

COMPRENSIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE NATURALEZA DE LA CIENCIA: ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA CUESTIÓN Y PERSPECTIVAS

GARCÍA-CARMONA, ANTONIO¹; VÁZQUEZ ALONSO, ÁNGEL² y MANASSERO MAS, MARIA ANTÒNIA³

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla

² Departamento de Pedagogía Aplicada y Psicología de la Educación. Universidad de las Islas Baleares

³ Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares

garcia-carmona@us.es

angel.vazquez@uib.es

ma.manassero@uib.es

Resumen. En este artículo se hace una revisión de las aportaciones de la literatura actual en relación con: a) las principales dificultades y posicionamientos teóricos a la hora de plantear la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (NdC), y b) la evidencia empírica proporcionada por investigaciones, realizadas en la presente década, acerca de la comprensión de los estudiantes sobre la NdC. Todo ello, con el fin de conjeturar posibles perspectivas de futuro, a la luz del estado actual de la cuestión.

Palabras clave. Alfabetización científica, comprensión de los estudiantes, educación científica, enseñanza de la naturaleza de la ciencia, naturaleza de la ciencia.

Students' understanding about nature of science: analysis of current situations and perspectives

Summary. This paper aims to perform a review of present literature with regard to: a) main difficulties and theoretical positioning for teaching Nature of Science (NOS), and b) empirical evidences provided by researches performed in the present decade about students' understanding of NOS. All this is done in order to surmise some future perspectives from the present situation.

Keywords. Science Education, scientific literacy, students' understanding of nature of science, teaching about nature of science.

INTRODUCCIÓN

Hace décadas que la *naturaleza de la ciencia* (NdC) se viene reclamando como elemento básico de la educación científica, pero fue durante la pasada década cuando ésta tuvo un impulso significativo en los currículos escolares de ciencia (Jenkins, 1996; Rudolph, 2000) como componente esencial de la alfabetización científica (DeBoer, 2000; Millar, 2006). Sin embargo, la introducción efectiva de contenidos de la NdC en las aulas de ciencias parece que aún no es una realidad en la mayoría de los casos (Lederman, 2006).

En las tres últimas décadas, fundamentalmente, se han realizado numerosos estudios acerca de la comprensión

de estudiantes y profesores respecto a la NdC. Tal cantidad de estudios ha llevado a destacados investigadores del tema a realizar, cada cierto tiempo, trabajos de revisión bibliográfica dirigidos a recopilar y organizar, desde una perspectiva crítica, los resultados de toda esa investigación. Buenos ejemplos son los trabajos de Lederman (1992) y de Abd-El-Khalick y Lederman (2000), realizados en la década anterior. Después de estos trabajos de revisión, se han seguido realizando una ingente cantidad de estudios vinculados a la comprensión de la NdC en el ámbito educativo; por tanto, parece oportuno abordar nuevos trabajos de revisión que proporcionen una visión

global más actualizada de los mismos, a fin de esclarecer cuál es el estado de la cuestión y qué perspectivas de futuro se vislumbran al respecto.

El propósito de este trabajo es, por consiguiente, hacer una revisión de las aportaciones de la literatura en el período 2000-2010 relativas a la evidencia empírica proporcionada por las investigaciones acerca de la comprensión de los estudiantes sobre la NdC. Y ello, con vistas a conjeturar perspectivas de futuro que se generan a partir del estado actual de la cuestión. Si bien, antes creemos oportuno exponer un breve compendio de las dificultades y posicionamientos más significativos a la hora de emprender la reconocida compleja enseñanza de la NdC.

DIFICULTADES Y POSICIONAMIENTOS EXISTENTES ACTUALMENTE A LA HORA DE PLANTEAR UNA ENSEÑANZA EFICAZ DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

No cabe duda que lograr una adecuada comprensión de la NdC pasa, entre otros factores, porque su enseñanza se plantee de la manera más conveniente posible, aun teniendo presente la propia complejidad que pueda derivarse de la naturaleza y concepción del término. De modo que antes de pasar a un análisis de las creencias y dificultades de aprendizaje de los estudiantes acerca de la NdC, parece pertinente revisar cuáles son los obstáculos y dificultades habituales que enfrenta el planteamiento de la enseñanza de la NdC y los posicionamientos más relevantes al respecto.

La NdC se erige como un término complejo dado que, además de evolutivo en el tiempo, aglutina una diversidad de aspectos relacionados con diferentes disciplinas como la filosofía, la sociología y la historia de la ciencia, entre otras (Vázquez et al., 2001). En el ámbito de la didáctica de las ciencias hay, fundamentalmente, dos posicionamientos (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004): uno reduccionista tendente a identificar la NdC con la epistemología de la ciencia, especialmente con los valores y características filosóficas inherentes al conocimiento científico; y otro, que asume la NdC como un concepto más amplio, que engloba multitud de aspectos, incluyendo cuestiones como: qué es la ciencia; cuál es su funcionamiento interno y externo; cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce; qué métodos emplea para validar y difundir este conocimiento; qué valores están implicados en las actividades científicas; cuáles son las características de la comunidad científica; qué vínculos tiene con la tecnología, la sociedad y la cultura; etc.

A pesar de esta complejidad y diversidad de visiones sobre la NdC, se puede hablar de la existencia de ciertos acuerdos que podrían servir de base para un currículo escolar de ciencias, capaz de ofrecer una visión básica de la misma. Acevedo y otros (2007), empleando una metodología empírica, han validado numerosos acuerdos sobre los contenidos de la NdC, que no se limitan a los tópicos de carácter más epistemológico y genérico de otras propuestas (p.ej. Lederman et al., 2002; Osborne et

al., 2003), sino que los concretan y amplían con otros aspectos relacionados con la influencia de la sociedad sobre la ciencia y la tecnología, la influencia de la ciencia y la tecnología sobre la sociedad, así como la sociología interna de la ciencia.

