

Algunas consideraciones sobre la inclusión curricular de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de la Física y de la Química en el nivel de la educación secundaria

Guillermo Cutrera¹

Resumen

El interés por la comprensión de la naturaleza de la ciencia y el desarrollo del conocimiento científico ha originado, en la actualidad, un importante campo de investigación en las didácticas de la física y de la química. Una de las razones que explican el interés por este estudio es la convicción en que las concepciones docentes sobre la actividad científica incluyen reduccionismos y deformaciones que pueden obstaculizar la enseñanza. Actualmente, y desde el marco de una alfabetización científica y tecnológica, existe un creciente consenso para incluir explícitamente en los currículos de las materias escolares de química y física, la enseñanza de la naturaleza de la ciencia relevancia que, además, se traduce en su presencia en los currículos de ciencias implementados en diversos países durante la década de los noventa. En este trabajo se discute la inclusión curricular de los contenidos vinculados a naturaleza

Summary

The interest for the understanding of the nature of science and the development of the scientific knowledge has recently originated an important field of research in the didactics of physics and chemistry. One of the reasons for this sudden interest is the conviction that teacher beliefs about the scientific activity include reductionisms and deformations that can block teaching. Nowadays, and from the framework of a scientific and technological literacy, there is a growing consensus to explicitly include in the school curriculum of physics and chemistry, the teaching of the nature of science. This relevance also translated in its presence in the science curriculum implemented in different countries during the 90s. In this work there is a discussion about the inclusion in the curriculum of the different contents related to the nature of science in the teaching of physics and chemistry. With that objective in mind, we distinguish different levels related to the incorporation of this curriculum

de la ciencia en la enseñanza de la química y física escolares. Para ello se diferencian niveles relacionados con la incorporación de esta dimensión curricular, que permiten analizar los desafíos vinculados a la inclusión de la naturaleza de la ciencia en el contexto de las propuestas curriculares de la educación media.

Palabras clave: Naturaleza de la Ciencia - Enseñanza de la Química Escolar - Enseñanza de la Física Escolar - Currículos Escolares.

dimension, that allow the analysis of the challenges related to the inclusion of the nature of science in the context of the curriculum proposals of high school education.

Key words: Nature of Science - Teaching of School Chemistry - Teaching of School Physics - School Curriculum.

Fecha de Recepción: 18/06/12
Primera Evaluación: 22/09/12
Segunda Evaluación: 07/11/12
Fecha de Aceptación: 10/12/12

En nuestro país la Reforma Educativa iniciada a mediados de los años 90 introduce (entre otras innovaciones curriculares como, por ejemplo, la presencia de áreas) la distinción entre el conocimiento *en* ciencias y el conocimiento *sobre* las ciencias. Esta prescripción se incluye en una tendencia de propuestas de reformas educativas implementadas a nivel mundial durante los años 80 y década del 90 que introdujeron en los currículos de ciencias naturales una nueva componente curricular de reflexión crítica en la enseñanza de las ciencias naturales, componente conocida, en general, con el nombre de *naturaleza de la ciencia* (en adelante NdC). La consideración explícita de estos contenidos escolares descansa en el consenso proveniente de la comunidad de investigadores en los campos de las didácticas de la química de la física, respecto de que la alfabetización científico-tecnológica involucra, además de un saber ciencias -y de manera no menos relevante-, un saber *sobre* las ciencias: qué es el conocimiento científico, cómo se elabora, qué características lo diferencian de otras producciones culturales, cómo cambia en el tiempo, cómo influencia y es influenciado por la sociedad y la cultura.²

La importancia de la enseñanza de la NdC -su filosofía, historia y sociología- es y ha sido reflejada en numerosas investigaciones destinadas, especialmente, a la indagación de la imagen de ciencia presente en docentes y alumnos de diferentes

niveles educativos (Lederman, 1992). La incorporación de esta dimensión para la enseñanza de las ciencias de la naturaleza, proviene de la falta de atención que estos currículos han prestado a contenidos vinculados a la actividad científica. Tradicionalmente los currículos en ciencias han enfatizado la enseñanza de contenidos conceptuales, relegando u omitiendo preguntas acerca de qué es la ciencia, cómo funciona internamente, cómo se desarrolla, cómo construye su conocimiento, cómo se relaciona con la sociedad, qué valores utilizan los científicos en su trabajo profesional, etc. Todos estos aspectos constituyen lo que se conoce como “naturaleza de la ciencia” (Acevedo-Díaz, *et. al.* 2007; Hodson, 1988; Lederman, 2006; Duschl, 1997). Desde una perspectiva de alfabetización científica-tecnológica (Fourez, 1997), la comprensión de los valores, de los supuestos de la actividad científica y de los procesos mediante los cuales se crea el conocimiento científico, constituye un saber relevante para una persona alfabetizada científica y tecnológicamente.

Según Lederman (2006) el campo de investigación en la didáctica de las ciencias, durante las dos últimas décadas, se caracterizó por distintas líneas de investigación sobre la NdC, relacionadas entre sí:

- ✓ la evaluación de las concepciones de los estudiantes sobre la naturaleza de la ciencia;
- ✓ la elaboración, utilización y evaluación del currículo destinados a mejorar estas concepciones;

✓ la evaluación de las concepciones de los profesores sobre la naturaleza de la ciencia y los esfuerzos hechos para mejorarlas;

✓ las relaciones entre las concepciones del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia, su práctica docente en el aula y las concepciones de los alumnos sobre el tema y

✓ la elaboración de diversos instrumentos para evaluar estas concepciones y el desarrollo de las técnicas necesarias para su aplicación.

