

## NATURALEZA DE LA CIENCIA E INDAGACIÓN: CUESTIONES FUNDAMENTALES PARA LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DEL CIUDADANO

Andoni Garriz \*

*Aunque existe una necesidad perenne de enseñar a los jóvenes que posteriormente harán ciencia, éstos siempre serán una minoría. Es más importante enseñar ciencia a quienes deberían reflexionar sobre ella, y esto incluye casi a todos, especialmente a los poetas, pero también a los músicos, filósofos, historiadores y escritores. Al menos algunos de ellos podrán imaginar estratos de significado que se nos escapan al resto.*

L. Thomas

127

**SÍNTESIS:** En este trabajo se presentan las características de la naturaleza de la ciencia (NdC, en adelante), de la indagación y del fomento del escepticismo como cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano, ya que implican aprender acerca de la ciencia «...desarrollar una cierta comprensión de la naturaleza de la ciencia, sus métodos y sus complejas interacciones con la sociedad...» (Hodson, 1992; Solbes, Vilches y Gil, 2001). Finalmente, se propone cómo podrían incorporarse estos aspectos en los libros de texto de ciencias.

**SÍNTESE:** Neste trabalho, apresentam-se as características de natureza da ciência (NdC, em diante), da indagação e do fomento do ceticismo como questões fundamentais para a educação científica do cidadão, já que implicam aprender sobre a ciência «...desenvolver uma certa compreensão da natureza da ciência, seus métodos e suas complexas interações com a sociedade...» (Hodson, 1992; Solbes Vilches e Gil, 2001). Finalmente, propõe-se, como estes aspectos poderiam ser incorporados nos livros escolares de ciências.

---

\* Docente en la Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), México.

## 1. INTRODUCCIÓN

En los estándares para la educación científica estadounidense (National Research Council, 1996) se señala en la primera página:

En un mundo repleto de productos de la indagación científica, la alfabetización científica se ha convertido en una necesidad para todos: todos necesitamos utilizar la información científica para realizar opciones que se plantean cada día; todos necesitamos ser capaces de implicarnos en discusiones públicas acerca de asuntos importantes que se relacionan con la ciencia y la tecnología; y todos merecemos compartir la emoción y la realización personal que puede producir la comprensión del mundo natural.

Como veremos más adelante, la NDC forma parte explícita de dichos estándares en tanto la indagación se define primorosamente y se incorpora como fuente central para la enseñanza. Bell y Lederman (2003) mencionan lo siguiente al explicar su apoyo a la enseñanza de la NDC:

Desde una perspectiva educacional, la mayoría está de acuerdo en que enseñar a los estudiantes a repetir hechos científicos, leyes y teorías no es suficiente. Más bien, los profesores y los educadores de ciencia quieren que los estudiantes sepan por qué el conocimiento y las ideas científicas tienen méritos y debemos confiar en ellos [...].

Entonces, el entendimiento público de la naturaleza de la ciencia ha sido indirectamente dirigido como una componente crítica de la democracia, en la cual la gente debe tomar decisiones en aspectos basados en ciencia y tecnología.

Cuando hablamos de la educación científica para todos los ciudadanos nos estamos refiriendo a los objetivos de la corriente Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), plasmados, por ejemplo, en el reciente artículo de Vázquez y Manasero (2006) sobre la educación química:

Las relaciones CTS deben formar parte esencial del currículo científico aportando la discusión de problemas socio-técnicos reales y con incidencia e importancia para la sociedad y la educación para la toma de decisiones en temas socio-científicos. Estas relaciones implican también una enseñanza explícita de la historia, la epistemología y la sociología de la química y con énfasis especial en los aspectos actitudinales relacionados con la química (Acevedo y otros, 2003). La educación química debe enseñar conocimientos, procedimientos y actitudes; pero el énfase

sis no debe estar en los primeros, sino en las últimas, ya que son éstas las que dirigen la conducta.

El investigador australiano en Didáctica de la Ciencia Peter Fensham ha escrito recientemente que hoy el principal problema de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia es la falta de interés de los estudiantes; y que la solución requiere una especial y vigorosa atención a los aspectos actitudinales, afectivos y emocionales del currículo de ciencias. En consecuencia, el objetivo prioritario de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia debe ser promover una actitud positiva de los estudiantes hacia la ciencia escolar, que mantenga la curiosidad y mejore la motivación con el fin de generar apego y vinculación hacia la educación científica, no sólo a lo largo del período escolar, sino también a lo largo de toda la vida (Fensham, 2004).

La propuesta original de Fensham (1985) en su artículo seminal «Ciencia para todos» es dar a todos los alumnos en la enseñanza primaria y secundaria otro tipo de educación científica, dejando para los años superiores de la educación preuniversitaria los cursos de *Ciencia* para la elite, con los contenidos canónicos y la formación de las habilidades científicas tradicionales que intentan la selección de los alumnos más capaces para el desarrollo de las ciencias, las ciencias de la salud y las ingenierías. Por su parte, los cursos de «Ciencia para todos» deben desarrollar contenidos vinculados con aquellos aspectos de la vida humana que mejorarán con el estudio de las ciencias.

Los objetivos de esa nueva educación en ciencias se contraponen a los que caracterizaron a la educación en «Ciencias para la elite»:

1. Los contenidos revestirán una obvia e inmediata relevancia social y personal para los aprendices, partiendo de lo que ya saben, de su experiencia previa a la escuela.
2. Las habilidades prácticas y el conocimiento tendrán criterios de logros que todos los aprendices puedan alcanzar hasta algún nivel.
3. Los temas, tópicos o secciones serán visibles constantemente para poder elucidar las partes componentes del aprendizaje.

4. La pedagogía explotará las demostraciones y las prácticas que son inherentes a las ciencias y al aprendizaje cultural que se obtiene en forma previa o fuera de la escuela.
5. El aprendizaje de habilidades prácticas y cognitivas surgirá como consecuencia fluida de la relevancia y significatividad de los tópicos de la naturaleza de la ciencia, más que como motivo primario del aprendizaje.
6. La evaluación reconocerá tanto los conocimientos previos que los aprendices tienen sobre la ciencia, como sus logros subsecuentes en el resto de los criterios que componen el currículo.

