

## Las prácticas científicas y la cultura: una reflexión necesaria para un educador de ciencias

### *Scientific practices and culture: a necessary reflection for a science educator*

Alcira Susana Rivarosa y Carola Soledad Astudillo  \*

Los estudios efectuados en el ámbito de la formación docente sostienen que la construcción de escenarios didácticos que promuevan una reflexión epistemológica ofrece mayores posibilidades a los educadores de comprender y aprender “de otro modo” sobre el saber de las ciencias (Adúriz Bravo, 2002; Quintanilla, 2005). Nos propusimos diseñar actividades para un contexto de formación que aportaran a la construcción de un pensamiento epistemológico, seleccionando algunos núcleos básicos de reflexión sobre la naturaleza del saber. Estas actividades posibilitaron tender puentes cognitivos con el pensar y hacer didáctico. El diseño de formación tuvo como eje central el diálogo constante del conocimiento meta-científico con los saberes disciplinares y didácticos del profesor, ofreciendo alternativas complementarias para la problematización temática. Las actividades propuestas buscaron combinar historias conceptuales y diseño experimental; teorías con argumentación; meta-cognición y transposición didáctica y relación Ciencia-Cultura-Sociedad. La experiencia formativa que presentamos en este trabajo se realizó con 22 maestros de ciencias de escuelas primarias de Córdoba, Argentina. Se recogieron y analizaron todas las producciones escritas y de audio, en respuesta a cada una de las situaciones didácticas. Los resultados obtenidos nos posibilitan inferir algunas hipótesis acerca de las resistencias y ejes de movilización identificados, que pueden impedir o facilitar el progreso hacia concepciones epistemológicas más consistentes con las prácticas científicas escolares.

45

**Palabras clave:** formación docente, conocimiento meta-científico, saber didáctico

*Studies in the field of teacher training argue that the construction of educational settings to promote epistemological reflection provides greater opportunities for teachers in training to understand and learn about knowledge of science “in a different way” (Adúriz Bravo et al, 2002; Quintanilla et al, 2005). In order to design activities that contribute to the construction of a new epistemological thinking, we have selected some basic cores of reflection on the nature of knowledge. The dialogue between the meta-scientific knowledge and the disciplinary and didactic teacher knowledge was taken as the primary axis of reflection. The activities sought to combine conceptual history and experimental design, theory and argument, meta-cognition, educational transposition and the relationship between science, culture and society. Twenty-two science teachers of primary schools from Córdoba, Argentina, participated in this experience. The results that were obtained made it possible for us to infer some hypotheses about the resistance and axes of movement identified on the teachers’ own ideas and knowledge.*

**Key words:** teacher training, nature of knowledge of science, didactic knowledge

\* Alcira Susana Rivarosa es profesora en ciencias biológicas, magíster en epistemología y metodología científica y doctora en educación científica (UAM). También es profesora de didáctica y epistemología e historia de las ciencias en la Universidad Nacional de Río Cuarto, Argentina. Correo electrónico: arivarosa@exa.unrc.edu.ar. Carola Soledad Astudillo es licenciada en psicopedagogía, especialista en metodología de investigación educativa, becaria de CONICET (Argentina) y alumna de posgrado del doctorado en ciencias de la educación, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

## Introducción

Se reconoce que en la actualidad los cambios sociales y culturales demandan nuevas alternativas de estudio respecto del conocimiento a enseñar y aprender, así como de su relevancia contextual en un marco de mayor equidad social. Ello implica, para el campo de la didáctica de las ciencias profundizar los análisis ya realizados y diseñar otros modelos educativos para nuevas ciudadanías que aborden los problemas emergentes con una mayor comprensión, racionalidad creativa y significación auténtica (Habermas, 1987; Freire, 1993; Wegner, 1998; Morin, 2000).

Atendiendo a este contexto, nuestra historia de investigación en el campo de la educación científica se sustenta en un marco conceptual construido históricamente desde un abordaje integral a las prácticas de enseñanza en las ciencias naturales en distintos niveles educativos. Este marco se sustenta en antecedentes de al menos cuatro décadas de investigación en el mundo y nuestra particular historia institucional de 25 años de estudios.<sup>1</sup>

En los últimos años hemos focalizado nuestras indagaciones en el análisis de las actuaciones didácticas cotidianas del educador en ciencias en el contexto áulico, institucional y de formación continua. A modo de posicionamiento teórico, asumimos que son los contextos culturales en acción (escuela-universidad) los que permiten una comprensión más profunda respecto del decir, pensar y hacer docente (Vigotsky, 1986; Sirvent, 1999).

46

Nuestros resultados han dado cuenta de cómo los docentes construimos epistemologías personales que orientan y condicionan los procesos de adquisición de conocimientos significativos en el aula (Astudillo, Rivarosa y Ortiz, 2008a; 2008b; 2009a; 2009b; 2009c; Rivarosa y Moroni, 2008; Rivarosa, 2009). Estas cosmovisiones son construidas a lo largo de la formación del docente y están constituidas por un entramado de conocimientos empíricos, simbólicos y afectivos, que ofrecen resistencia a ser modificados. Dichas cosmovisiones modelan la lectura de la realidad y están caracterizadas como estables, regulares y generalizables (Vosniadou y Brewer, 1987; Pozo et al, 2007).