La evaluación de las concepciones de los docentes y alumnos sobre la NdC ha sido, entre las líneas mencionadas y si atendemos a la importante cantidad de trabajos publicados, la de mayor atención de parte de investigación educativa durante las últimas décadas.³

En este trabajo limitamos nuestra atención al análisis de la inclusión curricular de los contenidos sobre la NdC en el nivel de la enseñanza media y para las materias relacionadas con la física y química. En particular, nos referiremos a las reformas curriculares implementadas durante los años 90 y, desde del año 2004, en la provincia de Buenos Aires.

Niveles de análisis para la inclusión de la NdC en la propuesta curricular

La inclusión de la NdC como contenido escolar requiere la consideración de diferentes niveles para su análisis. Sin ánimo de exhaustividad, hablaremos de tres niveles. Un primer nivel refiere a la ausencia o presencia explícita de estos contenidos en la propuesta curricular.

Un segundo nivel lo constituye el *cómo*, esto es, la modalidad privilegiada para la inclusión de estos contenidos. Finalmente, un tercer nivel en el que es posible presentar la discusión respecto de qué contenidos escolares son considerados para las enseñanzas y los aprendizajes de la NdC. Si el segundo nivel para la inclusión de estos contenidos constituye el *cómo* este último nivel considera el *qué* del contenido.

Comencemos por el primer nivel considerado para el análisis de las propuestas curriculares sobre la NdC, caracterizado por las categorías de ausencia o presencia explícita para estos contenidos. En primer lugar, y para en este nivel, es interesante destacar los riesgos de la ausencia de toda consideración a la NdC como dimensión curricular. Las visiones sobre la actividad científica son transmitidas durante las enseñanzas sin la necesidad de una prescripción que las haga explícitas (Mc Comas, 1996, 2003; Bell, *et. al.*, 2001; Allchin, 2003; Blachowicz, 2009). En la enseñanza de la física y química escolares, las actividades experimentales de laboratorio constituyen una instancia relevante para la transmisión de visiones estereotipadas de la actividad científica.⁴ La crítica a las actividades experimentales habituales ha sido generalizada al evaluar los resultados del modelo de aprendizaje por “descubrimiento autónomo”, cuyas serias limitaciones, asociadas a un inductivismo ingenuo (Chalmers, 1978), fueron denunciadas por numerosos autores (Ausubel, 1978; Millar *et. al.*, 1987).⁵

Pero no sólo se trata de un riesgo inductivo en sentido ingenuo. La concepción empírico-inductivista,⁶ que parecería ser frecuente entre los profesores de ciencias de la naturaleza si atendemos a los resultados de investigaciones en este campo, amplía aún más los riesgos de una visión estereotipada de la actividad científica. Por ejemplo, acciones de enseñanza que reducen la actividad científica a la realización de experimentos suelen estar fuertemente influidas por una imagen de la ciencia que desconoce su naturaleza social y, entre otros aspectos, la complejidad inherente a la misma instancia de contrastación.^{7,8}

Considerar la dimensión implícita de la NdC en los procesos de enseñanza -y sus posibles riesgos- es uno de los motivos que suelen ser expresados a favor de la incorporación explícita de esta dimensión curricular. Sin embargo no es el único. En efecto, los argumentos a favor de la inclusión de la NdC en la prescripción curricular han sido variados y, en su conjunto, considerados desde la perspectiva de la alfabetización científico-tecnológica. Driver (*et al.*, 1996), por ejemplo, los sintetiza en las siguientes dimensiones:

✓ Utilitarista. La comprensión de la NdC es un requisito para tener cierta idea de la ciencia y manejar objetos y procesos tecnológicos de la vida cotidiana.

✓ Democrática. La comprensión de la NdC hace falta para analizar y tomar decisiones de interés social sustentadas en la información sobre cuestiones tecnocientíficas.

✓ Cultural. La comprensión de la NdC es necesaria para apreciar el valor de la ciencia como un elemento importante de la cultura contemporánea.

✓ Axiológica. La comprensión de la NdC ayuda a entender mejor las normas y valores de la comunidad científica que contienen compromisos éticos con un valor general para la sociedad.

✓ Docente. La comprensión de la NdC facilita el aprendizaje de los contenidos de las materias científicas.

La inclusión curricular de la NdC (I)

La inclusión intencional de la NdC en la prescripción curricular puede realizarse según una modalidad implícita o una modalidad explícita. Desde un enfoque implícito se asume que es posible conseguir una comprensión indirecta de la NdC mediante una enseñanza basada en la adquisición de habilidades en los procesos de la ciencia, involucrando a los estudiantes en actividades de indagación científica (Gabel *et. al.*, 1977; Haukoos *et. al.*, 1985; Scharmann *et. al.*, 1992).⁹ En este enfoque para el tratamiento de cuestiones vinculadas a la NdC, se considera que los alumnos pueden adquirir conocimiento sobre esta dimensión epistémica involucrándose en actividades centradas en “hacer ciencia” en el aula. La confianza en que los aprendizajes de procedimientos científicos son condición suficiente para el aprendizaje de la NdC, deviene en la ausencia de toda consideración explícita para la enseñanza de esta dimensión curricular. En otras palabras, la mejor

manera para aprender contenidos *en* ciencia y *sobre* la ciencia es mediante actividades basadas en un modelo de actividad científica.