Como se puede observar, los puntos 4 y 5 ensalzan la enseñanza experimental y la NdC, atreviéndose a plantear, como Schwab (1966), que sea posicionada por delante de la instrucción en la teoría y con un fuerte impacto de indagación.

En el mismo artículo, Fensham indica que el contenido de la educación en «Ciencia para todos» estará compuesto por diferentes tipos de aprendizaje:

- a) **Conocimientos.** Hechos, conceptos y principios usados en ciencia.
- b) **Aplicaciones del conocimiento.** Empleo directo e indirecto de los conceptos y principios científicos en situaciones reales o idealizadas.
- c) **Habilidades.** Funciones intelectuales como clasificar, controlar variables, usar modelos, predecir a partir de datos, etcétera, que son comúnmente usados en la ciencia.
- d) **Habilidades prácticas.** Operaciones psicomotrices que involucran varias clases de equipo e instrumentos.
- e) **Resolución de problemas.** Combinación de conocimiento científico y habilidades intelectuales para resolver problemas presentados teóricamente.
- f) **Rasgos y actitudes científicas.** Búsqueda de conocimientos asociados a rasgos como la honestidad, la mente abierta para la explicación de fenómenos, la socialización de resultados,

la capacidad de observación cuidadosa, la pulcra elaboración de informes, etcétera.

- g) **Aplicaciones de ciencia y tecnología.** Inclusión de las implicaciones y los orígenes sociales de dichas aplicaciones.
- h) **Necesidades personales y sociales.** Cumplimiento con equidad de necesidades de ese orden.
- i) **Evolución del conocimiento científico.** Noción de cambio y de transformación que el alumno debe adquirir respecto de la ciencia.
- j) **Fronteras y limitaciones de la ciencia.** Contribución limitada de la ciencia a la resolución de problemáticas actuales, en función del sentido de oportunidad con que se apliquen y la utilidad que proporcione la aplicación de los conocimientos científicos, en situaciones puntuales.

Como se puede observar, los puntos d, h, i y j tienen que ver con la NdC. Pero conviene empezar por definir qué entendemos por «naturaleza de la ciencia» y por «indagación» para luego ir entreverando los beneficios que tendría su inclusión en la educación científica del ciudadano.

131

## 2. NATURALEZA DE LA CIENCIA

*La NdC es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología por especialistas de estas disciplinas, pero también por algunos científicos insigues.*

Ángel Vázquez-Alonso

Los libros de texto tradicionales sólo desarrollan conocimientos científicos y se rigen por la lógica interna de la ciencia, sin preguntarse acerca de qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cuál es el origen de los conocimientos, cuál su grado de fiabilidad, cómo se obtuvieron, qué implicaciones tiene el juicio de los pares, para qué se utilizan comúnmente los conocimientos, qué beneficios aportan a la sociedad, y otras cuestiones relacionadas con el concepto de «naturaleza de la ciencia». Debido a lo que se le escapa a la

enseñanza tradicional, la imagen de la ciencia transmitida resulta trasnochada y deformada; ya que se trata de una ciencia del pasado y no de la ciencia –y sobre todo de la tecnociencia– contemporánea, la que se hace hoy en día en los laboratorios de diversas instituciones (universidades, hospitales, fundaciones, ejército, etc.) y en las empresas privadas (industrias, corporaciones farmacéuticas, etc.) (Vázquez, Acevedo y Manassero, 2004).

Estos mismos autores incluyen en diversos pasajes varias notas sobre lo que debe considerarse como NdC:

La NdC incluye la reflexión sobre los métodos para validar el conocimiento científico, los valores implicados en las actividades de la ciencia, las relaciones con la tecnología, la naturaleza de la comunidad científica, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad [...]. También se deberían entender como propios de la NdC todos aquellos asuntos que van más allá de los productos o resultados de la ciencia –los contenidos fácticos y conceptuales–, tales como los procesos y diseños de la ciencia, los valores que impregnan a éstos, las relaciones mutuas entre ciencia, tecnología y sociedad, las relaciones sociales internas a la comunidad científica, las relaciones entre la ciencia escolar y la ciencia en elaboración, etcétera.

132

José Luis Córdova (1992) dirá, igualmente, que la dimensión humana de la ciencia forma parte también de la NdC; es decir, el entusiasmo creador del investigador, los antecedentes ideológicos de las teorías científicas, la influencia de colegios invisibles y de modas, la amistad y el debate entre colegas, el orgullo del oficio, la paciencia, las pasiones, las preocupaciones educativas de los investigadores, etc.

Rutherford y Ahlgren (1989) desarrollan la NdC en el primer capítulo de su libro *Science for all americans*, que sirvió a la American Association for the Advancement of Science para plantearlo también como tema del primer capítulo de los *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1993) y como estudio iniciador del «Proyecto 2061» sobre las reformas en la educación de ciencias, matemáticas y tecnología para lograr la culturización científica (AAAS, 2006).

El entendimiento público de la NdC ha sido señalado indirectamente como un componente crítico de la democracia, en la cual las personas deben tomar sus propias decisiones sobre aspectos basados en ciencia y tecnología (Bell y Lederman, 2003; Acevedo y otros, 2005). Es

conveniente recordar también el trabajo de Osborne y otros (2003), que presenta las opiniones de expertos acerca de las ideas sobre la ciencia que deben incorporarse en la educación, entre las cuales destacamos las siguientes:

- Ciencia y certidumbre.
- Métodos experimentales y pruebas críticas.
- Análisis e interpretación de datos.
- Métodos específicos de la ciencia.
- Diversidad del método científico.
- Desarrollo histórico del conocimiento científico.
- Dimensiones moral y ética en el desarrollo del conocimiento científico.
- Ciencia y cuestionamiento.
- Naturaleza acumulativa y corregida del conocimiento científico.
- Creatividad.
- Hipótesis y predicción.
- Cooperación y colaboración en el desarrollo del conocimiento científico.
- Observación y medición.
- Ciencia y tecnología.
- Características del conocimiento científico.
- Causa y correlación.
- Bases empíricas del conocimiento científico.