En esta historia de trabajo hemos profundizando en algunas líneas de investigación vinculadas especialmente con: a) el conocimiento y la práctica de los docentes, b) los escenarios de desarrollo profesional y c) el diseño y evaluación de modelos de formación alternativos (Porlán, 1995; Romero Ayala, 1998; Rivarosa, 1998; Marchesi y Martín, 1998; Pozo et al, 1999; Astudillo, 2001; Hoban, 2002).

Por otra parte, fueron las investigaciones en educación científica en las últimas décadas las que han señalado la necesidad de complementar e integrar la formación docente con contenidos meta-científicos (historia, filosofía, CTS), como forma de

1. Programa de Investigaciones Interdisciplinarias en el Aprendizaje de las Ciencias (1986-2010). Facultad de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, Universidad Nacional de Río Cuarto.

recuperar la relevancia científica y cultural del saber, el saber hacer y el ser de esta producción intelectual.

Al respecto, sabemos que la construcción de escenarios didácticos que habiliten una reflexión epistemológica sobre el conocimiento ofrece mayores posibilidades, a los educadores en formación, de aproximarse a comprender y aprender “de otro modo” sobre el saber (Pozo, 2001; Adúriz Bravo, Perafán y Badillo, 2002; Quintanilla, Izquierdo y Adúriz Bravo, 2005). Por otra parte, nuevos significados sobre el conocimiento científico habilitan a pensar alternativas de enseñanza más coherentes con las nuevas metas de la educación en ciencias.

Esta reflexión epistémica permite analizar el contenido científico en un diálogo recursivo y constante sobre la naturaleza del conocimiento: analizando el hacer en la “cocina de la investigación”, el valor ético y político del trabajo intelectual, las preguntas que desafían creencias y la creatividad que diseña opciones de respuestas.

Esta perspectiva supone instalar una ruptura con un estilo académico de formación y contribuir a movilizar mitos y errores conceptuales respecto del hacer científico que suelen caracterizar las epistemologías personales del profesorado (Aikenhead, 1994; Porlán, 1998). Al respecto, aunque la reflexión teórica sobre esta cuestión está expandiéndose rápidamente en la literatura especializada, aún queda mucho por hacer en lo que atañe a la generación de propuestas prácticas para la formación del profesorado.

47

En función de este enfoque estamos desarrollando dos líneas de trabajo complementarias: a) la construcción de actividades de formación docente que incorporan la reflexión explícita sobre la naturaleza de las ciencias; y b) el estudio, en el contexto de implementación de estas actividades, del grado de movilización de saberes docentes que ellas promueven.

Retomando ambas líneas, el presente trabajo se organiza en tres partes. En primer lugar, presentaremos algunos argumentos sobre la importancia de la reflexión meta-científica en la formación del profesorado. En segundo lugar, propondremos algunos núcleos de reflexión sobre la naturaleza de la ciencia que pueden orientar el diseño de propuestas de formación docente. En tercer lugar, describiremos una actividad de formación centrada en la reflexión sobre las prácticas experimentales en ciencias y sus implicancias para pensar el laboratorio escolar. A continuación analizaremos los resultados de su implementación con un grupo de docentes, apelando a los núcleos de reflexión delimitados.

## **1. Naturaleza de la ciencia y formación del profesorado**

¿Por qué es necesario incluir la naturaleza del conocimiento científico en la formación de profesores de ciencias? ¿Qué posibilita la perspectiva epistemológica para pensar el contenido a enseñar?

En primer lugar, hay que señalar que dialogar con los aportes filosóficos e históricos ayuda a entender el progreso científico como proceso complejo de naturaleza no lineal, riguroso, creativo, desafiante y sujeto a la estructura y dinámica social (en contraposición a la visión del progreso científico como exitoso y ascendente). Incurcionar por las múltiples historias de elaboración y validación de ideas permite diferenciar aspectos teóricos, semánticos y ontológicos de la lógica disciplinar con sus sistemas representacionales (gráficos, signos, símbolos, imágenes) que acompañaron los distintos desarrollos conceptuales (Burbules y Linn, 1991; Shuster, 1999).

En segundo lugar, este abordaje epistemológico permite entender los procesos de justificación metodológica vinculados a la validez y definición de teorías, así como el análisis de los modelos teóricos en el contexto de la historia, ideología y cultura de la comunidad científica (Duschl, 1995; Adúriz Bravo, Perafán y Badillo, 2002; Matthews, en Matthews, 2009).

De este modo, las posiciones filosóficas sirven de instrumento para el análisis y la metarreflexión, permitiendo “ver” mejor aspectos de la práctica científica y mostrando los contrastes del desarrollo argumental en el marco de rupturas tecnológicas y socio-culturales (por ejemplo, la teoría de la generación espontánea del siglo XII o la teoría del fijismo en el siglo XVI).

Aproximarse a la metarreflexión sobre la antropología de las ciencias (Woolgar, 1981; Martín, 2000) permite identificar las formas de poder que condicionan la manipulación del conocimiento material, intelectual y social, asumiendo una perspectiva humana de la actividad científica (M. Stiefel, 2000 y 2005).