Junto con la búsqueda de acuerdos o consensos, el carácter dialéctico y complejo de la actual tecnociencia es otro factor que parece dificultar la enseñanza de la NdC. Hoy día conviven diversos modelos de ciencia, en un dinamismo permanente, que resulta difícil de aprehender incluso por los especialistas (Echeverría, 2003); con lo cual, tampoco existe una única reflexión sobre la ciencia, sino diversas conviviendo simultáneamente (Acevedo, 2006). De ahí la importancia de enseñar la NdC desde la pluralidad, y no desde un modelo único, especialmente en aquellos aspectos más complejos o controvertidos, donde el disenso entre los propios especialistas es mayor (Rudolph, 2003). Ello supone, además, un argumento en favor de la enseñanza de la NdC explícita y planificada, porque permite justificar dos importantes limitaciones que algunos utilizan para decidir no enseñar la NdC. En primer lugar, una enseñanza de la NdC basada en las creencias totalmente consensuadas podría considerarse inaceptable por reduccionista; esto es, por no presentar holísticamente el tema. De modo que cualquier descripción de la NdC será parcial y limitada, atenuando así la objeción de reduccionismo a una enseñanza basada en los consensos, pues cualquier otro marco que se adopte implicará igualmente una reducción. En segundo lugar, su enseñanza se condiciona por la *transposición didáctica* pertinente, en este caso, la transformación de los consensos sobre la NdC en contenidos escolares (Schwartz y Lederman, 2002; Taber, 2008), que implica, también, una simplificación.

Si a ello se añaden las teorías personales de los profesores sobre el aprendizaje, y la falta de orientaciones del currículo, de un adecuado conocimiento didáctico del contenido de la NdC, de materiales didácticos apropiados, etc., aún se acentúa más que su enseñanza sea siempre fragmentada y limitada (Acevedo, 2009a,b). Por tanto, la selección de un conjunto representativo de contenidos de la NdC para la enseñanza de las ciencias, guiada por consensos empíricamente justificados, no debería rechazarse racionalmente, tanto desde un punto de vista didáctico como epistemológico.

Una de las teorías personales de los profesores de ciencias, que dificulta la enseñanza de la NdC, es la identificación de ésta con los procedimientos científicos (Lederman, 2006; Acevedo, 2008), creyendo, por tanto, que la enseñanza de la NdC es suficiente realizarla de manera implícita, mediante dichos procedimientos. Los argumentos para defender su diferenciación inciden en que los procedimientos científicos son capacidades referidas a las actividades relacionadas con la metodología científica, y que, por ende, la indagación científica consiste en utilizar esos procedimientos de manera articulada, cíclica y compleja. Mientras que la NdC, como se ha dicho, se refiere a los metaconocimientos epistemológicos, sociológicos y psicológicos de las actividades y procedimientos de la ciencia; por ejemplo, la validez, alcance, significado, valor, etc. de los procedimientos.

No obstante, cabe añadir que plantear una enseñanza implícita de la NdC, sin caer en la errónea identificación de la NdC con procedimientos científicos, es más aceptable que omitirlo. Pero, como se verá después, la enseñanza explícita de la NdC se muestra más eficaz (Acevedo, 2009c). El enfoque explícito implica que la NdC se presenta en el aula como resultado de una planificación curricular (objetivos, contenidos, actividades en contextos y evaluación de los resultados conseguidos), al igual que para el resto de contenidos de ciencia escolar (Manassero, Vázquez y Acevedo, 2001; Schwartz y Lederman, 2002). Sin pretender que estos dos posibles enfoques para enseñar la NdC sean los únicos, la literatura reciente adjudica al factor implícito o explícito de la presentación de la NdC en el aula un carácter clave en la efectividad de su enseñanza.

Otro factor decisivo en la efectividad del aprendizaje de la NdC son los procesos de reflexión en clase (Flick y Lederman, 2004). No basta con la presentación explícita de los contenidos para que el aprendizaje de la NdC sea significativo; también es preciso promover actividades de metarreflexión, que incidan en las implicaciones que tienen tales contenidos para dar sentido a los aprendizajes y el conocimiento resultante.

No obstante, aún es necesario conocer más a fondo la eficacia relativa de los distintos aspectos y enfoques para la enseñanza de la NdC, considerando los distintos contextos de aprendizaje, así como posibles combinaciones de los enfoques anteriores.

COMPRENSIÓN DE LOS ESTUDIANTES SOBRE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA (PERÍODO 2000-2010)

La evaluación de la comprensión de la NdC por los estudiantes parte del supuesto de que una comprensión adecuada y precisa de ésta es un objetivo importante de la educación científica. Un campo de investigación acerca de la comprensión de los estudiantes sobre la NdC lo provee la evaluación de sus creencias y actitudes ante cuestiones de la NdC. Kang, Scharmann y Noh (2005) investigaron las visiones sobre la NdC de una muestra representativa de estudiantes coreanos de secundaria, y encontraron que la mayoría mostraba una visión absolutista/empirista de la ciencia. Este mismo resultado fue corroborado por Kichawen, Swain y Monk (2004) con estudiantes universitarios. Además, hallaron que eran poco proclives hacia los aspectos procedimentales de la ciencia, y sólo aquellos con vocación hacia las ciencias de la salud mostraban una visión más realista y contextualizada de la ciencia.

Las visiones, más o menos sesgadas, de los estudiantes sobre la NdC no sólo se desarrollan en el contexto de la ciencia enseñada en la escuela. Dhingra (2003) ha concluido que las opiniones del estudiante sobre la NdC se forman a partir de una variedad de fuentes de información extraescolares, y que la ciencia mediada por la televisión (documentales, noticias, etc.) es una de las más

significativas. Sutherland (2002) ha constatado, además, que las diferencias culturales de los estudiantes condicionan su visión sobre la NdC. Dogan y Abd-El-Khalick (2008), al analizar las visiones de los estudiantes sobre la NdC, no sólo corroboran lo anterior, sino que, además, observan que aquellos con altos niveles socioeconómicos y educativos en sus hogares muestran una mejor comprensión de ésta.

Liu y Tsai (2008), al analizar si estudiantes de ciencias y de no ciencias tienen diferentes visiones epistemológicas de la ciencia, observaron que los primeros tienen creencias menos sofisticadas que los segundos en los aspectos cargados de teoría y culturalmente dependientes. Con lo cual, sugieren que los estudiantes universitarios de ciencias deberían recibir en su formación más desarrollo epistemológico, en lugar de un conocimiento científico descrito como objetivo y universal. No obstante, como señalan estos autores, quizás sean esas creencias sobre certeza y objetividad las que, precisamente, lleven a esos estudiantes a elegir formarse en ciencias. Un resultado similar encuentran Vázquez y Manassero (2008) al realizar la misma comparación entre estudiantes de ciencias y de humanidades en formación para ser profesores; los de humanidades muestran creencias más adecuadas sobre la NdC, en mayor número de temas, fundamentalmente en los de ciencia y sociedad.