En el segundo artículo de la serie, Bartholomew, Osborne y Ratcliffe (2004) nos indican que la enseñanza de la ciencia debe ser hecha explícitamente y especifican los extremos entre los que se mueven los profesores alrededor de la misma.

En relación con el impacto de la Ndc en la formación de nuevos profesores, Aguirre, Haggerty y Linder (1990) concluyen que un tratamiento más balanceado de la historia/filosofía de la ciencia, y específicamente la enseñanza con objetivos de comportamientos/capacidades, resulta necesario en la educación del maestro de ciencia, pues esto será lo que permita la promoción de concepciones más adecuadas acerca de la naturaleza de la ciencia entre nuestros estudiantes.

Vicente Mellado (2003), reconocido estudioso español del proceso de formación de profesores de ciencias, se basa en modelos análogos con el cambio científico, según distintas teorías de la filosofía de la ciencia, para concluir con varias implicaciones para la formación inicial y permanente del profesorado. Otro investigador de la Ndc muy comprometido con la formación de profesores, Fouad Abd-El-Khalick (2005), nos plantea los problemas, pero también los aciertos, de impartir un curso de Filosofía de la Ciencia sobre la visión de la Ndc a 56 profesores de secundaria en formación.

Uno de los trabajos más representativos, que aborda lo realizado en un periodo de treinta años acerca de las concepciones de la ciencia, es el de Lederman (1992). Este autor concluye que el conocimiento que tienen los profesores y los alumnos sobre la Ndc es tan tentativo o más que el conocimiento científico mismo. Además, encuentra diferencias fundamentales en las concepciones que tienen los representantes de cada disciplina científica. Cierra su trabajo mencionando que el desarrollo de las nociones acerca de la Ndc forma parte del que hace falta para reunir el conocimiento pedagógico de los profesores, de acuerdo con Shulman (1986).

La imagen que tienen los estudiantes y los investigadores sobre la Ndc fue estudiada por Solomon (1992). Este investigador detectó que si los estudiantes aprenden algo de historia de la ciencia, esto los puede llevar al entendimiento de la ciencia escolar. Asimismo, descubrió que ayudar a los estudiantes a enfocarse en las razones para aceptar una teoría en lugar de otra era más efectivo que sólo enseñar una teoría aceptada.

Otro trabajo importante sobre la Ndc y la imagen de la ciencia que tienen los jóvenes es el de Driver, Leach, Millar y Scott (1996). En él, los autores plantean los diversos argumentos que pueden utilizarse en la promoción pública de la ciencia y que a continuación mencionamos:

- El argumento económico. Se requiere de los científicos calificados para mantener y desarrollar los procesos industriales de los cuales depende la prosperidad nacional.
- El argumento utilitario. Se necesita comprender algo de ciencia para manejar los objetos y procesos tecnológicos que encontramos en nuestra vida diaria.

- El argumento democrático. En una democracia es deseable que la mayor cantidad posible de personas puedan participar en la discusión, debate y toma de decisiones; y muchos asuntos importantes involucran ciencia y tecnología.
- El argumento cultural. La ciencia es un logro mayor de orden cultural y todos deberíamos estar capacitados para apreciarlo.
- El argumento moral. La práctica científica incorpora normas y compromisos que son de amplio valor.
- El argumento de aprendizaje de la ciencia. El entendimiento de la naturaleza de la ciencia contribuye al aprendizaje exitoso del contenido científico.

El National Research Council (1996) de los EE.UU. ha reunido los estándares nacionales de la educación científica en ese país. Hemos creído conveniente transcribir un estándar en particular (el G) que tiene que ver con la NdC, para alumnos de preescolar y primaria (grados K-4, p. 141) y otro para los estudiantes de bachillerato (grados 9-12, pp. 200-201). Resulta muy grato constatar la preocupación estadounidense por establecer estándares de alto nivel desde el *kindergarten*.

135

Veamos los siguientes estándares de estudio de la Historia y NdC, diseñados para que los alumnos, como resultado de las actividades, desarrollen la comprensión de las siguientes premisas:

### Historia y naturaleza de la ciencia: la ciencia como un esfuerzo humano

- *Grados K-4*
  - La ciencia y la tecnología han sido practicadas por muchas personas durante mucho tiempo.
  - Los hombres y las mujeres han hecho una variedad de contribuciones a través de la historia de la ciencia y la tecnología.
  - Aun cuando los hombres y las mujeres que utilizan la indagación científica han aprendido mucho acerca de los objetos, acontecimientos y fenómenos de la naturaleza, mucho más permanece todavía sin ser comprendido. La ciencia nunca concluirá.

- Muchas personas eligen la ciencia como una carrera y dedican sus vidas completas a estudiarla. Mucha gente obtiene gran placer en hacer ciencia.
- *Grados 9-12*
  - La ciencia como un esfuerzo humano.
  - La naturaleza del conocimiento científico.
  - Las perspectivas históricas.

A continuación, presentamos la guía de contenidos relativa al tema de la naturaleza del conocimiento científico para alumnos del bachillerato:

- Naturaleza del conocimiento científico.
- La ciencia se distingue a sí misma de otras formas de conocer y de otros cuerpos de conocimiento a través del uso de estándares empíricos, argumentos lógicos y el escepticismo como actitud; con esto, los científicos se esfuerzan por alcanzar las mejores explicaciones posibles acerca del mundo natural.
- Las explicaciones científicas deben cumplir ciertos criterios. Primero y sobre todo, deben ser consistentes con la evidencia experimental y observacional acerca de la naturaleza y deben hacer predicciones precisas y pertinentes acerca de los sistemas en estudio. Ellas también deben ser lógicas, estar relacionadas con las reglas de evidencia, ser abiertas a la crítica, informar los métodos y procedimientos y hacer público el conocimiento. Las explicaciones sobre cómo cambia el mundo natural basadas en mitos, creencias personales, valores religiosos, inspiración mística, superstición o autoridad, pueden ser útiles personalmente y socialmente relevantes, pero no son científicas.
- Ya que todas las ideas científicas dependen de la confirmación experimental y observacional, todo el conocimiento científico está, en principio, sujeto a cambio, conforme se encuentra disponible nueva evidencia. Las ideas centrales de la ciencia, tales como las leyes de la conservación de la

energía o las leyes del movimiento, han sido sometidas a una amplia variedad de confirmaciones y es, por tanto, improbable que cambien en las áreas en las cuales han sido probadas. En áreas donde la información o la comprensión son incompletas, tales como los detalles de la evolución humana o las cuestiones concernientes al calentamiento global, la nueva información bien puede conducir a cambios en las ideas vigentes o a resolver conflictos en curso. En situaciones donde la información todavía es fragmentaria, es normal que las ideas científicas sean incompletas, pero también es el espacio en el que pueden darse mayores oportunidades de hacer nuevos avances.