Estos aportes justifican y reclaman de diseños de formación de profesores/maestros de ciencias capaces de incluir algunos interrogantes al interior del campo epistémico que otorguen nuevos sentidos al para qué y por qué enseñar ciencias. A saber: ¿Qué demanda el hacer ciencias? ¿Cómo sabemos que evoluciona una teoría explicativa? ¿Cómo se construyen y validan hipótesis? ¿Qué ideas, valores y significados poseen las prácticas de investigación? ¿Qué vínculos existen entre ciencia, tecnología y sociedad? ¿Qué dilemas sustentan a futuro la investigación en las ciencias biológicas?

La posibilidad de abordar estos interrogantes desde la incorporación significativa de la naturaleza del saber, requiere del desarrollo de un modelo educativo que:

- a. supere visiones de aprendizaje por descubrimiento, tradicionalmente asociadas a tareas de laboratorio escolar;
- b. trascienda los modelos inductivistas sobre la naturaleza de la investigación científica que sitúan a la observación como objetivo y punto de partida;
- c. permita re-situar el papel de la creatividad y la imaginación como componentes de todo diseño experimental;
- d. revierta el carácter demostrativo o verificacionista de la experimentación;
- e. deje espacio al estudiante en la tarea de diseño de experiencias y la reflexión respecto del por qué y para qué de cada actividad;

f. promueva en los estudiantes el cambio conceptual, el razonamiento práctico y argumental y la comprensión de la condición problemática, histórica y cultural de la actividad científica (García Martínez, Devia y Díaz-Granados, en Adúriz Bravo, Perafán y Badillo, 2002; Carrascosa et al, 2006).

Estos principios se vinculan con una serie de contenidos meta-científicos que la literatura de investigación considera como principales para la formación del profesor de ciencias: “El papel de la tecnología, la tentatividad del conocimiento, la pluralidad metodológica, la carga teórica de la observación y la ciencia como una empresa histórica y socialmente situada, que evoluciona en el tiempo” (Adúriz Bravo, Izquierdo y Stany, 2002: 467).

Por otra parte, para favorecer en los docentes una comprensión auténtica sobre la actividad científica como criterio relevante para re-pensar la enseñanza de ciencias, es muy importante realizar una cuidadosa selección de fuentes documentales, tareas y actividades, textos biográficos, episodios históricos y análisis de procesos de investigación, que posibiliten movilización y cambio de sus propias concepciones.

Otro criterio relevante es anclar el conocimiento metacientífico en los saberes disciplinares y didácticos del profesor, ofreciendo alternativas complementarias de problematización temática que consigan combinar: historia conceptual y diseño experimental, teoría con argumentación, metacognición y transposición educativa y relación ciencia, cultura y sociedad.

49

## **2. Núcleos de reflexión sobre la naturaleza del saber: un puente cognitivo con el enseñar**

¿Qué núcleos de reflexión sobre la naturaleza del saber debemos seleccionar como puente cognitivo para pensar diseños alternativos de formación docente? Tal como anticipamos, proponemos cuatro núcleos: 1) ¿Qué implica el proceso de validación experimental? 2) ¿Cómo y por qué se justifican las ideas e hipótesis? 3) ¿Qué se investiga y cuál es el origen de los problemas? y 4) ¿Qué valores y principios éticos sostienen la tarea investigativa?

### **2.1. Núcleo 1: ¿Qué implica el proceso de validación experimental?**

Uno de los dilemas relevantes hoy en el campo de las ciencias experimentales, y en el ámbito de las ciencias biológicas en particular, son los cuestionamientos y tensiones que surgen en la construcción y manipulación de los diseños experimentales.

Más precisamente, ¿para qué y por qué se realizan determinadas prácticas de experimentación? y ¿qué tipo de controles y manipulaciones suponen? Para no caer en un reduccionismo metodológico es importante recuperar la singularidad de la problemática a investigar (salud, conservación, extinción, fisiología médica, trasplantes, etología y manipulación genética, entre otras), los objetivos que se persiguen y la reflexión crítica que argumente el uso cuidadoso del experimento.

Estos análisis conducen a profundizar discusiones respecto del sentido de la indagación experimental en biología (animales y plantas), estableciendo la necesidad de argumentar más y mejor respecto de lo que configura la relación entre el trabajo confiable del experimento y el sentido ético de las decisiones que se asumen.

De este modo, la reflexión epistemológica sobre el enseñar instala el valor científico y cultural que posee el problema, así como las búsquedas de información y validación de las premisas hipotéticas, mucho antes de conocer cuáles son los resultados. Ello conduce a re-pensar la arqueología de las prácticas investigativas, analizando el contexto y los principios que atraviesan la cocina de la investigación: honestidad intelectual, independencia de juicio, defensa de la verdad relativa y aceptación del error.

Esta línea de discusión epistémica sobre lo experimental se complejiza, en la actualidad, por los escenarios competitivos de investigación y construcción de conocimientos, de fuertes vínculos entre ciencia, cultura y sociedad. En otras palabras, la actividad experimental –aun teniendo un componente creativo y de producción intelectual colectiva- se encuentra fuertemente amenazada por una cultura exitosa, rápida y eficaz, con un riesgo potencial de perder el buen sentido, al caer en la rutina y alienarse (Martínez y Olivé, 1997).