Sin embargo, lo que comenzó como una justificación psicológica del aprendizaje a través del descubrimiento, se transformó en una justificación de carácter epistemológico (Hodson, 1993). La visión sobre la actividad científica promovida por el aprendizaje a través del descubrimiento implicó, además, una concepción sobre la actividad científica según los límites del inductivismo estrecho (Cawthron *et. al.*, 1978). Sin embargo, las opciones a estos estereotipos sobre la NdC no se reducen a esta última concepción epistémica. Por ejemplo, la incorporación de la práctica de formulación de hipótesis entre los procesos escolares en el aprendizaje de la física y de la química, tienden a promover una visión igualmente distorsionada de la actividad científica a través de una perspectiva popperiana ingenua con énfasis en la contrastación empírica de las hipótesis y en la toma de decisiones inequívocas sobre la validez o la falsedad de las teorías.¹⁰ Debe aclararse, no obstante, que estos riesgos no cuestionan -o, al menos, no deberían hacerlo- la relevancia de que los alumnos aprendan en el contexto escolar a realizar cuidadosas observaciones, a controlar variables en situaciones experimentales, a elaborar diseños experimentales y, entre otros procesos, a contrastar empíricamente sus hipótesis. Lo que resulta objetable, en el contexto de la perspectiva implícita

a la que referimos, es suponer que los aprendizajes de estos procesos sean transferibles sin más a aprendizajes de visiones consensuadas sobre la NdC. Ni el aprendizaje de cuidadosas observaciones supone comprender la dependencia teórica de las observaciones ni la habilidad para realizar control de variables en una investigación escolar supone el aprendizaje sobre la lógica de la experimentación científica.

Un modelo alternativo -al modelo implícito- propuesto para la inclusión curricular de NdC es el denominado "enfoque explícito" (Akindehin, 1988; Hodson, 1985; Ogunniyi, 1983). Desde este modelo explícito se recomienda afrontar el objetivo de la enseñanza sobre la NdC mediante la planificación curricular, en vez de esperar obtener un efecto como producto secundario de los enfoques implícitos en la enseñanza (Akindehin, 1988). Esta planificación curricular, expresión de la inclusión explícita de los contenidos vinculados a la NdC, puede realizarse según diferentes modalidades. En este sentido, es posible identificar dos tipos de respuestas que pueden ser consideradas extremos de un continuo que admite combinaciones a partir de ellas. Una de estas respuestas ubica a los temas sobre la NdC entre los contenidos escolares; la otra respuesta a la inclusión considera a los contenidos sobre la NdC desde la reflexión sobre los contenidos propios de la materia escolar.

Según la primera de estas dos opciones, la dimensión curricular de la NdC es considerada como parte de los contenidos de la materia escolar, por

ejemplo incluyéndola como unidades temáticas en el programa de la asignatura. Alternativamente, la NdC puede incorporarse en la propuesta curricular constituyendo una materia escolar dentro del programa del plan de estudios. Por ejemplo, en la reforma educativa implementada en nuestro país durante los años 90, se adoptó esta modalidad curricular para la presentación de los contenidos vinculados a la NdC en los espacios curriculares de física y química en el nivel educativo Polimodal de la Provincia de Buenos Aires. En estos espacios curriculares los contenidos sobre la NdC se incorporaron como una unidad temática bien diferenciada en los respectivos programas analíticos. Pero además, y en este mismo nivel educativo, algunos aspectos vinculados a la NdC fueron prescritos en un espacio curricular independiente denominado Proyecto y Metodología de la Investigación. En tal sentido, esta primera modalidad de incorporación para la NdC fue la privilegiada para el nivel Polimodal en la Provincia de Buenos Aires en sus dos variantes: por un lado, recurriendo a la creación de un espacio curricular *ad hoc* y, por otro, incorporando a algunos de estos contenidos entre aquellos propios de las materias escolares.

La segunda de las opciones para la consideración curricular de la NdC, ubica a estos contenidos atravesando las temáticas habituales de cada materia escolar; en términos de Perkins, ubicándose en el metacurriculum. La idea de metacurriculum implica la idea

de conocimiento de orden superior (Perkins, 1997). Por ejemplo, las ideas de los alumnos acerca de las preguntas que deben formularse para comprender algo, es decir, el conocimiento acerca de cómo obtener comprensión, constituyen un conocimiento de orden superior. La familiaridad con ideas tales como “hipótesis” y “prueba” y las operaciones con estas ideas –como formular hipótesis, ponerlas a pruebas y decidir su aceptación a partir de los resultados de las contrastaciones empíricas- también constituyen un pensamiento de orden superior. En particular, el conocimiento de las condiciones de prueba en cada asignatura es un conocimiento de orden superior respecto de la manera en la que trabajan las disciplinas.

La incorporación de la NdC según esta segunda opción constituyó la forma de presentación privilegiada para estos contenidos en la materia escolar de física, durante la reforma de los años 90, en la propuesta curricular de la Provincia de Córdoba. En este contexto, la incorporación explícita de la NdC, fue considerada desde la dimensión actitudinal del contenido. Por otra parte, esta modalidad para la incorporación de la NdC también fue empleada para el área de Ciencias Naturales en el nivel del tercer ciclo de la Educación General Básica en la Provincia de Buenos Aires.

La incorporación explícita de la dimensión sobre la NdC en la propuesta curricular implementada en la Provincia de Buenos Aires a partir del año 2004 privilegia esta segunda modalidad de presentación para las prescripciones

curriculares de las materias escolares relacionadas con química y física. Esta forma de presentación para los contenidos vinculados a esta dimensión epistémica, se sostiene a lo largo de los años de la educación secundaria. En tal sentido, esta última propuesta curricular no presenta -en lo que respecta al dominio de la NdC- la discontinuidad observada entre las modalidades de presentación identificadas entre el Tercer Ciclo de la Educación General Básica y el nivel Polimodal en la reforma de los años 90. Una característica compartida en este nivel de inclusión curricular de la NdC en ambas propuestas curriculares, es la incorporación de una materia escolar centrada en contenidos sobre la NdC en el último año de la escolaridad media.