Lederman, Wade y Bell (1998) analizaron los instrumentos utilizados en cuatro décadas para evaluar las concepciones de los estudiantes y de los maestros, y llegaron a la conclusión de que los esfuerzos por mejorar las concepciones de estos últimos sobre la Ndc habían alcanzado algún éxito cuando se habían incluido aspectos históricos del conocimiento científico o se le había prestado una atención directa a este tópico.

Niaz (2005) nos proporciona un decálogo a partir de un pentálogo de Smith y Scharmann (1999), en el que resume la posición actual de consenso en relación con la Ndc (véase el cuadro 1). Sin duda, esta posición contrasta mucho con la visión positivista que hasta hace unas pocas décadas tenía buena parte de los científicos.

En lo que respecta a la inclusión curricular de la Ndc, es interesante la opinión planteada por Acevedo y otros (2005, p. 123) cuando afirman que:

Otra importante dificultad señalada para la inclusión de la Ndc en el currículo de ciencias es que los propios filósofos y sociólogos de la ciencia tienen grandes desacuerdos sobre los principios básicos de esta, debido al carácter dialéctico y controvertido de los asuntos puestos en juego y [...] a la mayor tendencia a la polémica de esos profesionales.

Por su parte, Driver, Leach, Millar y Scott (1996, pp. 41-44) insisten en que tres temas acerca de la Ndc pueden guiar las discusiones sobre la cuestión, sin entrar en las diversas y complejas perspectivas de la naturaleza de la ciencia:

- Un entendimiento de los propósitos del trabajo científico.
- Un entendimiento de la naturaleza y el estatus del conocimiento científico.
- Un entendimiento de la ciencia como empresa humana.

**CUADRO 1**  
**Decálogo de Niaz**

1. Las teorías científicas son tentativas.
2. Las teorías no se convierten en leyes aun con evidencia empírica adicional.
3. Toda observación está impregnada de una teoría.
4. La ciencia es objetiva sólo en cierto contexto del desarrollo científico.
5. La objetividad en las ciencias proviene de un proceso social de validación competitivo, por la evaluación crítica de los pares.
6. La ciencia no se caracteriza por su objetividad, sino por su carácter progresivo –cambios progresivos de problemática–.
7. El progreso científico está caracterizado por conflictos, competencias, inconsistencias y controversias entre teorías rivales.
8. Los científicos pueden interpretar los mismos datos experimentales en más de una forma.
9. Muchas de las leyes científicas son irrelevantes y en el mejor de los casos son idealizaciones.
10. No hay un método científico universal que indique los pasos a seguir.

### 3. INDAGACIÓN

*La indagación es una actividad multifacética que involucra hacer observaciones, hacer preguntas, examinar libros y otras fuentes de información para saber qué es lo que ya se sabe, planear investigaciones, revisar lo que se sabe en función de la evidencia experimental, utilizar herramientas para reunir, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados. La indagación requiere la identificación de suposiciones, el empleo del razonamiento crítico y lógico y la consideración de explicaciones alternativas.*

National Research Council, 1996, p. 23

La definición que abre el epígrafe corresponde a los estándares nacionales de la educación científica estadounidense. La indagación científica se refiere a las diversas formas en las cuales los científicos estudian el mundo natural y proponen explicaciones basadas en la evidencia derivada de su trabajo. Los estudiantes que emplean la indagación para aprender ciencia se comprometen en muchas de las actividades y procesos de pensamiento de los científicos. La indagación también se refiere a las actividades estudiantiles en las cuales los alumnos desarrollan el conocimiento y el entendimiento de las ideas científicas, así como la comprensión de cómo los científicos estudian el mundo natural.

139

Joseph Schwab (1966) fue una voz influyente en el establecimiento de esta visión de la educación científica en la década de 1960. Este educador arguyó que la ciencia debía verse como estructuras conceptuales que fueran frecuentemente revisadas como resultado de nuevas evidencias. Su visión sugirió que los profesores debían presentar la ciencia como un proceso de indagación; y que los estudiantes debían emplear la indagación para aprender los temas de la ciencia. Para lograr estos cambios, Schwab recomendó que los profesores de ciencia utilizaran primero el laboratorio y usaran estas experiencias, más que como continuación de, como guía de la fase de la enseñanza teórica de las ciencias.

Schwab también sugirió que los profesores de ciencias consideraran tres aproximaciones en sus laboratorios (National Research Council, 2000).

- Los manuales de laboratorio o los libros de texto podían emplearse para plantear preguntas y describir los métodos para investigar esas preguntas, permitiendo a los alumnos descubrir relaciones que no conocían.
- Los materiales de instrucción podían usarse para plantear problemas, pero los métodos y las respuestas se dejarían abiertas para que los alumnos las determinaran por sí mismos.
- Los estudiantes, en la aproximación más abierta, podían confrontar fenómenos sin el uso del libro de texto, mediante preguntas basadas en el trabajo experimental; podían hacer preguntas, reunir evidencias y proponer explicaciones científicas con base en sus propias investigaciones.

Una estrategia del aprendizaje por indagación en la enseñanza de la física es la del Physics Education Group (PEG) de la Universidad de Washington (UW), en Seattle, EE.UU. (McDermott y otros, 1996; 1998), que persigue la construcción de conceptos básicos de física, el desarrollo de representaciones científicas y la elaboración de modelos con capacidad predictiva, teniendo en cuenta las siguientes premisas:

140

- La observación de fenómenos simples y el planteamiento de una primera explicación (para recoger las ideas previas de los estudiantes).
- El uso de distintas representaciones científicas para analizar el fenómeno.
- El planteamiento de preguntas y situaciones generadoras del aprendizaje.
- La construcción de modelos que expliquen el fenómeno y que tengan capacidad de predicción.
- La puesta a prueba del modelo mediante su contrastación con un fenómeno algo más complejo.