Frente a esta complejidad, es habitual encontrar que, en los libros de textos de enseñanza de ciencias, se expresa una imagen distorsionada de la auténtica antropología de las prácticas científicas (Latour y Woolgar, 1995; Olivier, 2003). En sus páginas se “deshistoriza” la escenografía de lo experimental y se oculta la riqueza de la producción intelectual.

Se fortalece, de este modo, una visión mítica de fuerte congruencia con un modelo racionalista extremo de explicación de creencias. En este sentido, y tal como sostienen diversos autores, la verdad desinteresada en ciencias se utiliza, pedagógicamente, para hacer eficaz la función a-crítica, estandarizadora y normalizadora del saber hacer científico (Geymonat, 2002; Datri, 2006).

## **2.2. Núcleo 2: ¿Cómo y por qué se justifican las ideas e hipótesis?**

En este núcleo se torna central la relación entre la evolución de las ideas, los episodios biográficos de los sujetos involucrados y sus cosmovisiones de mundo, a fin de entender no sólo cómo progresa el conocimiento sino cómo se legitiman las verdades en sus contextos. Es importante desentrañar algunos momentos históricos -ciencia normal y crisis de paradigmas-, interpretando las incompatibilidades teóricas y los condicionantes externos que orientan revoluciones conceptuales, metodológicas e ideológicas.

Las dudas y preguntas que atraviesan cada contexto de producción de las ideas dan cuenta de prácticas, valores políticos y religiosos, mostrando posibilidad u obstáculo a un pensamiento alternativo. Por otra parte, la lectura histórica promueve diálogos interesantes entre creencias, mitos y condiciones económicas y sociales de cada época. De este modo, es posible comprender mejor algunas resistencias,

enfrentamientos y oscurantismos que suelen limitar la libertad de justificación de un nuevo formato de interpretación del mundo.

Por tanto, dialogar con la historia temática, ayuda a entender el progreso científico como la convergencia de procesos complejos no lineales, rigurosos y no exitosos, provisorios, creativos y desafiantes, sujetos siempre a la estructura y dinámica social (Laudan, 1990; Khun, 1991; Martínez y Olivé 1997; Palma y Wolovelsky, 2001).

### **2.3. Núcleo 3: ¿Qué se investiga y cuál es el origen de los problemas?**

El análisis y recorrido sobre las diversas cosmovisiones (antigüedad, edad media, edad moderna, actualidad) dan cuenta de cómo fueron construyéndose explicaciones sobre algunos fenómenos biológicos. En este núcleo se recuperan preguntas respecto de los múltiples condicionantes y motivaciones que sustentaron ese recorrido, así como su vigencia epistemológica y cultural a lo largo del tiempo.

Por otra parte, profundizando esa dimensión es posible comprender las diversas censuras, ocultamientos, condenas, retractaciones públicas y declaraciones de culpabilidad y vergüenza que han atravesado la historia de los problemas científicos (Sacks, 1996). Esta recuperación de la memoria histórica de preguntas y problemas permite reconstruir los sucesos pasados y promover una reflexión que habilita a mirar a futuro (Irzik y Nola, en Matthews, 2009).

Del mismo modo, en las prácticas escolares, la falta de memoria sobre la historia de las ciencias y del producto cultural y político que la sustenta, promueve una comprensión sin sentido y significado educativo (Camaño y Vilches, 2001; Hodson, 2003; Lemke, 2006; Vilches y Gil, 2007). Se llenan las aulas de expresiones como: ¿para qué estudiar teorías científicas? ¿qué valor poseen? ¿qué cambia con ellas? (Osborne, 2000, 2006). Tal como sostienen los enfoques CTS, una enseñanza que atienda a la memoria histórica y cultural posibilita una comprensión más contextualizada de los productos del pensamiento científico, en pos de una auténtica alfabetización ciudadana.

51

### **2.4. Núcleo 4: ¿Qué valores y principios éticos sostienen la tarea investigativa?**

El cuarto núcleo de reflexión constituye uno de los tópicos centrales de la producción intelectual que cuestiona a la supuesta neutralidad del conocimiento y plantea dilemas éticos que se generan en el proceso de investigación entre las ideas, los métodos y los condicionamientos externos a dicho proyecto intelectual (subsidio económico, tecnologías, política científica).

La tarea investigativa es un accionar colectivo y humano. Por tanto, es necesario analizar críticamente los posicionamientos y subjetividades que la atraviesan, atendiendo a las decisiones que acompañan la construcción de argumentos y la relatividad de los resultados. Ello ayuda a elaborar un principio de no ingenuidad y entender las controversias políticas y posiciones morales que atraviesan los análisis sobre la tarea investigativa.

Este núcleo de reflexión permite además discutir sobre algunos conceptos de fuerte uso cultural -utilidad, finalidad, antropocentrismo, recurso, bienestar- que, atravesados por la relación ciencia-tecnología-sociedad, han promovido cambios axiológicos en el significado del quehacer investigativo. Nuevamente, es el valor de lo histórico lo que ayuda a dirimir algunos enfoques controvertidos como, por ejemplo, los ambientales, biotecnológicos y evolutivos.