Pese a la variedad de instrumentos empleados y la dudosa calidad psicométrica de algunos de ellos, la conclusión abrumadora de la investigación reciente, y anterior (Lederman, 1992; Abd-El-Khalick y Lederman, 2000), es que los estudiantes no tienen una comprensión precisa de la NdC; con lo cual, parece imperioso plantearse la mejor forma de enseñar la NdC a los estudiantes. Esta cuestión se ha tanteado ampliamente en numerosas investigaciones, con estudiantes de diferentes niveles educativos y en diferentes contextos; y muy especialmente con estudiantes en formación inicial para ser profesores. Los resultados siguientes se refieren a estudiantes, divididos en grupos según los diferentes contextos o escenarios escolares en los que suele plantearse la enseñanza de la NdC.

Comprensión de la NdC a través de una enseñanza de la ciencia contextualizada en situaciones socio-científicas

Numerosas investigaciones y experiencias educativas recientes (García-Carmona, 2006, 2008; Kaya, Yager y Dogan, 2009; Klosterman y Sadler, 2010; Lee y Erdoğan, 2007; Levinson, 2006; Sadler et al., 2006) revelan que el análisis de aspectos sociocientíficos en clase de ciencias favorece en los estudiantes el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia, una percepción más realista y adecuada de ésta, así como un pensamiento crítico y responsable ante situaciones de controversia sociocientífica. Esto sintoniza con los resultados de otras investigaciones (Bennett, Lubben y Hogarth, 2007; Campbell y Lubben, 2000; Rivet y Krajcik, 2008), que concluyen que el aprendizaje de la ciencia escolar se ve favorecido si es abordado en conexión con el contexto natural y sociocultural del alumnado.

Sin embargo, que los estudiantes lleguen a emitir argumentos ricos y fundamentados ante situaciones tecnológicas controvertidas, no implica, necesariamente, que hayan mejorado su comprensión sobre la NdC. Bell y Lederman (2003) y Sadler y Zeidler (2004), al estudiar qué incidencia tiene la NdC en la toma de decisiones de estudiantes cuando analizan cuestiones sociocientíficas, encuentran que éstos suelen basar sus argumentos, fundamentalmente, en valores personales, morales o éticos y sociales; con lo cual, la NdC no aparece de manera destacada en esas decisiones. Asimismo, aunque un buen conocimiento científico proporciona al estudiante mayor capacidad para sostener una discusión razonada sobre cuestiones sociocientíficas (Lewis y Leach, 2006), ello no implica, necesariamente, que emita un mejor juicio ético-moral que otro que no lo posee (Acevedo et al., 2005; Sadler y Zeidler, 2005a; Sadler y Fowler, 2006). Consecuentemente, la mejora de la capacidad para analizar cuestiones sociocientíficas requiere no sólo la revisión de los objetivos de la enseñanza de la NdC, sino también una atención equilibrada al desarrollo intelectual, ético-moral y afectivo (Acevedo, 2006; Bell y Lederman, 2003; Sadler y Zeidler, 2005b; Zeidler et al., 2002; Vázquez y Manassero, 2007a,b).

Cuando se trabaja con los estudiantes el análisis de pruebas contrarias sobre alguna cuestión sociocientífica, como el calentamiento global del planeta, éste sí se ve influido por factores relacionados con la NdC, como la interpretación de datos, las interacciones sociales y la conexión de las creencias personales con el conocimiento científico (Sadler, Chambers y Zeidler, 2004). Profundizando en esto, Tytler, Duggan y Gott (2001) detectaron que los estudiantes, a la hora de posicionarse a favor o en contra de situaciones sociocientíficas controvertidas, suelen emplear tres tipos de argumentos o pruebas:

- (i) pruebas científicas formales basadas en datos,
- (ii) pruebas informales (sentido común, experiencias personales, etc.) y
- (iii) asuntos más amplios que interfieren con las pruebas (intereses medioambientales o legales).

En esta misma línea, Kolstø (2001) analizó los puntos de vista de los estudiantes respecto a la fiabilidad de los conocimientos alegados y sus argumentos y opiniones ante temas sociocientíficos controvertidos. Identificó cuatro tipos principales de «estrategias de resolución» para decidir en quién y en qué confiar: (i) la aceptación del conocimiento alegado, (ii) la evaluación de afirmaciones mediante «indicadores de fiabilidad» y, explícitamente, «razonando para ellos mismos», (iii) la aceptación de la autoridad de investigadores y otras fuentes de información, y (iv) la evaluación de fuentes de información, utilizando términos como «intereses», «neutralidad» o «competencia». Posteriormente, Kolstø (2006) estudió los razonamientos informales que emplean los estudiantes cuando trabajan en clase la toma de decisiones ante situaciones sociocientíficas controvertidas, e identificó cinco tipos diferentes de argumentos: de riesgo relativo, de precaución, de incertidumbre, de riesgo pequeño y de pros y contras.

No obstante, los estudiantes suelen tener lagunas importantes de conocimiento en relación con los procesos y la epistemología de la ciencia, debidas, entre otras, a una clara influencia de los escenarios estereotipados y catastróficos de la ciencia y la tecnología, divulgados a través de los diferentes medios de comunicación (Reis y Galvão, 2007).

Comprensión de la NdC a través de la historia y la filosofía de la ciencia

La historia y la filosofía de la ciencia constituyen escenarios imprescindibles para entender la NdC, y su uso en la enseñanza de las ciencias recibe una atención importante (Izquierdo et al., 2006; Justi y Gilbert, 2000).

La NdC enseñada a través de la historia y filosofía, mediante casos ilustrativos para cada uno de ellos, logra: unir contexto histórico y filosofía; aprender más fundamentamente procedimientos de indagación; ejemplificar el desarrollo de las teorías; mejorar las actitudes hacia la ciencia; desarrollar aprendizajes de capacidades de razonamiento, metacognitivas y autorreguladoras; concienciar sobre las relaciones CTS; ilustrar el carácter universal y multicultural de la ciencia, así como contribuir a la integración y coherencia del currículo de ciencia (Hodson, 2008).