La incorporación de la NdC como reflexión sobre los contenidos conceptuales evitaría la posibilidad de vaciar de contenido a la reflexión epistemológica. Esta reflexión debería acompañar el tratamiento de contenidos científicos escolares que se presten para ello. Es decir, preferentemente, la componente epistémica de los contenidos escolares no debería suponer su consideración exclusiva desde una materia escolar *ad hoc*. Las reflexiones epistémicas, y en particular metodológicas, deben ser contextualizadas desde los aportes que proporcionan las disciplinas respectivas. Los tratamientos de estas temáticas en materias escolares independientes corren el riesgo de vaciar de contenidos a la materia, sea por falta de ejemplos

históricos significativos y/o por ausencia de discusiones relevantes para las materias escolares vinculadas a la enseñanza de la física y de la química. Uno de los inconvenientes más importantes para esta segunda modalidad de inclusión de la NdC en las propuestas curriculares para la enseñanza de la física y de la química, son las dificultades -o ausencia, en los casos más extremos- vinculadas a la formación docente en estas temáticas. La emergencia de esta nueva componente curricular de carácter metacientífico requirió -ya durante la implementación de la reforma de los '90- adecuar estructuras, contenidos, enfoques, metodologías, materiales y textos, pero, y de modo más importante aún, implicó la necesidad de acercar a los profesores de física y a los profesores de química al conocimiento y a la enseñanza de unos contenidos que estaban muy poco presentes en la formación docente tradicional. En tal sentido, la formación docente reclamó de la presencia de esta doble demanda vinculada con el conocimiento sobre la NdC y su didáctica, demanda que aún en la actualidad -y ya transitando una nueva reforma educativa en la Provincia de Buenos Aires- no encuentra una respuesta adecuada tanto en la formación como en la "puesta en acto" en los procesos de enseñanza.

La incorporación explícita de la NdC en las propuestas curriculares es acompañada desde la investigación didáctica a partir de marcos de referencia para la formación profesional docente. Por ejemplo, Shulman propone que el conocimiento de los profesores puede ser

analizado en términos de las siguientes categorías: el conocimiento del contenido disciplinario, el conocimiento pedagógico del contenido y el conocimiento curricular (CC) (Reyes, *et. al.*, 2006). El conocimiento del contenido temático o disciplinar, a su vez, incluye el conocimiento sustantivo, el sintáctico y las creencias acerca de la materia (Grossman, *et. al.*, 2005). Estas últimas dimensiones, llevan la conceptualización del conocimiento disciplinar más allá del conocimiento de hechos, datos o conceptos disciplinares. Incluyen, además, del conocimiento semántico, el conocimiento sintáctico de la materia a enseñar (Garritz *et. al.*, 2004). Esta última forma de conocimiento -el saber sintáctico- incorpora la estructura sintáctica de la disciplina y, por lo tanto, la dimensión de la NdC. En tal sentido, las creencias del profesor -como elemento constitutivo del saber disciplinario- no sólo serán limitadas a la estructura conceptual de la disciplina a enseñar; incluyen, también, creencias sobre los saberes propios de la dimensión epistémica.

La inclusión de la NdC en la propuesta curricular (II)

Un tercer nivel de discusión centra su consideración en cuál/es son la/s corrientes epistémicas presentes en estos contenidos curriculares, consideración que adquiere relevancia frente a la falta de acuerdos en el plano de las discusiones epistemológicas.

Al momento de considerar la inclusión

de la NdC en el currículo de ciencias, los problemas no sólo remiten a las opciones -y sus dificultades- planteadas en el nivel anterior. También, y de manera especial, remiten al *qué* enseñar. Este nivel, en la consideración curricular de la NdC, presenta particular interés porque supone el logro de acuerdos en el plano epistémico donde la pluralidad de posiciones es una nota distintiva.

En un sentido amplio, la NdC incluye la reflexión respecto a 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 los aportes de éste a la cultura y al progreso de la sociedad. Estas reflexiones interdisciplinarias provienen de controversias y discusiones entre filósofos, historiadores, sociólogos, científicos, profesores y expertos en didáctica de las ciencias y son tan amplias y ricas en matices que pretender resumirlas en unas pocas líneas es una ardua tarea (Acevedo, *et. al.*, 2005). Las características señaladas apuntan al origen de una de las principales dificultades para la inclusión de la NdC en la educación científica (Vázquez, *et. al.*; 2005). En efecto, si atendemos a su complejidad, la comprensión de la NdC en tanto metaconocimiento, podría quedar fuera del alcance de gran parte de los alumnos, en particular en los primeros años de cada nivel sistema educativo. Ahora bien, esto no debería suponer la renuncia a enseñanzas y aprendizajes de la NdC.

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 ésta. El resultado es que entre el positivismo lógico de la primera mitad del siglo XX y el relativismo constructivista radical del último cuarto del mismo siglo, podemos encontrar epistemologías de todos los tipos: realismo, neopositivismo, relativismo y casi cualquier combinación posible de las anteriores, tales como racionalismo crítico, evolucionismo, realismo crítico, realismo constructivo, empirismo constructivo, constructivismo sociológico, relativismo débil, etc. (Echeverría, 1999; Acevedo-Díaz, *et al.*; 2007). En este contexto, resulta difícil definir con más precisión el concepto de NdC, aunque se puede decir que, en general, la NdC también hace referencia a los valores propios y contextuales de la ciencia y a los supuestos subyacentes al conocimiento científico, que son consecuencia del carácter humano de la propia empresa científica, incluyendo sus limitaciones (Ziman, 1981). En tal sentido, por ejemplo, Aikenhead (*et al.*; 1992) describe la NdC como un conjunto de supuestos, valores, invenciones conceptuales, métodos, construcción de acuerdos y características epistemológicas propias del conocimiento científico. Desde esta última perspectiva, sería deseable conseguir un consenso sobre ciertos aspectos de NdC (Eflin, *et al.*, 1999; Osborne *et al.*, 2003) que permita afrontar el conocimiento de los alumnos sobre la