### **3. Las prácticas experimentales y su enseñanza: una propuesta de formación docente**

Teniendo en mente los núcleos desarrollados, hemos diseñado una actividad de formación docente centrada en la reflexión sobre las prácticas experimentales en ciencias y sus implicancias para pensar el laboratorio escolar. Esta actividad se compone de las siguientes instancias:

1. Lectura y análisis de ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia desde un ángulo narrativo que enfatiza la dimensión temporal y contextualizada del proceso de investigación.
2. Elaboración de una actividad experimental (transposición didáctica) referenciada en un caso histórico de investigación científica, estrechamente articulado al campo de las ciencias biológicas.
3. Problematización de un protocolo escolar de laboratorio a partir de textos de pensadores y científicos de diferentes épocas que abordan el mismo problema (el origen de la vida) con las herramientas explicativas disponibles en cada momento.

52

Esta actividad de formación, se desarrolló en el marco de un curso de actualización en didáctica de las ciencias, que contó con la participación de 22 maestros de escuelas primarias de Córdoba, Argentina. Tras su implementación se procedió a recoger, y luego analizar, todas las producciones de los docentes en respuesta a cada una de las instancias descriptas.

A continuación, presentaremos de trabajo para cada instancia y el análisis y categorización de las respuestas de los docentes, recuperando para ello los cuatro núcleos básicos de reflexión definidos. En este análisis, intentaremos dar cuenta de algunas resistencias y ejes de movilización de los saberes docentes respecto de experimentación en ciencias y su implicancia didáctica.

#### **3.1. Primera instancia: Lectura y análisis de ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia**

La primera instancia consistió en la lectura individual de un texto que narra el trabajo científico de Luis Pasteur.<sup>2</sup> A partir del mismo, los docentes debían analizar: a) el

2. En Barcena, Alicia y Artis, Mireia (1987): *Introducción al Método Científico en Biología*. Buenos Aires, Consejo Nacional para la enseñanza de la Biología

proceso de validación experimental realizado, b) la coherencia entre problema, hipótesis y métodos, c) los argumentos que justificaron la experimentación y validación de hipótesis, y d) comprender los condicionantes del contexto (historia-instituciones).

La reconstrucción del caso histórico fue interesante porque condujo a los docentes a identificar algunos de los momentos centrales del proceso de investigación científica. Como punto de partida, señalaron la observación de hechos que resisten explicaciones disponibles en cada contexto histórico, así como el desarrollo de diseños experimentales para determinar la relevancia del problema a investigar y fundamentar el trabajo del investigador. Se fue reconociendo en esta lectura la relación de ajuste y coherencia entre interrogantes, formulación de hipótesis y diseño de procedimientos, enfatizando la necesidad de complementar la construcción de explicaciones contrastables con el desarrollo de nuevos métodos de indagación y experimentación.

Por otra parte, se caracterizó el proceso de experimentación como instancia abierta que da lugar a nuevos interrogantes y requiere de una sucesión de ajustes, errores y hacer metódico, antes de ofrecer un resultado pasible de ser considerado. Este proceso requiere, al decir de los docentes, de una revisión más crítica sobre la concepción sostenida -instrumental y mecánica- de la metodología experimental en función, además de un conocimiento más profundo de las variables involucradas.

A pesar de estas consideraciones, algunos de los participantes persistieron en una visión lineal, exitista y simplificada del proceso de validación experimental, con componentes de inspiración personal, descubrimiento espontáneo de nuevas ideas o refutación directa de hipótesis. En estos casos, el sentido de objetividad se asoció con la naturaleza cuantitativa de los procedimientos, el dominio técnico y sus condiciones de replicabilidad por parte de otros sujetos.

53

Fueron expresiones como “sacar conclusiones de la observación” o “acercarse a la verdad”, las que permitieron hacer visible cierta persistencia de concepciones inductivistas.

Respecto de la justificación de ideas e hipótesis, los docentes indicaron cómo comprobaciones sostenidas en el tiempo derivan en un estado de crisis respecto de teorías existentes de larga data. En este marco, los nuevos interrogantes irían cobrando fuerza gracias a planteos controvertidos que emergen complementariamente. De este modo lograron describir cómo, en una instancia de desarrollo incipiente, se evidencian las falencias del modelo reinante, sin que aún sea posible una explicación totalmente nueva y acabada.

Esta perspectiva permitió reconocer un criterio de relatividad de las teorías y comprender que las confrontaciones no sólo se dan entre sistemas de ideas, sino también entre lenguajes (la semántica de la ciencia). Los docentes argumentaron además, que los cambios en la ciencia no sólo significan una refundación de los métodos y del objeto de estudio sino que también impactan en el status del trabajo científico, otras áreas de conocimiento y ámbitos de la cultura.

Asimismo, refirieron al proceso por el cual los antecedentes de investigación se integran con nuevas preguntas o hipótesis en una síntesis diferente; no sólo en una relación de confrontación sino también por necesidad de complemento, reconociéndose el origen y sustento histórico de las prácticas de investigación en diferentes campos. Se analizaron desde el texto los condicionantes políticos, sociales y del propio ámbito laboral que, muchas veces, desde la misma comunidad científica, cuestionan la idoneidad del método propuesto.

En términos generales, los docentes reflexionan muy poco respecto de las implicancias éticas o proyecciones de los nuevos desarrollos conceptuales. Tampoco logran identificar las novedades introducidas para estudios posteriores de investigación donde el problema se complejiza con nuevas soluciones y enfoques.