Sin embargo, enseñar historia es una innovación que tiene también riesgos y dificultades. Algunos consideran que no es ciencia auténtica y la disuelve (análogamente a la NdC); otros consideran que confunde y hace perder confianza a los estudiantes en un conocimiento seguro. Existe también el riesgo de deformar o simplificar la historia, cayendo en estereotipos extremos (mitos de héroes y villanos) o de excesivo internalismo (ciencia descontextualizada) o externalismo (historicismo acientífico), etc. Con objeto de obtener un mayor provecho didáctico, Rudge y Howe (2009) proponen un enfoque de la enseñanza de la historia y la filosofía de la ciencia que permita a los estudiantes conocer el tipo de razonamientos que permitieron a los científicos del pasado llegar a interpretar fenómenos científicos. Kalman (2009), por su parte, ha comprobado que mediante actividades de escrituras reflexivas, a partir de lecturas sobre historia de la ciencia, los estudiantes pueden mejorar su comprensión de la NdC. Sin embargo, también se han hecho algunas críticas al respecto. Por ejemplo, Tao (2002), basándose en la teoría de Merton sobre la estructura de la conciencia, investigó los aspectos que los estudiantes discernen y traen a su conciencia focal mientras estudian historias de la ciencia, en el contexto de una propuesta de enseñanza orientada a fomentar la comprensión de la NdC. Observó que cuando éstos estudian las historias, muchos se centran sólo en uno o dos aspectos de la NdC, dentro de la amplia gama contenida en las historias. Los estudiantes que centran su atención en aspectos apropiados de la NdC suelen lograr opiniones adecuadas, mientras que los que se centran en otros aspectos diferentes emiten opiniones inadecuadas. Con ello, el autor concluye que muchos estudiantes construyen significados idiosincrásicos de las experiencias de aprendizaje diferentes a los previstos en los objetivos porque sólo identifican ciertos aspectos de la NdC.

Las evidencias empíricas a favor de la historia y la filosofía como instrumento efectivo en la enseñanza de la NdC son todavía escasas (Dolphin, 2009; McComas, 2008; Tao, 2002), aunque parece más efectiva cuando se hace explícita y reflexiva (Abd-El Khalick y Lederman, 2000b).

Comprensión de la NdC a partir de los procedimientos y la indagación científica

Los procedimientos científicos son una parte básica del currículo de ciencia escolar, y ya se ha planteado la errónea identificación entre practicar procedimientos y aprender la NdC; aunque ambos interactúan de forma importante, no son iguales. Esta confusión, muy extendida entre los profesores, asume que el aprendizaje de la NdC se produce en la indagación como un subproducto de otros aprendizajes científicos (procedimientos científicos). Por ejemplo, observar es un proceso científico, pero la conciencia acerca de la carga teórica de la observación o la limitación que imponen los aparatos de medida es la NdC. Las distintas actividades conducentes a responder una pregunta son procedimientos relevantes para una indagación, pero la comprensión del carácter cambiante de las conclusiones de una indagación es del ámbito de la NdC. Ambos ámbitos están relacionados, pero tienen una independencia semántica que proyecta una exigencia profunda sobre el aprendizaje de cada uno de ellos, especialmente sobre la NdC (Bell et al., 2003).

Recientemente se ha investigado esta línea con resultados interesantes sobre la comprensión de los estudiantes. Por ejemplo, Moss, Abrams y Robb (2001), al investigar la evolución de las concepciones de estudiantes preuniversitarios sobre la NdC, hallaron que éstos adquirieron visiones adecuadas sobre la naturaleza del conocimiento científico, pero no así de la actividad científica; y ello a pesar de que el curso incluía la realización de trabajos prácticos. Igualmente, Bell et al. (2003) comprobaron que el impacto sobre la comprensión de la NdC en estudiantes de secundaria, con alta capacidad y que asistieron a un programa sobre la investigación científica, fue imperceptible. Aunque muchos incrementaron sus conocimientos sobre los procesos de la investigación científica, sus concepciones sobre aspectos de la NdC permanecieron casi inalteradas. Sin embargo, los orientadores del curso sostuvieron con vigor la creencia de que haciendo ciencia sus estudiantes habían aprendido mucho sobre la actividad científica. No obstante, Ford (2008) encuentra que el «dominio de la práctica» sirve de fuente de razonamiento e investigación para conseguir que los estudiantes comprendan habilidades asociadas con la NdC mejor que el conocimiento declarativo, al que cuestiona como fundamento de la investigación y comprensión de la NdC.

También en relación con los procedimientos de la ciencia, Buffler, Lubben e Ibrahim (2009) exploraron la relación entre las visiones de estudiantes universitarios sobre la NdC y la naturaleza de la medida científica. Observaron que los estudiantes que creen que las leyes de la naturaleza están para ser descubiertas por los científicos,

son más propensos a tener una visión positivista de la naturaleza de la medida científica. En cambio, los que creen que las teorías científicas son invenciones de los científicos, construidas a partir de la observación, y que luego son validadas mediante la experimentación, conciben la medida científica como apoyada en la naturaleza incierta de la evidencia científica.

En suma, la indagación sola parece no contribuir significativamente a enseñar la NdC, pero las creencias epistemológicas pueden tener un papel esencial para apoyar la investigación científica de los estudiantes (Sandoval y Reiser, 2004). En este contexto, un enfoque explícito y reflexivo parece ser más eficaz para mejorar la comprensión de la NdC mediante actividades de indagación (Abd-El-Khalick y Akerson, 2004; Gess-Newsome, 2002; Hanuscin, Akerson y Phillipson-Mower, 2006).

Comprensión de la NdC en contextos habituales de los cursos de ciencias

La NdC puede enseñarse también presentando sus contenidos en el contexto del currículo escolar de ciencias habitual, de dos maneras: integrados en los contenidos curriculares tradicionales (por ejemplo, integrar la provisionalidad del conocimiento científico en el contexto de los modelos atómicos), o bien enseñarlos como nuevos contenidos del currículo, diferenciados de los demás, y explicitando sus propios objetivos, contenidos, actividades y criterios de evaluación. Las investigaciones en este contexto de currículo escolar usual aún son escasas, si bien hay coincidencias en que el factor más determinante del éxito de la enseñanza de la NdC es que sea explícita y reflexiva.

Akerson y Donnelly (2010) encuentran que integrando explícitamente contenidos de la NdC, en programas de ciencia escolar, se mejoran las visiones de los estudiantes respecto a cuestiones como la distinción entre observación e inferencia, la creatividad, la provisionalidad, la evidencia empírica y, en menor grado, la subjetividad. Otros estudios logran también buenos resultados impartiendo, separadamente de los demás contenidos, lecciones explícitas de contenidos y actividades específicas de NdC (p.ej. Leach, Hind y Ryder, 2003).