NdC como un medio para el aprendizaje de la ciencia que incluya la reflexión sobre aspectos vinculados a la actividad científica. Este consenso podría servir como punto de partida para establecer contenidos relativamente modestos (Matthews, 1998), adaptados al nivel evolutivo de los estudiantes y ajustados a los requerimientos de una enseñanza de las ciencias para la alfabetización científica y tecnológica de todas las personas que permita su participación activa en la sociedad civil. En cualquier caso, no puede olvidarse que, del mismo modo que los contenidos científicos deben someterse a un proceso de transformación didáctica para convertirse en conocimiento escolar, también habrá que reelaborar adecuadamente los contenidos relativos a la NdC antes de incorporarlos en el aula de ciencias.

Una revisión de las propuestas curriculares para la enseñanza de las materias escolares relacionadas con la física y la química muestra que la incorporación de la NdC oscila entre la ausencia de consideraciones explícitas -como sucede en la prescripción curricular de los años 90- y las recomendaciones sobre estereotipos de la actividad científica que deben evitarse en las prácticas de enseñanza -por ejemplo, en las propuestas curriculares de la reforma implementada en la Provincia de Buenos Aires desde el año 2004-

Estas recomendaciones sugieren explícitamente, evitar visiones reduccionistas sobre la actividad científica tales como las mostradas en los resultados de investigaciones de

concepciones de alumnos y profesores sobre la NdC. No obstante, estas consideraciones no profundizan en posiciones definidas sobre aspectos centrales de la actividad científica como la noción de progreso científico y la relación entre las teorías y la realidad, aspectos -estos últimos- que reflejan la falta de consensos en la comunidad de investigadores en didáctica de la física y de la química.

Alcance de los acuerdos sobre la NdC

Son numerosas las investigaciones que han detectado que una buena parte de los docentes y alumnos poseen una visión empirista de la ciencia (Porlán, 1996) caracterizada por su:

✓ *autenticidad*: se visualizan los productos de la actividad científica como una descripción cierta de la realidad;

✓ *neutralidad*: se enfatiza el carácter supuestamente objetivo de los conocimientos científicos;

✓ *veracidad*: porque las teorías y los conocimientos científicos se consideran de carácter absoluto y universal;

✓ *superioridad*: el conocimiento científico se constituye en una forma de conocimiento superior, respecto de los conocimientos personales o cotidianos.

Estas concepciones corresponden a maneras tradicionales de entender la producción del conocimiento científico -a menudo identificadas con la perspectiva del positivismo lógico-, y han recibido diferentes denominaciones, entre otras, visión *cientista*, *cientificismo* y,

alternativamente, concepción *naive* (Hodson, 1988) presentada a partir de las siguientes características:

✓ El propósito de la ciencia es la búsqueda de la verdad.

✓ El camino que lleva a la *verdad* involucra la observación, la experimentación y el análisis de los fenómenos naturales y los resultados de esta búsqueda constituyen el conocimiento científico.

✓ El conocimiento científico es objetivo y, por lo tanto, neutro o carente de ideologías.

✓ El camino en la producción de conocimiento científico es lineal, sin cambios bruscos ni rupturas.

La referencia al proceso de la investigación científica como un procedimiento algorítmico simple nos remite a la idea del método científico que, en esta imagen tradicional de la actividad científica, se constituye en la herramienta intelectual que posibilita la elaboración de teorías científicas (Fleer, 1999). Tal método es un algoritmo utilizado a efecto de evaluar la construcción y aceptabilidad de enunciados universales sobre la base del apoyo empírico disponible y de su consistencia con la teoría que constituye. En la combinación "lógica + experiencia" descansa la actividad científica y la reflexión sobre ella. En tal sentido, la reflexión epistemológica debe elaborar una teoría de la confirmación que permita a las ciencias naturales la transparencia de la justificación. El grial perseguido es la racionalidad científica; su caballero, la lógica inductiva. La acumulación de datos

sumado a las virtudes cognoscitivas permitirían el acercamiento a la verdad.

Acevedo Díaz (*et. al.*, 2007) considera que si bien es posible lograr ciertos acuerdos sobre los contenidos escolares vinculados a la NdC, también advierte sobre las dificultades en la búsqueda de estos consensos. Eflin (*et. a1.*, 1999) han resumido también algunos de los principales acuerdos y desacuerdos acerca de la NdC entre los expertos en educación científica. En un estudio basado en los juicios de un panel de expertos mediante una encuesta directa que valora cuestiones relacionadas a la NdC, Acevedo Díaz (*et. al.*, 2007) encuentra consensos y disensos respecto de qué visión sobre la actividad científica debería ser presentada en la enseñanza. Según los resultados obtenidos, el consenso se puede centrar en:¹¹

- ✓ La carga teórica de las observaciones; en otros términos, los científicos observan cosas diferentes si sostienen teorías distintas.

- ✓ La naturaleza dinámica, hipotética y provisional del conocimiento científico.

- ✓ El progreso lineal y acumulativo del conocimiento científico es refutado por el consenso acerca de la naturaleza de las hipótesis científicas, sosteniéndose que la ciencia progresa desde hipótesis científicas que se confirman, pero también que se refutan.

- ✓ El acuerdo sobre la metodología científica reconoce la influencia de la originalidad y la creatividad como características de los científicos en el desarrollo de su trabajo.

- ✓ La cuestión correspondiente al razonamiento lógico basado en inferencia estadística suscita un acuerdo sobre la distinción entre correlación y causalidad, en el que subyace también la crítica a la justificación lógica del principio de inferencia.