En *¿Cómo poner en práctica el modelo de aprendizaje como investigación?* de Gil y otros (2005), se pone en juego la indagación en la enseñanza, basándose en un modelo propuesto por el autor (Gil y otros, 1991; 1993; 1996). Muchos investigadores educativos nos confirman el despliegue internacional que ha tenido la estrategia de la indagación

en la enseñanza de las ciencias (Abd-El-Khalick y otros, 2004). Muestra de ello es la gran cantidad de libros sobre experimentación en química que hoy tienen en su título la palabra *inquiry*—«indagación»— (Gallagher-Bolos y Smithenry, 2004; Moog y Farrell, 2005; Bauer, Birk y Sawyer, 2004; Garoutte, 2006; etc.).

#### 4. LA NDC Y LA INDAGACIÓN EN LOS LIBROS DE TEXTO

¿Cómo se puede incorporar la Ndc y la indagación en los libros de texto de ciencia? Artículos recientemente publicados en revistas de didáctica de las ciencias hablan sobre los objetivos de los libros de texto científicos y ponen énfasis en la trascendencia que tienen como elemento didáctico sobre el cual se apoya una buena cantidad de profesores y profesoras. Veamos un par de citas textuales.

Uno de los pilares básicos sobre los que se sustenta la acción docente en cualquier nivel educativo es el libro de texto. Resulta hoy por hoy incuestionable su poderosa influencia en el trabajo en el aula, tanto para los profesores como para los alumnos, constituyéndose en bastantes ocasiones como el referente exclusivo del saber científico. (Perales y Jiménez, 2002).

141

Las funciones que puede cumplir un texto ayudan a situarlo en el contexto curricular:

- Los textos constituyen una recopilación de información textual e icónica.
- Los textos contienen una propuesta didáctica concreta para ser puesta en práctica.
- Los textos, al igual que otros materiales curriculares, constituyen un recurso didáctico, es decir, proporcionan ayuda al profesorado en la toma de decisiones (del Carmen y Jiménez-Aleixandre, 1997).

En tal sentido, Izquierdo y Rivera (1997) han apuntado las características deseadas para los autores de los libros de texto y los objetivos que deben satisfacer al realizar su obra:

Precisamos, quizás, nuevos textos escritos por didactas. Para ello, deberemos distinguir con cuidado las ideas científicas que

están al alcance de las alumnas y los alumnos, determinar el objetivo que queremos alcanzar con el libro, presentar el *mundo* en el que estas ideas y objetivos tienen validez de manera consistente y estructurar el texto del modo más adecuado para facilitar su lectura.

Según León (1999), para que se produzca una comprensión adecuada del contenido de un texto el lector requiere alcanzar los siguientes logros:

- Desentrañar las ideas que encierran las palabras (y las oraciones) del texto; o sea, construir ideas con las palabras del texto.
- Conectar las ideas entre sí; esto es, componer un hilo conductor entre ellas.
- Diferenciar y jerarquizar el valor de las ideas en el texto hasta adquirir lo que se denomina una macroestructura.
- Reconocer la trama de relaciones que articulan las ideas globales, la superestructura.

Este complejo entramado de ideas, conocido como comprensión del discurso debe producirse en el lector como consecuencia de la lectura del texto. Por lo tanto, con estas características resulta muy difícil tipificar un texto como valioso en relación con otro que no lo es (Kintsch, 1988).

Vamos a exponer a continuación algunas alternativas ejemplares para incluir el tema de la NdC y la indagación en el currículum y los libros de texto, con énfasis en la enseñanza de la química.

**Agustín Adúriz (2005):** propone doce actividades didácticas diseñadas para enseñar algunos contenidos de la NdC que promueven una mirada sugerente sobre las ciencias naturales, particularmente en lo que se refiere a tres ejes:

- Epistemológico. Incluye la descripción y la explicación, la creación científica, la analogía, el pensar, decir y hacer sobre los fenómenos, el descubrimiento y la invención científica, y la abducción.

- Histórico. Constituido por tecnociencia, contrastación, paradigma.
- Sociológico. Integrado por axiología, los contextos y la imagen de la ciencia.

Tales actividades tienen una estructura particular, que podría ser llamada «dialógica», y cuya característica es la de ir proponiendo tareas que luego se comentan trayendo a la discusión algunos aspectos de la Ndc.

**Lloyd (1992; 1994):** hace una revisión de orden general de las más importantes transformaciones curriculares del siglo XX y llega a las siguientes conclusiones sobre los deberes del curso universitario en el futuro:

- Debe presentarse una visión global de la química y de su significado para la civilización.
- Se busca desarrollar en los alumnos el aprecio por el espíritu y el método científicos.
- Desarrollo en los estudiantes del juicio crítico, la autoafirmación, la argumentación y la capacidad de razonar por ellos mismos.
- Fomento de un interés sostenido hacia la química.

Como puede verse, existen varios intereses incluidos en la recomendación de Lloyd que están relacionados con la Ndc.

**Gillespie (1993; 1997):** escribió un par de trabajos en los que llega a cuatro recomendaciones importantes para la elaboración de libros sobre el tema:

- Hacer permanente énfasis en la relación entre el mundo macroscópico y el mundo microscópico.
- Suprimir todos los detalles innecesarios y el trabajo arduo, concentrándose en aquello que resulta imprescindible para entender la química.
- Mostrar una química de amplio contexto.
- Hacer libros más reducidos.

**Hawkes (1995):** toca aspectos particulares del curso de Química general y extiende las siguientes recomendaciones:

- Incorporar al curso tanto temas de la frontera del conocimiento como otros de interés industrial y social.
- Preguntarse sobre la «necesidad de que los estudiantes conozcan en este momento» cada tema, con tal de reducir contenidos en un curso introductorio.
- Reducir el énfasis en la resolución de problemas numéricos y avanzar más hacia la comprensión de los conceptos básicos.
- Añadir más experimentación, e incluso guiar el curso por medio del laboratorio.
- Involucrar más a los estudiantes, ayudarlos a desarrollar la capacidad de analizar datos e interpretar información y hacer énfasis en la metodología de la ciencia.