Para elucidar ambos métodos, integración o inserción, Khishfe y Lederman (2006, 2007) compararon la eficacia de ambos métodos con grupos naturales de estudiantes de secundaria. Observan una mejoría en las visiones de todos los estudiantes sobre la NdC, sin diferencias respecto a si la enseñanza de ésta había sido o no integrada con el contenido. Esto sugiere que la comprensión de la NdC se puede mejorar introduciendo explícitamente contenidos de ésta en los currículos escolares de ciencias, pero no es posible decantarse a favor de uno u otro método.

Se necesitan más investigaciones que comparen la eficacia relativa de ambos métodos e incluso la posibilidad de una combinación de los dos, como sugiere Clough (2003). No obstante, cabe destacar, como dificultades añadidas de esta vía, las potenciales interacciones nega-

tivas entre contenidos curriculares y la NdC: la dificultad o desinterés hacia uno u otro puede afectar al aprendizaje de ambos, y especialmente de la NdC (Khishfe y Abd-El-Khalick, 2002; Khishfe y Lederman, 2007; Matkins y Bell, 2007).

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Desde la perspectiva educativa, es evidente que la existencia de consensos suficientes facilita el diseño y desarrollo curricular de los aspectos de la NdC, pues sin algún tipo de consenso sería imposible construir una propuesta educativa relevante sobre la NdC y, al mismo tiempo, aceptablemente adecuada. Asimismo, la educación siempre transforma los conocimientos científicos en contenidos curriculares y de enseñanza a través de la transposición didáctica y su desarrollo curricular en el aula es mediado por el conocimiento del contenido didáctico del profesorado. En estos procesos es inevitable la pérdida o deformación de algunos elementos del conocimiento original, en aras de adecuarlos a la diversidad de necesidades de aprendizaje de los estudiantes. Estos factores conforman necesariamente la NdC escolar como un ente diferenciado de la NdC académica, y, desde esta perspectiva, es inevitable admitir la simplificación y transformación de sus contenidos educativos.

Y es que, como ya señalara Matthews (1998), la enseñanza de la NdC no debe tener como fin primordial formar epistemólogos ni sociólogos de la ciencia, sino personas científicamente alfabetizadas. Las propuestas para enseñar la NdC deben partir de objetivos relativamente sencillos, modestos y asequibles para todos los estudiantes. Este tipo de contenidos sencillos no suele aparecer en los debates académicos, pero son válidos para la alfabetización científica y tecnológica, sobre todo en los cursos obligatorios y elementales, como expresión de una educación científica básica para todas las personas, lo cual no es óbice de que pueda incluir objetivos más avanzados en los cursos superiores y especializados.

Pero, coincidiendo con algunos trabajos de revisión anteriores (Lederman, 1992), la presente revisión –circunscrita a trabajos de la década que ahora finaliza– sigue revelando datos lamentablemente similares y poco optimistas en pos de lograr una adecuada alfabetización científica de los estudiantes. La comprensión de los estudiantes sobre la NdC continúa siendo bastante inadecuada; corresponde a una visión absolutista/empirista de la ciencia, aunque es poco proclive a integrar en ésta sus aspectos procedimentales. Estas visiones se desarrollan no sólo en el contexto de la ciencia enseñada en la escuela, sino también a partir de la diversidad de fuentes de información extraescolares, y por ello se observan diferencias entre grupos. Por ejemplo, los estudiantes de ciencias suelen tener una visión de la ciencia más basada en la certeza y la objetividad que los estudiantes que no son de ciencias; y los estudiantes de mayor nivel socioeconómico y cultural tienen una mejor y más significativa comprensión de la NdC.

La comprensión de los estudiantes sobre la NdC a través de contextos sociocientíficos favorece, en general, la comprensión de contenidos científicos, el desarrollo de actitudes positivas hacia la ciencia, una percepción más realista y adecuada de ésta, un aumento de la capacidad argumentativa, así como el desarrollo de pensamiento crítico y responsable ante tales situaciones. Pero esto no implica, necesariamente, que hayan mejorado su comprensión de la NdC, que no suele manifestarse de manera destacada en las decisiones de los estudiantes, salvo cuando reflexionan sobre situaciones contradictorias ante un determinado tema de controversia sociocientífica. Las principales dificultades surgen de importantes lagunas de los estudiantes en relación con los procesos y la epistemología de la ciencia, debidas, entre otras causas, a la influencia deformadora de los medios de comunicación. Los estudiantes propenden a interpretar cuestiones sociocientíficas desde una perspectiva ética y moral, influida por aspectos afectivos (emociones e intuiciones). Una adecuada comprensión de la NdC ayuda a evitar la aprensión que a veces genera abordar en clase ciertos temas de controversia sociocientífica, como los conflictos entre ciencia y religión. En la enseñanza de la NdC, las consideraciones sociológicas y antropológicas existentes en el desarrollo científico favorecen la integración de normas sociales y epistémicas, que ayudan a los estudiantes a apreciar la ciencia como una forma privilegiada de producción de conocimiento.

La historia y la filosofía de la ciencia, como escenario para la comprensión de la NdC que muestra cómo se construyen los conocimientos científicos en conexión con el contexto histórico y social, ha sido el recurso más intensamente sugerido por los especialistas para tratar los temas de la NdC (Hodson, 2008). La historia contribuye a aumentar el interés de los estudiantes por la ciencia y su aprendizaje, pero requiere de actividades reflexivas para superar la gran dificultad de los alumnos en identificar los aspectos de la NdC, implicados en las historias de ciencia, que requieren tiempo y preparación especial por los profesores.

La comprensión de la NdC mediante el desarrollo de los procedimientos de indagación tiene una buena acogida entre el profesorado; muchos confían en las actividades educativas relacionadas con los procedimientos y métodos de la ciencia (prácticas de laboratorio, procesos de la ciencia, proyectos de indagación, etc.) como instrumento para que los estudiantes aprendan de forma natural contenidos de la NdC. Sin embargo, además del posible y falso reduccionismo que puede derivarse de identificar procedimientos científicos con la NdC, esta enseñanza de la NdC no se muestra efectiva por ser demasiado implícita. Se aboga por una enseñanza explícita y reflexiva que pueda contribuir a la comprensión de la NdC, pero, además, porque este conocimiento adecuado de la NdC juega un papel esencial para complementar la comprensión significativa de los procesos de investigación científica.

En general, la inserción explícita de los distintos contenidos de la NdC en los currículos de ciencias, con un tratamiento en el aula que promueva, entre otros aspectos, la

reflexión del estudiante sobre ellos, muestra una mayor efectividad educativa. Sin embargo, la investigación actual aún no ha puesto de relieve si el enfoque explícito es más eficaz mediante la integración de la NdC con el resto de contenidos, o mediante adición de forma independiente y suplementaria.