- ✓ Los científicos inventan las leyes, hipótesis y teorías, porque interpretan los hechos experimentales que descubren. Los científicos no inventan lo que la naturaleza hace, sino que inventan las leyes, hipótesis y teorías que describen lo que la naturaleza hace.

- ✓ En el mundo hay un orden fundamental que la ciencia pretende describir de la manera más simple y comprensiva posible.

- ✓ No existe un único método científico.

Los desacuerdos más importantes aparecen en los siguientes puntos:

- ✓ La generación del conocimiento científico depende de compromisos teóricos y factores contextuales sociales e históricos –contextualismo–.

- ✓ La verdad de las teorías científicas viene determinada por aspectos del mundo que existen de modo independiente de los científicos –realismo ontológico–.

En todo caso, las divergencias en la búsqueda de acuerdos en los contenidos a incluir bajo la denominación “NdC”, exhiben diferencias sobre la valoración del conocimiento científico. En efecto, dos posiciones bien diferenciadas han dominado la discusión en este ámbito. Por

un lado, la consideración de aspectos vinculados a la NdC en la enseñanza de las ciencias pueden *desvalorizar* a la ciencia misma, exaltando el escepticismo acerca del conocimiento científico o denostando el valor social de sus aplicaciones -tal como sucede con algunas tesis del posmodernismo o ciertas afirmaciones de la llamada "nueva sociológica de la ciencia"- . Por otra parte, la incorporación de la NdC en la enseñanza de las ciencias, podría ser empleada para probar la tesis cientificista y tecnocrática de que la solución de un problema, sea cual fuere su naturaleza, sólo puede ser hallado en el marco de la ciencia o de una tecnología solo comprensible por expertos. En términos de Holton (1988), es la oposición entre el yunque y el martillo. El yunque son los nuevos dionisíacos y el martillo son los nuevos apolíneos. Atrapados entre ambos grupos, los científicos, no hacen caso a ninguno de los dos; de hecho, los científicos ceden la plataforma pública a la propagación de dos grupos de respuestas distintas pero igualmente erróneas a las preguntas ¿cómo es que los científicos adquieren conocimientos y cómo es que deberían adquirirlos?

Parece razonable, en materia educativa, no comprometerse con estas posiciones extremas y, en cambio, proponer un eclecticismo razonable. En esta búsqueda, también debe procurarse la conciliación entre aspectos normativos y aspectos descriptivos de la actividad científica. En este contexto -y como respuesta a esta última demanda- son interesantes las contribuciones provenientes de la

sociología de la ciencia. Los aportes provenientes de la microsociología de la ciencia y de los estudios culturales de la ciencia, permiten tensionar la manera en la cual es construida la NdC: ¿es la NdC a enseñar una NdC ideal o real? ¿colocamos el énfasis en el "es" o en el "debería ser"? La ambivalencia entre lo normativo y lo descriptivo. Los estudios culturales, por ejemplo, han demostrado cómo los científicos reflejan la cultura contextual en su pensamiento. Realmente esta afirmación no debería sorprendernos: los científicos trabajan con los recursos cognitivos que tienen a mano; obtienen conclusiones y trazan perspectivas del contexto social en el cual viven. El contexto cultural, en consecuencia, puede delinear los temas que se persiguen, las preguntas y las observaciones que se realizan, la evidencia que se interpreta, y los valores teóricos que se prefieren. Para bien o para mal, el campo y el contenido de la ciencia emergen de la cultura.

Así, los profesores deberían diferenciar entre los elementos normativos y descriptivos de la naturaleza de la ciencia y abordar a ambos en la enseñanza de la ciencia. La NdC debe incluir ambas dimensiones: lo normativo y lo descriptivo. Su enseñanza debe considerar los límites de la autoridad científica y al error científico como parte constitutiva de la actividad de los científicos. La enseñanza de la NdC, en este sentido, debería incluir un ejemplo del error y cómo los científicos lo reconocen y trabajan a partir del mismo. El modo más directo y rápido para la enseñanza de estos dos últimos aspectos, es a través de los casos

históricos de estudios del error. Enseñar ciencia sin error es como enseñar medicina sin enfermedades o ley sin delito. El resultado estará desconectado de la práctica real.

Consideraciones finales

La inclusión en los currículos escolares de física y de química de aspectos vinculados a la NdC puede realizarse según diferentes modalidades que pueden analizarse a partir de los niveles sugeridos en este trabajo. A estos niveles propuestos para analizar la inclusión curricular de la NdC, podríamos incorporar dos instancias no consideradas en esta presentación. Una de ellas, centrada en el análisis de la “puesta en acto” de la propuesta curricular a través de los procesos de enseñanza; otra, y delimitando un último nivel de análisis, relacionada con los contenidos aprendidos sobre la NdC. Estos dos últimos niveles permitirían ampliar y complejizar los horizontes del análisis iniciado en este trabajo, por ejemplo, en una referencia directa a la formación profesional docente. Las consideraciones realizadas en esta presentación implican, por un lado, desafíos para la formación docente, en particular desde perspectivas curriculares que asumen a los contenidos epistemológicos relacionados a la NdC desde el metacurriculum. Por otra parte, imponen la necesidad de investigaciones en el contexto de las aulas que permitan avanzar las dificultades relacionadas a la implementación de las perspectivas de inclusión curricular consideradas.