En lo referente al amplio contexto de Gillespie, que coincide con la visión global de la química de Lloyd, y con el tema del interés industrial y social de Hawkes, se trata de conseguir colocar un marco en el que se hable de las aplicaciones de la química en la industria y la vida diaria, parte de lo que consideramos como Ndc.

144

Citemos, finalmente, un par de ejemplos del autor de este trabajo donde han sido plasmados en el cuerpo de texto los elementos del enfoque CTS imbuido de la Ndc y de la indagación, como forma de incluir estos aspectos en un libro de texto.

En *Tú y la química, Garritz y Chamizo (1994; 2001)*: señalamos que la enseñanza de la ciencia se presenta menos ligada a «la corriente de la propia ciencia» y más a «la corriente de una ciencia para todos». Una estrategia educativa como la CTS, que intenta conectar los aspectos científicos y tecnológicos con las necesidades y problemas sociales, implica un enlace inmediato con aspectos que son relevantes y significativos para los alumnos y alumnas. Pero, si bien el aprendizaje ocurre cuando la persona involucrada puede enlazar ideas que impliquen una construcción de significados personales, el proceso no ocurre siempre en forma aislada. Así, el salón de clase puede ser un lugar donde los estudiantes compartan sus propias construcciones personales y donde

los docentes motiven el aprendizaje retando a las concepciones de los aprendices.

El esquema de incorporación de la dimensión CTS se da a través de lecturas que hacen énfasis en algún problema social y su relación en dos direcciones con la ciencia y la tecnología. De esta manera, se mantiene en cierto grado la estructura escolarizada tradicional de la enseñanza de la química, pero en equilibrio con un esquema CTS que intenta relacionar la ciencia con la vida cotidiana de los estudiantes. Más de doscientos ensayos CTS incorporan Garritz y Chamizo en su texto. Este esquema ya había sido empleado por el proyecto británico SATIS (Science And Technology In Society) (Hunt, 1988).

En *Química universitaria*, Garritz, Gasque y Martínez (2005): pretendemos lograr que el estudiante:

- Aprecie la estructura global de la química, sin desagregarla en sus supuestas porciones constitutivas (físicoquímica, inorgánica, orgánica, analítica, bioquímica, etc.), en la búsqueda del tratamiento de la química desde una perspectiva amplia, que incluya los descubrimientos recientes en la frontera del conocimiento o aspectos de aplicación.
- Enlace la teoría con la práctica, para entender cómo una retroalimenta a la otra en el desarrollo de la ciencia. Se persigue que el aprendizaje práctico se convierta en guía para montar el proceso de indagación, partiendo del escepticismo.
- Aplique los modelos científicos más simples al entendimiento de los fenómenos químicos.
- Entienda el papel crucial que ha jugado la química en el desarrollo de la sociedad (salud, industria, vestido, alimentación, tecnología, etcétera.), sopesando las calamidades que pueden derivar de su aplicación irracional.

Otras motivaciones que nos parecen importantes de resaltar son:

- El énfasis en la formación de la capacidad de abstracción, de razonamiento crítico, de indagación, búsqueda, análisis

y discriminación de información, de trabajo en equipo y de resolución de problemas.

- El abordaje de la formación del espíritu científico; es decir, el carácter racional, escéptico, sistemático e inquisitivo del alumnado, así como la faceta ética de la ciencia en la búsqueda de la formación de valores para un adecuado equilibrio entre los riesgos y los beneficios aportados por la química.

Para ello, además de desarrollarse los temas específicamente químicos en cada capítulo, aparecen con frecuencia secciones que pretenden dar una idea más clara a los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia:

- Escepticismo. Se pretende convencer a los estudiantes de lo sano que es disentir, de lo conveniente que es preguntarse cuestiones y ponerse a indagar sobre ellas. Se pretende ayudar a formar el espíritu inquisitivo y la apreciación de valores.
- Ciencia, tecnología y sociedad (CTS). Temas de aplicación en los que se demuestre el papel relevante de la ciencia y la tecnología químicas en la elevación de la calidad de vida de la sociedad, y viceversa, donde la sociedad ha influido en el desarrollo tecnocientífico.
- Química hispanoamericana. Descripción de algún problema local o global resuelto, o del avance de la ciencia realizado por investigadores de la región.
- De frontera. Hallazgos científicos espectaculares (de los últimos veinte o treinta años).
- Del pasado. Cita histórica sobre algún científico o sobre el desarrollo de un concepto.

Así, en este libro no sólo se incluye la lectura de ensayos CTS, sino de otros que dan una perspectiva crítica, histórica, regional o contemporánea de la ciencia y la tecnología, ampliando la visión de la NdC.

De forma enteramente similar, la inclusión de la indagación en relación con este enfoque se lleva adelante, en cada capítulo, a partir de los siguientes elementos:

- ¿Cómo se resuelve? (ejercicio resuelto con todo detalle).
- Te toca a ti (ejercicio individual de reflexión y acción para que el estudiante lo resuelva).
- En equipo (trabajos para desarrollar en grupo, sea en la clase o en la casa).
- En la red (recomendaciones sobre direcciones electrónicas donde se puede encontrar información interesante).
- Problemas y actividades propuestos (ejercicios al final del capítulo).
- Descúbrelo tú (experimentos de química atractivos, algunos de ellos en microescala, tendientes a que el estudiante sea capaz de resolver un problema o encontrar la respuesta a una pregunta iniciadora, no limitándose a la mera observación o comprobación de los fenómenos; se guía al estudiante en lo que debe hacer; la respuesta a la pregunta iniciadora debe obtenerse como resultado del experimento, es decir, no se da en el libro).

147

En estos dos libros hemos incorporado explícitamente información y hemos propuesto el debate en relación con aspectos críticos de la ciencia y la tecnología para provocar una discusión argumentada en la clase de química; lo cual, sin duda, fomentará el escepticismo y el desarrollo de temas de la NdC y de la indagación.