En aras de favorecer planteamientos que contribuyan a una adecuada comprensión de los estudiantes sobre temas de la NdC, cabe recordar que la tradición cultural de la ciencia se caracteriza por una evidente tendencia de los científicos a la búsqueda de acuerdos mediante la resolución y clausura de las controversias. Esta disposición al consenso se ha mitificado y amplificado en el currículo de ciencias, borrando la historia y las controversias científicas, que desempeñan un papel determinante en la validación del conocimiento. Esto no sólo oculta la historia real de la ciencia, sino que además dificulta la enseñanza de la NdC, pues rasgos esenciales como la naturaleza provisional del conocimiento científico son incompatibles con un consenso estricto, pues los estudiantes desconocen que en un momento hubo otras ideas perdedoras, en competición con las vencedoras, que se presentan como verdad absoluta. Por ello, enseñar la NdC presentando las creencias adecuadas e inadecuadas equivale a recuperar y reivindicar la NdC. Además, el escrutinio detallado de las creencias adecuadas e inadecuadas entronca con las teorías del cambio conceptual de las ideas previas de los estudiantes; y es una sugerencia adicional que añade sentido y contenidos específicos a la actividad de reflexión necesaria para que la enseñanza explícita de la NdC sea eficaz. La reflexión educativa sobre rasgos positivos y negativos puede contribuir a precisar y aprender mejor los contenidos más difíciles y escurridizos de la NdC, pues ayuda a concretar la reflexión (las creencias erróneas sostenidas por los estudiantes), para mejorar el aprendizaje en temas demasiado controvertidos y abstractos como la NdC.

La reflexión sobre ideas adecuadas e inadecuadas, superando el corsé de un consenso estricto, evita el riesgo de adoctrinamiento científico. El modelo educativo centrado en una verdad única, que excluye aquellas cuestiones de la NdC más polémicas y controvertidas, está alejado de la libertad, la crítica, la creatividad y la apertura mental propios del sistema tecnocientífico. Justamente, en el caso de los aspectos más polémicos y controvertidos, el objetivo educativo no debería ser adoctrinar adoptando una posición particular, sino más bien presentar los diversos puntos de vista sobre cada cuestión y estimular el interés por analizar las posibles alternativas; una cuestión esencial en el caso de los temas sociocientíficos. La reflexión simultánea sobre creencias adecuadas e inadecuadas es, en consecuencia, una sugerencia importante para concretar la reflexión en el marco de la didáctica explícita de la NdC (Vázquez et al., 2007).

Por último, debe insistirse en lo obvio: la enseñanza de la NdC impone coherencia a todo el currículo científico escolar, en el sentido de que todos los elementos del currículo (objetivos, contenidos, metodología, evaluación, actividades) deben mantener un exigente nivel de concordancia con las concepciones adecuadas de la NdC; por ejemplo, si la ciencia es un conocimiento provisional, la controversia no puede ser eliminada del aula ni de los libros de texto.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro apreciado amigo José Antonio Acevedo Díaz sus amables y valiosos comentarios durante la redacción del presente artículo.

El desarrollo de este estudio ha sido posible gracias a la ayuda concedida al Proyecto de Investigación SEJ2007-67090/EDUC, financiado por la Convocatoria de ayudas a proyectos de I+D 2007, del Ministerio de Ciencia e Innovación (España).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. y AKERSON, V.L. (2004). Learning as conceptual change: factors mediating the development of preservice elementary teachers' views of nature of science. *Science Education*, 88(5), pp. 785-810.
- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N.G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: a critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), pp. 665-701.
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., MARTÍN-GORDILLO, M., OLIVA, J.M., ACEVEDO, P., PAIXÃO, M.F. y MANASSERO, M.A. (2005). Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana. Una revisión crítica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), pp. 121-140.
- ACEVEDO, J.A. (2006). Relevancia de los factores no-epistémicos en la percepción pública de los asuntos tecnocientíficos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), pp. 369-390.
- ACEVEDO, J.A., VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), pp. 42-66.
- ACEVEDO, J.A. (2008). El estado actual de la naturaleza de la ciencia en la didáctica de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 5(2), pp. 134-169.
- ACEVEDO, J.A. (2009a). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I): El marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(1), pp. 21-46.
- ACEVEDO, J.A. (2009b). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (II): Una perspectiva. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(2), pp. 164-189.
- ACEVEDO, J.A. (2009c). Enfoques explícitos versus implícitos en la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), pp. 355-386.
- AKERSON, V. y DONNELLY, L.A. (2010). Teaching Nature of Science to K-2 Students: What understandings can they attain? *International Journal of Science Education*, 32(1), pp. 97-124.
- BELL, R.L. y LEDERMAN, N.G. (2003). Understandings of the nature of science and decision making on science and technology based issues. *Science Education*, 87(3), pp. 352-377.
- BELL, R.L., BLAIR, L.M., CRAWFORD, B.A. y LEDERMAN, N.G. (2003). Just do it? Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), pp. 487-509.
- BENNETT, J. LUBBEN, F. y HOGARTH, S. (2007). Bringing science to life: A synthesis of the research evidence on the effects of context-based and STS approaches to science teaching. *Science Education*, 91(3), pp. 347-370.
- BUFFLER, A., LUBBEN, F. e IBRAHIM, B. (2009). The Relationship between Students' Views of the Nature of Science and their Views of the Nature of Scientific Measurement. *International Journal of Science Education*, 31(9), pp. 1137-1156.
- CAMPBELL, B. y LUBBEN, F. (2000). Learning science through contexts: helping pupils make sense of everyday situation. *International Journal of Science Education*, 22(3), pp. 239-252.
- CLOUGH, M.P. (2003). Explicit but insufficient: additional considerations for successful NOS instruction. Comunicación presentada en *International Conference of the Association for Science Teacher Education*. St. Louis, MO.
- DEBOER, G.E. (2000). Scientific literacy: another look at its historical and contemporary meanings and its relationship to science education reform. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(6), pp. 582-601.
- DHINGRA, K. (2003). Thinking about Television Science: How Students Understand the Nature of Science from Different Program Genres. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), pp. 234-256.
- DOGAN, N. y ABD-EL-KHALICK, F. (2008). Turkish grade 10 students' and science teachers' conceptions of nature of science: A national study. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(10), pp. 1083-1112.
- DOLPHIN, G. (2009). Evolution of the Theory of the Earth: A Contextualized Approach for Teaching the History of the Theory of Plate Tectonics to Ninth Grade Students. *Science & Education*, 18, pp. 425-441.
- ECHEVERRÍA, J. (2003). *La revolución tecnocientífica*. Madrid: FCE.
- FLICK, L. y LEDERMAN, N. G. (eds.) (2004). Introduction, en Flick, L. y Lederman, N.G. (eds.). *Scientific inquiry and nature of science: implications for teaching, learning, and teacher education* (pp. ix-xvii). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- FORD, M. (2008). «Grasp of Practice» as a Reasoning Resource for Inquiry and Nature of Science Understanding. *Science & Education*, 17, pp. 147-177.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2006). Interacciones CTS en el aprendizaje del electromagnetismo: Una experiencia para el desarrollo de actitudes de responsabilidad. *Investigación en la Escuela*, 58, pp. 79-91.
- GARCÍA-CARMONA, A. (2008). Relaciones CTS en la educación científica básica II: Investigando los problemas del mundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(3), pp. 389-402.
- GESS-NEWSOME, J. (2002). The use and impact of explicit instruction about the nature of science and science inquiry in an elementary science methods course. *Science & Education*, 11(1), pp. 55-67.
- HANUSCIN, D.L., AKERSON, V.L. y PHILLIPSON-MOWER, T. (2006). Integrating nature of science instruction into a physical science content course for preservice elementary teachers: NOS views of teaching assistants. *Science Education*, 90(5), pp. 912-935.