El primer nivel propuesto y analizado para la consideración curricular de la NdC, es condición de posibilidad de los siguientes. Decidida su inclusión curricular, el *cómo* ofrece alternativas que no deberían ser pensadas como mutuamente excluyentes. El *qué* nos introduce en un nivel de análisis que amplifica los disensos y las dificultades. Es el mismo nivel en el que debe discutirse si es necesario presentar una concepción sobre la ciencia alineada con una perspectiva epistémica definida o una concepción de ciencia estructurada sobre rasgos diversos en cuanto a su origen epistémico y que comparten la condición de evitar versiones reduccionistas de la actividad científica. Si esta última opción es la priorizada, entonces, debe avanzarse en la discusión respecto de la coherencia epistémica entre esas características privilegiadas. Esta advertencia se impone considerando que los rasgos seleccionados pueden provenir -como de hecho sucede- de perspectivas epistemológicas divergentes en cuanto a los supuestos respecto del conocimiento científico. El consenso respecto de aquello que no debe enseñarse sobre la NdC no asegura, por defecto, una perspectiva epistémica coherente para ser enseñada. Es una discusión pendiente, entonces, decidir cuáles serán las corrientes epistemológicas que quedarán representadas en las propuestas curriculares para las materias relacionadas con la física y la química en el contexto de la educación media.

Notas

¹ Profesor de Química. Magister en enseñanza de las Ciencias Experimentales. Docente en el nivel de Educación Secundaria y en el nivel terciario no universitario. Profesor regular en el Dpto. de Educación Científica, FCEyN, UNMdP. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Mar del Plata.

² Consideraciones similares pueden ser realizadas para el campo correspondiente a la didáctica de la biología. No obstante, en este trabajo, limitaremos las consideraciones sobre la NdC a los contextos de las didácticas de la química y de la física.

³ Al respecto, pueden consultarse los trabajos de Manassero (*et. al.*, 2001); Petrucci (*et. al.*, 2001); Campanario (2001), Murcia (*et. al.*, 1999).

⁴ Se han publicado numerosas críticas a los trabajos de laboratorio habituales (Hodson, 1992; 1994), números monográficos en diferentes revistas (por ejemplo: *International Journal of Science Education*, 18 (7), 1996, y *Alambique*, 2, 1994)

⁵ Por ejemplo, cuando el trabajo experimentales realiza con el propósito de observar algún fenómeno para “extraer” de él un concepto.

⁶ Ampliamos los rasgos de esta posición, más abajo, en el apartado denominado “Alcance de los acuerdos sobre la NdC”.

⁷ Recordamos, aquí, la tesis de Duheim-Quine (véase Olivé, 1985, Hempel, 1979).

⁸ La realización de prácticas experimentales mediante una guía previamente preparada sin explicitar aquellas cuestiones a las que se pretende dar respuesta contribuye a una visión a-problemática. También, y entre otros posibles ejemplos, desconocer la relevancia del proceso de diseño experimental que necesariamente precede a la realización de los experimentos contribuye a reforzar una perspectiva algorítmica y cerrada de la actividad científica.

⁹ Este tipo de enfoque fue adoptado por prescripciones curriculares para los niveles primario y medio durante los años 60 y 70 del siglo XX tanto en EE.UU. como en Inglaterra.

¹⁰ Estos estereotipos de la actividad científica pueden encontrarse frecuentemente en las propuestas editoriales. Véanse, entre otros, los trabajos Gallager (2000), Allchin (2003), Guerra Retamosa, C. (2004), Velasco (2008), Blachowicz (2009).

¹¹ Vázquez (*et. al.*, 2005) encuentra resultados comparables a los citados en el trabajo de Eflin (*et. al.*, 1999).

Bibliografía

ACEVEDO, J. A.; VÁZQUEZ, A.; MARTÍN, M.; OLIVA, J. M.; ACEVEDO, P.; PAIXÃO, M. F.; MANASSERO, M. A. (2005). “Naturaleza de la ciencia y educación científica para la participación ciudadana: una revisión crítica” en: *Rev. Eureka. Enseñ. Divul., Cien. Vol. 2, Nº 2*, pp. 121-140.

ACEVEDO-DÍAZ, J.; VÁZQUEZ-ALONSO, A.; MANASSERO-MAS, MA. y ACEVEDO-ROMERO, P. (2007). “Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica” en: *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 4(1), pp. 42-66

AIKENHEAD, G.; RYAN, A. (1992). “The Development of a New Instrument: “Views on” Science-Technology-Society” (VOSTS)” en: *Science Education*, 76 (5): 477-491.

AKINDEHIN, F. (1988). “Effect of an instructional package on preservice science teachers’ understanding of the nature of science and acquisition of sciencerelated attitudes” en: *Science Education*, 72(1), 73-82.