Pensando en la enseñanza de contenidos científicos, los docentes incluyen nuevas valoraciones y argumentos respecto de la importancia de comprender la historia de las ideas en la actividad experimental, a saber:

- \* es una estrategia potente para el aprendizaje activo, contribuyendo a superar procesos reproductivos o memorísticos;
- \* es una oportunidad para recuperar la historia de los conceptos;
- \* se la reconoce como escenario propicio para procesos de cambio conceptual;
- \* promueve una interesante variedad de procesos como: poner a jugar ideas, formular interrogantes, reconocer el papel del error, desarrollar sucesivas reformulaciones, planificar estratégicamente y predecir.

54

En síntesis, hemos podido constatar que nuevas interpretaciones conviven con algunas visiones arraigadas respecto del hacer científico. Ambas se presentan en la **Tabla 1** a modo de movilizaciones y resistencia del pensamiento docente que pueden ser obstáculos en la evolución hacia nuevas concepciones.

**Tabla 1. Lectura y análisis de ejemplos paradigmáticos de la historia de la ciencia**

<b>Movilización</b>	<b>Resistencia</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Visión evolutiva, problemática y relativa del desarrollo científico.</li> <li>-Pluralidad metodológica</li> <li>-Evolución articulada de Ciencia y método</li> <li>-Dimensión interpretativa de la actividad experimental</li> <li>-Visión abierta y creativa</li> <li>-Visión sistémica de la ciencia. Los nuevos desarrollos impactan en otras áreas y se nutren en desarrollos anteriores y emergentes</li> <li>-Dimensión semántica y lingüística de la evolución científica</li> <li>-Transversalidad de los sistemas de poder en el desarrollo de la ciencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Visión lineal, elitista y simplificada del proceso de validación experimental</li> <li>-Sobrevaloración de componentes de inspiración personal. Visión personalista de la ciencia</li> <li>-Concepción inductivista de la actividad experimental</li> <li>-Objetividad reducida a procesamiento cuantitativo y dominio técnico de procedimientos</li> <li>-Posición secundaria de la reflexión a torno a aplicaciones o transferencias de los desarrollos científicos y sus proyecciones.</li> </ul>

### **3.2. Segunda instancia: Diseño de la transposición didáctica en una actividad experimental**

55

La segunda instancia, que complementa la primera, consistió en la elaboración de un diseño de experimentación escolar en función del caso histórico abordado con el relato de Luis Pasteur.

En las producciones escritas presentadas por los docentes no emergen explícitamente los análisis cualitativos relevantes en la definición y discusión de las variables del problema, así como tampoco son frecuentes los espacios destinados a la elaboración de hipótesis que orientan su tratamiento. No obstante, antes de proceder a la experimentación en sí misma, algunos diseños proponen preguntas orientadas a indagar ideas espontáneas de los estudiantes y promover la identificación de variables involucradas.

En otros casos, las hipótesis se definen de antemano proponiendo explicaciones excluyentes o la variación de alguna condición de observación, sin derivar las consecuencias de la problematización original. Sólo se atiende a la verificación en la práctica experimental.

Por el contrario, algunos diseños prevén una significativa participación de los estudiantes en la formulación de hipótesis, a partir de preguntas sugeridas por el docente o la recuperación de observaciones iniciales. Consideramos que esta modalidad habilita a los estudiantes a dialogar y expresar sus ideas y construir significado respecto del fenómeno en estudio.

En síntesis, se han identificado dos tipos de diseño experimental: uno de ellos consiste en una sucesión arbitraria de pasos a seguir, con control de algunas variables pero sin que se especifiquen las razones de estas decisiones. El diseño adquiere la forma de receta con sentido empiro-inductivista, donde las observaciones conducirían a la formulación conceptual de los fenómenos.

“Grado de fermentación bacteriana en muestra de leche con interrupción de cadena de frío. Diseño: comprar un sachet de leche en un local que garantice las condiciones de conservación de alimentos perecederos. Comprar en una farmacia, dos envases esterilizados para análisis. Distribuir bajo condiciones extremas de higiene, 100 cc3 de leche en cada envase. Tapar inmediatamente. Rotular los envases. Colocar el envase B en la heladera y dejar el envase A a temperatura ambiente por espacio de 6 hs., luego llevar a heladera. Al cabo de 4 días, llevar ambos envases al laboratorio. Colocar, con pipetas diferentes 1 ml. de cada muestra de leche en cada tubo. Completar sendos tubos con 90 ml. de agua estéril. Homogenizar. Tomar, con ayuda de una varilla de vidrio, una gota de la muestra A y otra de la muestra B y colocarlas en sendos portaobjetos. Cubrir con cubreobjetos y llevar al microscopio óptico. Enfocar a primer aumento (4x), luego llevar a máximo aumento (40x). Contar el número de bacterias en un campo, comparando ambas muestras. Interpretar los resultados y establecer conclusiones” (Diseño experimental N° 6).

56

Por su parte, el segundo tipo de diseño se configura como respuesta progresiva y no lineal en función del proceso reflexivo iniciado con el análisis de variables, la formulación de hipótesis y la contextualización del problema.