- HODSON, D. (2008). *Towards Scientific Literacy*. Rotterdam: Sense Publishers.
- IZQUIERDO, M., VALLVERDÚ, J., QUINTANILLA, M. y MERINO, C. (2006). Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias (II). *Alambique*, 48, pp. 78-91.
- JENKINS, E. W. (1996). The «nature of science» as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 28(2), pp. 137-150.
- JUSTI, R. y GILBERT, J. (2000). History and philosophy of science through models: Some challenges in the case of 'the atom'. *International Journal of Science Education*, 22(9), pp. 993-1010.
- KANG, S., SCHARMANN, L.C. y NOH, T. (2005). Examining students' views on the nature of science: Results from Korean 6th, 8th, and 10th graders. *Science Education*, 89, 2, pp. 314-334.
- KALMAN, C. (2009). The Need to Emphasize Epistemology in Teaching and Research. *Science & Education*, 18(3-4), pp. 325-347.
- KAYA, O.N., YAGER, R. y DOGAN, A. (2009). Changes in attitudes towards Science-Technology-Society of pre-service science teachers. *Research in Science Education*, 39(2), pp. 257-279.
- KHISHFE, R. y ABD-EL-KHALICK, F. (2002). Influence of explicit reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), pp. 551-581.
- KHISHFE, R. y LEDERMAN, N.G. (2006). Teaching nature of science within a controversial topic: integrated versus nonintegrated. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), pp. 395-418.
- KHISHFE, R. y LEDERMAN, N. (2007). Relationship between Instructional Context and Views of Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 29(8), pp. 939-961.
- KICHAWEN, P., SWAIN, J. y MONK, M. (2004). Views on the philosophy of science among undergraduate science students and their tutors at the University of Papua New Guinea: origins, progression, enculturation and destinations. *Research in Science & Technological Education*, 22(1), pp. 81-98.
- KLOSTERMAN, M.L. y SADLER, T.D. (2010). Multi-level Assessment of Scientific Content Knowledge Gains Associated with Socioscientific Issues-based Instruction. *International Journal of Science Education*, 32(8), pp. 1017-1043.
- KOLSTØ, S.D. (2001). «To trust or not to trust, ...» Students' ways of dealing with a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 23(9), pp. 877-901.
- KOLSTØ, S.D. (2006). Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. *International Journal of Science Education*, 28(14), pp. 1689-1716.
- LEACH, J., HIND, A. y RYDER, J. (2003). Designing and evaluating short teaching interventions about the epistemology of science in high school classrooms. *Science Education*, 87(6), pp. 832-848.
- 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), pp. 331-359.
- LEDERMAN, N.G. (2006). Research on nature of science: reflections on the past, anticipations of the future. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1). Consultado 12/12/2009 en <<http://www.ied.edu.hk/apfslt/>>.
- LEDERMAN, N.G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R.L. y SCHWARTZ, R. (2002). Views of Nature of Science questionnaire: towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(6), pp. 497-521.
- LEE, M.-K. y ERDOGAN, I. (2007). The Effect of Science-Technology-Society Teaching on Students' Attitudes toward Science and Certain Aspects of Creativity. *International Journal of Science Education*, 29(11), pp. 1315-1327.
- LEVINSON, R. (2006). Towards a Theoretical Framework for Teaching Controversial Socioscientific Issues. *International Journal of Science Education*, 28(10), pp. 1201-1224.
- LEWIS, J. y LEACH, J. (2006). Discussion of Socio-scientific Issues: The role of science knowledge. *International Journal of Science Education*, 28(11), pp. 1267-1287.
- LIU, S.Y. y TSAI, C.C. (2008). Differences in the Scientific Epistemological Views of Undergraduate Students. *International Journal of Science Education*, 30(8), pp. 1055-1073.
- MANASSERO, M.A., VÁZQUEZ, A. y ACEVEDO, J.A. (2001). *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i societat*. Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- MATKINS, J. J. y BELL, R. L. (2007). Awakening the scientist inside: global climate change and the nature of science in an elementary science methods course. *Journal of Science Teacher Education*, 18(2), pp. 137-163.
- MATTHEWS, M.R. (1998). The Nature of Science and Science Teaching, en Fraser, B.J. y Tobin, K.G. (eds.). *International Handbook of Science Education*, pp. 981-999. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- McCOMAS, W.F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2-3), pp. 249-263.
- MILLAR, R. (2006). Twenty First Century Science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), pp. 1499-1521.
- MOSS, D.M., ABRAMS, E.D. y ROBB, J. (2001). Examining student conceptions of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 23(8), pp. 771-790.
- OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R. y DUSCHL, R. (2003). What «ideas-about-science» should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), pp. 692-720.

