72.
- Anguita Virella, F. (1995). Evolución de la tectónica de placas: el nuevo interior de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3.3, 137-148.
- Angulo Delgado, F. (2002). *Aprender a enseñar Ciencias. Análisis de una propuesta para el profesorado de secundaria basada en la metacognición*. Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona.
- Bachelard, G., (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin: Paris. Traducción española: (1993). *La formación del espíritu científico. Contribución a un psicoanálisis del conocimiento objetivo*. Siglo XXI, Madrid (19 edición de la traducción española de 1948), 302 p.
- Bell, B. F, y Pearson, J. (1992). Better Learning. *International Journal of Science Education*, 14.3, 349-361.
- Cleminson, A. (1990). Establishing an epistemological base for science teaching in the light of contemporary notions of the nature of science and of how children learn science. *Journal of Research in Science Teaching*, 27.5, 429-445.
- Cobern, W. W. (2000). The nature of science and the role of knowledge and belief. *Science & Education*, vol. 9.3, 219-246.
- Désautels, J. y Larochelle, M. (1998). *About the epistemological posture of science teachers*. En: Tiberghien A., Jossem L. y Barojas J. (Eds), *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education* (ICPE Books).
- Domingo, M. (1993). Homenaje a J. Tuzo Wilson: "Revolución en las Ciencias de la Tierra" y la última propuesta de Wilson. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3.1 71-86.
- Driver, R. (1983). *The pupil as scientist?* Milton Keynes, Open University.
- Estany A. (1990). *Modelos de cambio científico*. Barcelona: Editorial Crítica.
- Fernández, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universitat de València.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20.3, 477-488.
- Feyerabend, P. (1989). *Contra el Método*. Barcelona: Ariel.
- Gagliardi, R. y Giordan, A. (1986). La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 4.2, 253-258.
- Gagliardi, R., (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, vol 4, 30-35.
- García Cruz, C.M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes. Una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias*, 16.2, 323-330.
- Gené, A. y Gil, D. (1987). Tres principios básicos en el diseño de la formación del profesorado. *Andecha Pedagógica*, 18, 28-30.
- Gil, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 1.1, pp. 26-33.
- Gil, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11.2, 197-212.
- Giordan A. (1978). Observation - Expérimentation: mais comment les élèves apprennent-ils? *Revue Française de Pédagogie*, 44, 66-73. Traducción española en *Infancia y Aprendizaje*, 1978, número 13.
- Giordan, A. y Vecchi, G. (1987). *Les origenes du savoir*. Delachaux: Paris, 214 p.
- Gómez, I., Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (1990). Los procedimientos. *Cuadernos de Pedagogía*, 180, 28-31.
- Hewson, P.W. y Hewson M.G. (1987). Science teacher's conceptions of teaching: Implications for teacher education. *International Journal of Science Education*, 9, 425-440.
- Hodson, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N y Espinet, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17.1, 45-60.
- Koulaidis, V. y Ogborn, J. (1989) Philosophy of Science: an empirical study of teachers' views. *International Journal of Science Education*, 11.2, 173-184.
- Manassero, M. A., Vázquez, M. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la Ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 37, 187-208.
- McComas, W.F. (1998). The principal elements of the nature of science: Dispelling the myths. En: W.F. McComas (Ed). *Science and Technology Education Library*. (1998): "The nature of science in science education. Rationales and strategies". 53-70. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Meichtry, Y. (1999). The nature of science and scientific knowledge: Implications for a preserve elementary methods course. *Science & Education*, vol. 8.3, 273-286.
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la Filosofía de la Ciencia a la didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 11.3, 331-339.
- Millar, R. (1988). What is scientific method and can it be taught? In: J. Wellington (Ed.). *Skills and processes in Science Education. A critical analysis*. New York: Routledge, 47-61.
- Millar, R. y Driver, R. (1987). Beyond processes. *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- Millar, R. y Wynne, B. (1988). Public understanding of Science: from contents to processes. *International Journal of Science Education*, 10.4, 388-398.

- Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal in Science Education*, 11, 530-540.
- Paixao, M. F. (1998). *Da Construção do Conhecimento Didático na Formação de Professores de Ciências. Conservação da Massa nas Reações Químicas: estudo de índole epistemológica*. Tese de Doutoramento. Aveiro: Universidade de Aveiro.
- Pedrinaci, E., (1987). Representaciones de los alumnos sobre los cambios geológicos: *Investigación en la Escuela*, 2, 65-74.
- Pedrinaci, E., (1992). Catastrofismo versus actualismo. Implicaciones didácticas: *Enseñanza de las Ciencias*, 10.2, 216-222.
- Pedrinaci, E. (1996). Naturaleza e historia de la ciencia (Monográfico). *Alambique*, 8.
- Pedrinaci, E. (2001). *Los procesos geológicos internos*. Editorial Síntesis, 222.
- Phillips, D. C. (1985). Can scientific method be taught? *Journal of Curriculum Studies Teaching*, 95-101.
- Pope, M. L. y Gibert, J. (1983). Personal experience and the construction of Knowledge in Science. *Science Education*, 67(2), 193-203 (Traducción española: (1998) La experiencia personal y la construcción del conocimiento en ciencias. En: Porlán, R., García J. E. y Cañal, P., *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*, Diada, Sevilla).
- Porlán, R. (1989). *Teoría del conocimiento, teoría de la enseñanza y desarrollo profesional. Las concepciones epistemológicas de los profesores*. Tesis Doctoral. Universidad de Sevilla.
- Praia J. (1995). *Formação de Professores no Ensino da Geologia: contributos para uma Didáctica fundamentada na epistemologia das ciências. O caso da Deriva Continental*. Tese de Doutoramento. Universidade de Aveiro. Aveiro.
- Rebollo, M. (1996). Una aproximación didáctica a la naturaleza de la ciencia a través de los textos históricos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4.1, 53-58.
- Ruiz Ortega, F. J. (2006) Ideas de ciencia y su incidencia en los procesos de enseñanza aprendizaje. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 2(1), Enero - Junio, 2006, págs. 119-130 [[http://200.21.104.25/latinoamericana/downloads/Latinoamericana2\(1\)_5.pdf](http://200.21.104.25/latinoamericana/downloads/Latinoamericana2(1)_5.pdf) y http://www.aufop.com/aufop/uploaded_files/articulos/1223463899.pdf].
- Sequeiros, L. (2005). *Guía para la Celebración de centenarios en las Ciencias de la Naturaleza. Sugerencias didácticas para la Educación Secundaria*. Octaedro-EUB, Barcelona, 206.
- Sequeiros, L. (1994) La formación del profesorado de Geología: nuevos saberes y nuevas tareas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2.2-3, 320.
- Sequeiros, L., García de la Torre, E. y Pedrinaci, E. (1995). Tectónica de Placas y Evolución Biológica: construcción de un paradigma e implicaciones didácticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 3.1, 14-22.
- Sequeiros, L. (2005) *Guía para la Celebración de centenarios en las Ciencias de la Naturaleza. Sugerencias didácticas para la Educación Secundaria*. Octaedro- EUB, Barcelona, 206.
- Sequeiros, L. (2009). *¡VIVA LA CIENCIA VIVA! Centenarios en Ciencias desde 2010 a 2020. Sugerencias didácticas para Educación Secundaria*. Bubok publicaciones digitales. (www.metanexus.bubok.com)
- Sequeiros, L. (2011). *Repensar la Naturaleza. 4. La imagen moderna del mundo*. Bubok publicaciones digitales, 160 páginas (www.metanexus.bubok.com)■
- Artículo solicitado desde E.C.T. el 15 de septiembre de 2010 y recibido el 10 de mayo de 2011; aceptado definitivamente para su publicación el 5 de septiembre de 2011.*