“Planteamiento del problema: ¿de dónde creen que viene los gusanos? ¿Los gusanos provienen de la carne o de algún otro elemento desde fuera? Registrar las respuestas. Aquí plantearemos a los niños experimentos para comprobar ambas hipótesis. Si decimos que los gusanos provienen desde fuera de la carne: ¿cómo diseñar un experimento donde nos aseguremos de que no pueda venir ningún elemento extraño de fuera de la carne que pueda dar origen a los gusanos? Suponiendo la hipótesis que afirma que los gusanos provienen de la carne y no vemos gusanos dentro de la carne en el frasco tapado: ¿cómo saber si los gusanos no aparecieron porque tapamos el frasco, o simplemente porque en ese trozo de carne no iban a aparecer de todos modos? Luego de hacerlos reflexionar sobre esto y demostrarlo poniendo dos frascos uno tapado y otro sin tapar, preguntamos: ¿cómo saber si depende del tipo de carne que usamos? Formulado el interrogante, proponerles que busquen alternativas. Se registran las observaciones realizadas... ¿Qué dio origen a los gusanos? Es necesario el estudio previo del ciclo de la vida de los insectos... Suponiendo que fueron los insectos los que se acercaron al frasco y pusieron los huevos ¿cuáles son esos insectos? Podemos criar los gusanos y estudiar su ciclo de vida...” (Diseño Experimental N° 18).

Esta formulación recursiva del diseño da cuenta de la relación interdependiente que existe entre el proceso experimental y los marcos teórico-conceptuales. En otras palabras, los experimentos ayudan construir la teoría y la teoría va determinando el diseño a realizar (García Martínez, Devia y Díaz Granados, 2002).

En este sentido, los docentes lograron identificar la potencialidad que reside en pensar la experimentación como punto de partida en la significación e integración conceptual de la problemática en que se inserta. Por ejemplo, algunos de ellos sugieren acompañar la actividad experimental con lecturas complementarias, o explicitan la intención de abordar otras temáticas relacionadas.

“Con esta experiencia podríamos desglosar contenidos conceptuales como: la salud humana, la preservación del ambiente, los procedimientos para purificar el agua, la divulgación en la población, así como ecosistema, la vida en el agua, la célula... es amplísima la trama de contenidos que se puede realizar” (Diseño experimental N° 12).

La mayoría de las producciones analizadas proponen algún tipo de pregunta o problema como punto de partida, pudiendo identificarse los siguientes:

- \* Titulares que sólo definen el tipo de experimentación a realizar, el fenómeno a observar o el supuesto a verificar. Ejemplos: “La descomposición de la leche” (Diseño experimental N° 8); “No todas las bacterias y hongos son perjudiciales” (Diseño experimental N° 4).
- \* Problema cerrado: se introduce algún tipo de cuestionamiento, pero no se requiere la construcción de argumentos. Ejemplos: “¿Hay gérmenes en el aire?” (Diseño experimental N° 14).
- \* Problema abierto: Esta categoría es representativa de la mayoría de los diseños experimentales analizados. Son preguntas que suelen referir a fenómenos de observación cotidiana. Ejemplos: “¿Por qué algunas tierras son más aptas para el cultivo que otras? ¿Qué las hace fértiles? ¿Podemos transformar una tierra árida en tierra fértil?” (Diseño Experimental N° 5).

De los tres tipos de formulaciones iniciales, éstas últimas son las que recurren explícitamente a la reconstrucción de experiencias de los estudiantes o la contextualización en torno a problemáticas de relevancia para el contexto próximo. En general, se requiere la identificación de variables y la formulación de predicciones en función de ellas. Se busca promover una actitud crítica sobre el fenómeno en estudio.

Finalmente, si bien es relevante atender a las implicancias sociales y culturales de la investigación -así como a su naturaleza colectiva-, no hemos hallado referencias explícitas a esta dimensión en los diseños experimentales; lo que podría favorecerse potenciando el trabajo grupal y el intercambio de posiciones.

En la **Tabla 2** hemos intentado expresar las principales resistencias y movilizaciones que hemos ido caracterizando en el análisis de los diseños

experimentales. Creemos que aquellos principios de mayor resistencia coinciden con muchos de los estudios realizados en este campo. Al respecto, se señala la persistencia de enfoques que priorizan encontrar la respuesta correcta en un marco inductivo–empirista, o bien buscan ilustrar la teoría en un sentido de demostración.

Por su parte, los ejes de movilización del pensamiento y la práctica docente se aproximan a los modelos actuales de investigación escolar, donde los estudiantes –con la guía del docente- se abocan a resolver problemas, construyendo progresivamente un conocimiento pertinente y debidamente fundamentado (García Martínez, Devia y Díaz Granados, 2002).