- REIS, P. y GALVÃO, C. (2007). Reflecting on Scientists' Activity Based on Science Fiction Stories Written by Secondary Students. *International Journal of Science Education*, 29(10), pp. 1245-1260.
- RIVET, A.E. y KRAJCIK, J.S. (2008). Contextualizing instruction: Leveraging students' prior knowledge and experiences to foster understanding of middle school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), pp. 79-100.
- RUDGE, D. W. y HOWE, E.M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of history to promote understanding of the nature of science. *Science & Education*, 18(5), pp. 561-580.
- RUDOLPH, J.L. (2000). Reconsidering the 'nature of science' as a curriculum component. *Journal of Curriculum Studies*, 32(3), 403-419.
- RUDOLPH, J. L. (2003). Portraying epistemology: school science in historical context. *Science Education*, 87(1), pp. 64-79.
- SADLER, T.D., AMIRSHOKOOHI, A., KAZEMPOUR, M. y ALLSPAW, K.M. (2006). Socioscience and ethics in science classrooms: Teacher perspectives and strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), pp. 353-376.
- SADLER, T.D., CHAMBERS, W.F. y ZEIDLER, D. (2004). Student conceptualizations of the nature of science in response to a socioscientific issue. *International Journal of Science Education*, 26(4), pp. 387-409.
- SADLER, T.D. y FOWLER, S.R. (2006). A threshold model of content knowledge transfer for socioscientific argumentation. *Science Education*, 90(6), pp. 986-1004.
- SADLER, T.D. y ZEIDLER, D. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88(1), pp. 4-27.
- SADLER, T.D. y ZEIDLER, D. (2005a). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socioscientific issues: Applying genetics knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89(1), pp. 71-93.
- SADLER, T. D. y ZEIDLER, D. (2005b). Patterns of informal reasoning in the context of socioscientific decision making. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1), pp. 112-138.
- SANDOVAL, W.A. y REISER, B.J. (2004). Explanation-driven inquiry: integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88(3), pp. 345-372.
- SCHWARTZ, R.S. y LEDERMAN, N.G. (2002). «It's the nature of the beast»: the influence of knowledge and intentions on learning and teaching nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, pp. 205-236.
- SUTHERLAND, D. (2002). Exploring culture, language and the perception of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 24(1), pp. 1-25.
- TABER, K. (2008). Towards a Curricular Model of the Nature of Science. *Science & Education*, 17, pp. 179-218.
- TAO, P.K. (2002). A Study of Students' Focal Awareness when Studying Science Stories Designed for Fostering Understanding of the Nature of Science. *Research in Science Education*, 32, pp. 97-120.
- TYTLER, R., DUGGAN, S. y GOTT, R. (2001). Dimensions of evidence, the public understanding of science and science education. *International Journal of Science Education*, 23(8), pp. 815-832.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A. y MANASSERO, M.A. (2004). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza. *Revista Iberoamericana de Educación*, edición electrónica en: <<http://www.rieoei.org/deloslectores/702Vazquez.PDF>>.
- VÁZQUEZ, A., ACEVEDO, J.A., MANASSERO, M.A. y ACEVEDO, P. (2001). Cuatro paradigmas básicos sobre la naturaleza de la ciencia. *Argumentos de Razón Técnica*, 4, pp. 135-176.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2007a). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (I): evidencias y argumentos generales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(2), pp. 247-271.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2007b). En defensa de las actitudes y emociones en la educación científica (II): Evidencias empíricas derivadas de la investigación. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), pp. 417-441.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (2008). Concepciones de profesores en formación inicial sobre la naturaleza de la ciencia y la tecnología. *Tecnología & Cultura*, 13(jul/dez), pp. 18-28.
- VÁZQUEZ, A., MANASSERO, M.A., ACEVEDO, J. A. y ACEVEDO, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad. *Educación Química*, 18(1), pp. 38-55.
- ZEIDLER, D.L., WALKER, K.A., ACKETT, W.A. y SIMMONS, M.L. (2002). Tangled up in views: beliefs in the nature of science and responses to socioscientific dilemmas. *Science Education*, 86(3), pp. 343-367.

[Artículo recibido en abril de 2010 y aceptado en octubre de 2010]

Students' understanding about nature of science: analysis of current situations and perspectives

GARCÍA-CARMONA, ANTONIO¹; VÁZQUEZ ALONSO, ÁNGEL² y MANASSERO MAS, MARIA ANTONIA³

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias. Universidad de Sevilla

² Departamento de Pedagogía Aplicada y Psicología de la Educación. Universidad de las Islas Baleares

³ Departamento de Psicología. Universidad de las Islas Baleares

garcia-carmona@us.es

angel.vazquez@uib.es

ma.manassero@uib.es

Summary

This paper aims to perform a review of present literature with regard to (a) principal difficulties and theoretical positioning for teaching Nature of Science (NOS), and (b) empirical evidences provided by researches performed in the present decade about students' understanding of NOS.

Since the last decade (Lederman, 1992), studies realized in the 2000-2010 period reveal lamentably similar and slightly optimistic information in pursuit of achieving a suitable scientific literacy. Students' understanding of NOS continues to be very inadequate. Nevertheless, certain didactic approaches seem to favor the comprehension of NOS; some of them are the following ones:

– The boarding of socioscientific issues favors, in general, the comprehension of scientific contents, the development of positive attitudes towards science, the most realistic and suitable perception of this one, an increase of argumentative capacity, as well as a critical and responsible thought before such situations. But, that the students express rich and based arguments does not imply, necessarily, that they have improved their comprehension of NOS. Even more, it doesn't usually appears in the process of decision making in an emphasized way of the students when they analyze socioscientific questions; except when they think about opposite situations before a certain topic of socioscientific controversy.

– In the NOS teaching, the sociological and anthropologic considerations of the scientific development favor the integration of social and epistemic rules that help the students

to estimate the concept of science as a privileged form of production of knowledge.

– History and philosophy of science teaching, as a framework for the comprehension of NOS, increase the interest of students for science and its learning, but it also needs reflexive activities.

– In general, an explicit and reflective teaching of NOS improves its understanding and, at the same time, it plays an essential role to complement the significant comprehension of the processes of scientific investigation. Future educational perspectives

NOS teaching must originate from some consensuses on *what to teach* to favor the design of concrete and relevant didactic proposals, which make its incorporation in the school curriculum viable. Moreover, school NOS is obtained by processes of didactic transposition and therefore it is differed from academic NOS. From this perspective, it is inevitable to assume the simplification and transformation of school NOS with regard to academic NOS.

NOS teaching should start with a proposal of modest and accessible aims for all students; and then more advanced aims should be proposed and raised at an educational level.

Finally, the reflection about adequate and inadequate ideas avoids the risk of scientific indoctrination. Equally, the most polemic and controversial questions of NOS must be included in the Science curriculum because it promotes freedom, creativity and critical thought necessary in the technoscientific system.