- ALLCHIN, D. (2003). "Scientific Myth-Conceptions" en: *Science Education* 87:329–351.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. y HANESIAN, H. (1978). "Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo." México: Trillas.
- BELL, R. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G.; MCCOMAS, W. F. y MATTHEWS, M. R. (2001). "The Nature of Science and Science Education: A Bibliography" en: *Science & Education*, 10(1/2), 187-204.
- BLACHOWICZ, J. (2009). "How Science Textbooks Treat Scientific Method: A Philosopher's Perspective" en: *The British Journal for the Philosophy of Science*. Advance Access published online on March 31.
- CAMPANARIO, J. (2001). "¿Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con un libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales" en: *Enseñanza de las ciencias*, 19 (3), 351-364
- CAWTHRON, E. R. y ROW ELL, J. A. (1978). "Epistemology and science education" en: *Studies in Science Education*. 5, pp. 31 59.
- CHALMERS, F. A. (1987). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?* Madrid: Siglo XXI Editores.
- DRIVER, R.; LEACH, J.; MILLAR, R. y SCOTT, P. (1996). "Young people's images of science". Buckingham, UK: Open University Press.
- DUSCHL, R. (1990). "Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo". Madrid: Narcea.
- ECHEVERRÍA, J. (1999). "Introducción a la metodología de la ciencia: la filosofía de la ciencia en el siglo XX". Madrid: Cátedra.
- EFLIN, J.T.; GLENNAN, S. y REISCH, R. (1999). "The Nature of Science: A Perspective from the Philosophy of Science" en: *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 107-116.
- FLEER, M. (1999). Children's alternative views: alternative to what? en: *International Journal Science Education*, Vol 21, No 2, pp. 119-135.
- FOUREZ, G. (1997). "Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias." Buenos Aires: Colihue.
- GABEL, D. L.; RUBBA, P. A. y FRANZ, J. R. (1977). "The effect of early teaching and training experiences on physics achievement, attitude toward science and science teaching, and process skill proficiency" en: *Science Education*, 61, 503-511.
- GARRITZ, A. y TRINIDAD-VELASCO, R. (2004). "El conocimiento pedagógico del contenido" en: *Educación Química*. 15(1), 98-103.
- FOUREZ, G. (1997). "Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias". Buenos Aires: Colihue.
- GALLAGER, J. J. (2000). "Teaching for Understanding and Application of Science Knowledge" en: *School Science and Mathematics*, Vol. 100(6), October.
- GIL-PÉREZ, D. y VALDÉS, P. (1996). "La orientación de las prácticas de laboratorio como investigación: un ejemplo ilustrativo" en: *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 155-163.
- GROSSMAN, P. L.; WILSON, S. M.; SHULMAN, L. S. (2005). "Profesores de sustancia: el conocimiento de la materia para enseñanza" en: *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*. Año/vol. 9, Nº 002. Univesidad de Granada. Granada, España, 1-25.
- GUERRA RETAMOSA, C. (2004). "Laboratorio y batas blancas en el cine" en: *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 1(1), pp. 52-63.
- HAUKOOS, G. D. y PENICK, J. E. (1985). "The effects of classroom climate on college science students: a replication study" en: *Journal of Research in Science Teaching*, 22(2), 163-168.

- HEMPEL, C. (1979). *Filosofía de la Ciencia Natural*. Madrid: Alianza.
- HODSON, D. (1985). "Philosophy of science, science and science education" en: *Studies in Science Education*, 12, 25-57.
- HODSON, D. (1988). "Toward philosophically move valid science curriculum" en: *Science Education*, 72, pp. 19-40.
- 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*, 14(5), 541-566.
- HODSON, D. (1993). "Re-thinking old ways: towards more critical approach to practical work in school science" en: *Studies in Science Education*, 22, 85-142.
- HODSON, D. (1994). "Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio" en: *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3).
- HOLTON, G. (1998). *The Scientific Imagination*. London: Harvard University Press.
- LEDERMAN, N. G. (1992). "Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research" en: *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 331-359.
- LEDERMAN, N. G. (2006). "Research on nature of Science: reflections on the past, anticipations of the future" en: *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 7(1).
- MANASSERO, M.; VÁZQUEZ, A. (2001). "Actitudes de estudiantes y profesorado sobre las características de los científicos" en: *Enseñanza de las ciencias*, 19 (2), 255-268.
- MATTHEWS, M. (1998). "In Defense of Modest Goals When Teaching about the Nature of Science" en: *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 161-174.
- Mc COMAS, W. (1996). "Ten Myths of Science: Reexamining what We Think We Know" en: *School Science & Mathematics* Vol. 96, p. 10.
- Mc COMAS, W. (2003). "A Textbook Case of the Nature of Science: Laws and Theories in the Science of Biology" en: *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(2), 141-155.
- MILLAR, R. y DRIVER, R. (1987). "Beyond processes" en: *Studies in Science Education*, 14, 33-62.
- MURCIA, K. y SCHIBECCHI, R. (1999). "Primary student teachers' conceptions of the nature of science" en: *International Journal Science Education*, Vol 21, No 11, pp. 1123-1140.
- OGUNNIYI, M. (1983). "Relative effects of a history/philosophy of science course on student teachers' performance on two models of science" en *Research in Science & Technological Education*, 1(2), 193-199.
- OLIVÉ, L. (comp.) (1985). *La explicación social del conocimiento*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- 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" en: *Journal of Research in Science Teaching*, 40(7), 692-720.
- PERKINS, D. (1997). "La escuela inteligente. Del adiestramiento de la memoria a la educación de la mente". México. Gedisa.
- PORLAN, A. y MARTÍN DEL POZO, R. (1996). "Ciencia, profesores y enseñanza: unas relaciones complejas" en: *Rev. Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales. No 8*. Barcelona, España. Editorial Graó.
- PETRUCCI, D. y DIBAR, M. C. (2001). "Imagen de la ciencia en alumnos universitarios: una revisión y resultados" en: *Enseñanza de las ciencias*, 19 (2), 217-229.
- REYES C. y ANDONI GARRITZ (2006). "Conocimiento pedagógico del concepto de "reacción química" en profesores universitarios mexicanos" en: *Rev. Mexicana de Investigación*

Educativa. 47 (XV). Octubre-Diciembre. pp. 1175-1205.

SCHARMANN, L. C. y HARRIS, W. M. JR. (1992). "Teaching evolution: understanding and applying the nature of science" en: *Journal of Research in Science Teaching*, 29(4), 375-388.

VÁZQUEZ, A.; ACEVEDO, J. A, MANASSERO, MA A. y ACEVEDO, P. (2005). "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia para la enseñanza de las ciencias" en: *Enseñanza de las ciencias*. Número extra. VII Congreso.

VELASCO, J. (2008). "Historia de la ciencia y enfoque historiográfico en libros de Ciencias Biológicas de Educación Básica y Educación Media Diversificada Profesional en Venezuela" en: *Revista de Investigación* vol 32, N° 64, Caracas, pp. 63-84.

ZIMAN, J. (1981). "La credibilidad de la ciencia". Madrid. Alianza Editorial.