## 5. CONCLUSIONES

Hemos intentado dejar claro que la NdC debe ser un contenido explícito en los cursos de ciencias y que la indagación debe ser tanto un medio (la indagación como un enfoque instruccional) como un fin de la enseñanza (la indagación como finalidad del aprendizaje). Estos dos elementos deben formar parte explícita de los cursos de ciencia para todas las personas, es decir, incorporarlos para la formación de ciudadanos.

Los libros de texto de ciencia del siglo XXI deben tener muchos más elementos que los libros tradicionales. Se debe ir más allá del desarrollo de los conocimientos, modelos, teorías y habilidades científicas, para preguntarnos acerca de su origen histórico, de su fiabilidad, de la forma cómo se obtuvieron, si ello ocurrió con cooperación y colaboración o como una batalla entre los grupos, para qué se emplean comúnmente, qué beneficios reportan para la sociedad y otras cuestiones en relación con la NdC.

Asimismo, otro aspecto crucial para enfocar la educación científica es el de la indagación. Un personaje clave en este tema es Schwab (1966), ya que sugirió que los profesores debían presentar la ciencia como una indagación y que los estudiantes debían emplear la indagación para aprender los temas de la ciencia. Para lograr dichos cambios, recomendó que los profesores de ciencia utilizaran primero el laboratorio y luego, las experiencias allí vivenciadas sirvieran como guías, más que como continuaciones, de la fase de la enseñanza teórica de las ciencias.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE (1993): *Benchmarks for Science Literacy*, Nueva York, Oxford University Press, en <<http://www.project2061.org/publications/bsl/online/bolintro.htm>> [consulta: sep. 2006].
- (2006): *Project 2061. A Long-Term AAAS Initiative to Advance Literacy in Science, Mathematics and Technology*, en <[http://www.project2061.org/default\\_flash.htm](http://www.project2061.org/default_flash.htm)> [consulta: sep. 2006].
- ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S.; DUSCHL, R.; LEDERMAN, N. G.; MAMLOK, R.; HOFSTEIN, A.; NIAZ, M.; TREAGUST, D., y TUAN, H. (2004): «Science Education: International Perspectives», en *Science Education*, n.º 88, pp. 397-419.
- ABD-EL-KHALICK, F. (2005): «Developing Deeper Understandings of Nature of Science: the Impact of a Philosophy of Science Course on Preservice Science Teachers Views and Instructional Planning», en *International Journal of Science Education*, n.º 27, 1, pp.15-42.
- ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A., y MANASSERO, M. A. (2003): «Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas», en *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, n.º 2, 2, en <<http://www.saum.uvigo.es/rec>> [consulta: nov. 2005].

- ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; MARTÍN, 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.», en *Eureka*, n.º 2, 2, pp. 121-140, en <<http://www.apac-eureka.org/revista/Larevista.htm>> [consulta: ago. 2006].
- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2005): *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*, Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.
- AGUIRRE, J. M.; HAGGERTY, S., y LINDER, C. J. (1990): «Students Teachers Conception of Science Teaching and Learning: a Case Study in Preservice Science Education», en *International Journal of Science Education*, n.º 12, 4, pp. 381-390.
- BARTHOLOMEW, H.; OSBORNE, J., y RATCLIFFE, M. (2004). «Teaching Students. Ideas-About-Science: Five Dimensions of Effective Practice», en *Science Education*, n.º 88, pp. 655-682.
- BAUER, R.; BIRK, J., y SAWYER, D. (2004): *Laboratory Inquiry in Chemistry*, 2.ª ed., EE.UU., Brooks Cole.
- BELL, R. L., y LEDERMAN, N. G. (2003): «Understandings of the Nature of Science and Decision Making on Science and Technology Based Issues», en *Science Education*, n.º 87, pp. 352-377.
- CÓRDOVA, J. L. (1992): «Quimotrivia rejecta», en *Educación Química*, n.º 3, 2, p. 88.
- DEL CARMEN, L., y JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (1997): «Los libros de texto: un recurso flexible», en *Alambique*, n.º 11, pp. 7-14.
- DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R., y SCOTT, P. (1996): *Young People's Images of Science*, Buckingham, UK.
- FENSHAM, P. J. (2004): «Beyond Knowledge: other Scientific Qualities as Outcomes for School Science Education», en R. M. Janiuk y E. Samonek-Miciuk. (eds.): *Science and Technology Education for a Diverse World - Dilemmas, Needs and Partnerships*, International Organization for Science and Technology Education (IOSTE) XI<sup>TH</sup> Symposium Proceedings, pp. 23-25, Lublin, Poland, Maria Curie-Skłodowska University Press.
- (1985): «Science for all: a Reflective Essay», en *Journal of Curriculum Studies*, n.º 17, 4, pp. 415-435.
- GALLAGHER-BOLOS, J. A., y SMITHENRY, D. W. (2004): *Teaching Inquiry-Based Chemistry*, Portsmouth, UK, Heinemann.
- GAROUTTE, M. P. (2006): *General, Organic and Biological Chemistry: a Guided Inquiry*, Nueva York, John Wiley & Sons.
- GARRITZ, A., y CHAMIZO, J. A. (2001): *Tú y la química*, México, Pearson Educación.
- (1994): *Química*, Wilmington, EE. UU., Addison-Wesley Iberoamericana.
- GARRITZ, A., GASQUE, L., y MARTÍNEZ, A. (2005): *Química universitaria*, México, Pearson Educación.

- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C., y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. (1991): *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona, Horsori.
- GIL, D.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SIFREDO, C.; VALDÉS, P., y VILCHES, A. (eds.) (2005): *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*, Santiago de Chile, OREALC / UNESCO.
- GIL, D.; NAVARRO, J., y GONZÁLEZ, E. (1993): «Las prácticas de laboratorio en la formación del profesorado: una experiencia de transformación de las prácticas del ciclo básico universitario (II)», en *Revista de Enseñanza de la Física*, n.º 7, 1, pp.33-47.
- GIL, D., y VALDÉS, P. (1996): «La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo», en *Enseñanza de las Ciencias*, n.º 14, 2, pp. 155-163.
- GILLESPIE, R. J. (1997): «Reforming the General Chemistry Textbook», en *Journal of Chemical Education*, n.º 74, 5, pp. 484-485.
- GILLESPIE, R. J.; EATON, D. R.; HUMPHREYS, D. A., y ROBINSON, E. A. (1994): *Atoms, Molecules and Reactions. An Introduction to Chemistry*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall.
- GILLESPIE, R. J., y HUMPHREYS, D. A. (1993): «Descriptive Chemistry in the General Chemistry Course. A New Approach», en *Journal of Chemical Education*, n.º 70, 7, pp. 528-530.
- HAWKES, S. J. (1995): «pKw Is Almost Never 14.0: Contribution from the Task Force on the General Chemistry Curriculum», en *Journal of Chemical Education*, n.º 72, 9, pp. 799-802.
- HODSON, D. (1992): «In Search of a Meaningful Relationship: an Exploration of some Issues Relating to Integration in Science and Science Education», en *International Journal of Science Education*, n.º 14,5, pp. 541-566.
- HUNT, J. A. (1988): «Satis Approaches to STS», en *International Journal of Science Education*, n.º 10, pp. 409-420.
- IZQUIERDO, M., y RIVERA, L. (1997): «La estructura y la comprensión de los textos de ciencias», en *Alambique*, n.º 11, pp. 24-33.
- KINTSCH, W. (1988): «The Role of Knowledge in Discourse Comprehension: a Construction-Integration Model», en *Psychological Review*, n.º 95, 2, pp. 163-182.
- LEDERMAN, N. (1992): «Students and Teachers Conceptions of the Science: a Review of the Research», en *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 29, 4, pp. 331-359.
- LEDERMAN, N.; WADE, P., y BELL, R. L. (1998): «Assessing the Nature of Science: What Is the Nature of our Assessments?», en *Science & Education*, n.º 7, 6, pp. 595-615.

- LEÓN, J. A. (1999): «Mejorando la comprensión y el aprendizaje del discurso escrito: estrategias del lector y estilo de escritura», en J. I. Pozo y C. Monereo (coords.): *El aprendizaje estratégico*, Madrid, Aula XXI-Santillana.
- LLOYD, B. W. (1992): «Review of Curricular Changes in the General Chemistry Course During the Twentieth Century», en *Journal of Chemical Education*, n.º 69, 8, pp. 633-636.
- LLOYD, B. W., y SPENCER, J. N. (1994): «New Directions for General Chemistry», en *Journal of Chemical Education*, n.º 71, 3, pp. 206-209.
- MC DERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S., y el PEG UW. (1996): *Physics by Inquiry. An Introduction to Physics and the Physical Sciences*, EE.UU., Wiley.
- MC DERMOTT, L. C.; SHAFFER, P. S.; ROSENQUIST, M. L., y PEG UW (1998): *Tutorials in Introductory Physics and Homework Manual Package*, Nueva Jersey, Pearson.
- MELLADO, V. (2003): «Cambio didáctico del profesorado de ciencias experimentales y filosofía de la ciencia», en *Enseñanza de las Ciencias*, n.º 31, 3, pp. 343-358.
- MOOG, R. S., y FARRELL, J. J. (2005): *Chemistry: a Guided Inquiry*, Nueva York, John Wiley & Sons.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1996): *National Science Education Standards*, Washington DC, National Academy Press.
- (2000): *Inquiry and the National Science Education Standards*, Washington DC, National Academy Press.
- NIAZ, M. (2005): «¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una “retórica de conclusiones”?», en *Educación Química*, n.º 16, 3, pp. 410-415.
- (2001): «Understanding Nature of Science as Progressive Transitions in Heuristic Principles», en *Science Education*, n.º 85, pp. 684-690.
- OSBORNE, J.; COLLINS, S.; RATCLIFFE, M.; MILLAR, R., y DUSCHL, R. (2003): «What “Ideas-about Science” Should Be Taught in School Science», en *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 40, 7, pp. 692-720.
- PERALES, F. J., y JIMÉNEZ, J. D. (2002): «Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto», en *Enseñanza de las Ciencias*, n.º 20, 3, pp. 369-386.
- RUTHERFORD, F. J., y AHLGREN, A. (1989): *Science for all Americans*, Nueva York, Oxford University Press.
- SCHWAB, J. (1966): *The Teaching of Science*, Cambridge, Harvard University Press.
- SHULMAN, L. S. (1986): «Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching», en *Educational Researcher*, n.º 15, pp. 4-14.
- SMITH, M. U., y SCHARMANN, L. C. (1999): «Defining versus Describing the Nature of Science: A Pragmatic Analysis for Classroom Teachers and Science Educators», en *Science Education*, n.º 83, pp. 493-509.

- SOLBES, J.; VILCHES, A., y GIL, D. (2001): «Epílogo: el papel de las interacciones CTS en el futuro de la enseñanza de las ciencias», en P. Membiela (ed.): *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva ciencia-tecnología-sociedad*, Madrid, Narcea.
- SOLOMON, J.; DUVEEN, J.; SCOT, L., y MCCARTHY, S. (1992): «Teaching about the Nature of Science Through History: Action Research in the Classroom», en *Journal of Research in Science Teaching*, n.º 29, 4, pp. 409-421.
- VÁZQUEZ-ALONSO, A.; ACEVEDO-DÍAZ, J. A., y MANASSERO-MAS, M. A. (2004): «Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: evidencias e implicaciones para su enseñanza», en *Revista Iberoamericana de Educación*, en <<http://www.campus-oei.org/revista/deloslectores/702Vazquez.PDF>> [consulta: ago. 2006].
- VÁZQUEZ-ALONSO, A., y MANASSERO-MAS, M. A. (2006): «El interés de los estudiantes hacia la química», en *Educación Química*, n.º 17, 3, en prensa.

---

**REVISTA IBEROAMERICANA DE EDUCACIÓN**

**REGRESAR A ÍNDICE N° 42**

**REGRESAR A PÁGINA INICIAL DE LA REVISTA**

**CONTACTAR**