**Tabla 2. Diseño de la transposición didáctica en una actividad experimental**

Movilización	Resistencia
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Instancias de indagación de preconcepciones de los estudiantes acerca del fenómeno en cuestión</li> <li>-Diseño experimental: proceso de formulación de hipótesis a partir de estudios y observaciones iniciales</li> <li>-Diseño como proceso recursivo y estratégico con participación activa del estudiante</li> <li>-Instancias de discusión argumentada de resultados</li> <li>-Integración de lo abordado y proyección de nuevos abordajes</li> <li>-Planteo de problemas abiertos. Contextualización, predicción y explicación provisoria.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Hipótesis: supuestos descriptivos dados de antemano para su verificación</li> <li>-Diseño: sucesión arbitraria de pasos predeterminados</li> <li>-Sentido empiro-inductivista (extraer conclusiones)</li> <li>-Diseño como actividad aislada y descontextualizada</li> <li>-Planteo de problemas cerrados de naturaleza dicotómica</li> <li>-Visión individual y lineal de la experimentación</li> <li>-Experimentación como proceso cerrado y acabado</li> </ul>

58

### 3.3. Tercera instancia: Problematización de una actividad escolar de laboratorio

La tercera instancia situaba a los docentes en la posición de aprendices, discutiendo acerca del progreso y sentido de una clásica actividad de laboratorio escolar. En primer lugar, se entregó a los participantes un protocolo de laboratorio que consiste en una sucesión de procedimientos de manipulación de elementos, observación y registro con precisiones temporales.

Cabe señalar que el protocolo ofrecido corresponde a una experimentación muy relevante en la historia de las ciencias biológicas, vinculada al proceso de ruptura del paradigma de la generación espontánea en la explicación sobre el origen de la vida (Francesco Redi, siglo XVII)

La consigna de trabajo fue la siguiente:<sup>3</sup>

Vamos a imaginar que somos estudiantes situados en un laboratorio escolar realizando una actividad experimental con la siguiente guía de trabajo:

• **Materiales a utilizar**

- 3 frascos de vidrio
- gasa muy fina
- 1 papel grueso
- carne vacuna o de pescado
- arena o aserrín húmedo en el fondo de cada frasco

**1. Procedimiento**

- a. Coloque un trozo de carne en cada frasco.
- b. Cubra uno de ellos con papel grueso (Frasco 1)
- c. Cubra otro frasco con la gasa fina y fijela fuertemente (Frasco 2)
- d. Deje destapado el tercer frasco (Frasco 3)
- e. Sitúe los tres frascos en un ambiente ventilado.
- f. Realice observaciones periódicas (semanales)

¿Qué esperarías encontrar en cada frasco?

**2. Responda:**

- ¿Cuál es el por qué y para qué de este experimento?
- ¿Qué hipótesis subyacen a la experiencia?
- ¿Qué se llega a comprobar a partir de los resultados obtenidos?

59

El registro de las respuestas de los docentes se realizó a través de grabaciones de audio de las discusiones grupales. Luego se procedió a su transcripción por escrito y al análisis del mapa de razonamiento seguido por los participantes a partir de la respuesta a cada uno de los ítems de la actividad.

Veremos cómo el sentido en el que progresa la discusión se aleja del sentido original de la experiencia. Creemos que ello se vincula con la ausencia, en la consigna, de oportunidades, recursos y mediaciones para que los sujetos reflexionen y contextualicen el proceso, lo sitúen en un modelo explicativo más amplio, reconstruyan el problema que orienta los procedimientos y se apropien de la situación como herramienta para su comprensión y resolución.

La intención de la actividad, era que los participantes vivenciaran estas falencias y comprendieran desde allí la necesidad de recuperar la dimensión histórica,

3. Los textos que se mencionan en la consigna 3 consisten en relatos de pensadores y científicos de diferentes épocas, abordando el problema del origen de la vida, con las herramientas explicativas disponibles en cada momento histórico: "Popol Vuh"; "El pensamiento japonés"; "El pensamiento griego"; "La vertiente vitalista"; "La embriología del polluelo"; "Receta para hacer ratones"; "Paracelso"; "Francisco Redi (1626-1697). Los primeros disparos certeros sobre la teoría de la generación espontánea".

conceptual y heurístico-interpretativa de la actividad experimental en la clase de ciencias.

La primera instancia de discusión, reveló el centramiento de los participantes en la constatación de cambios observables de naturaleza cualitativa en la materia. Las predicciones refirieron principalmente de los datos o evidencias que proporcionan los órganos de la visión y el olfato, recuperando experiencias previas de la vida cotidiana como ilustración.

No se reflexionó acerca de los interrogantes y objetivos que orientaban la búsqueda o la razón de ser de las variaciones en las condiciones de observación. La hipótesis inicial terminó siendo formulada desde una posición egocéntrica que redefine los procesos de descomposición en términos de resultados que afectan las posibilidades de consumo humano del alimento en cuestión. Ejemplos: “Se hace como una película, como una babita... viste cuando dejás un bife (trozo de carne) dos o tres días en la heladera... Claro, en la superficie se pone oscura y seca, pero en la parte donde tiene doblez se pone verde o grisácea...”.

El segundo momento de la discusión incorporó la comparación entre los cambios probables de las muestras bajo diferentes condiciones. Esta nueva instancia brindó la posibilidad de reflexionar acerca de la aparición de organismos en la materia en estudio. Ello reforzó el posicionamiento egocéntrico conduciendo a reformular la hipótesis de la descomposición desde la noción de contaminación, desdibujándose la variable biológica medio de vida que sustenta la experiencia.

60

Además, el modo de proceder descrito revela un abordaje paso a paso que impedía avanzar hacia una visión problematizadora que restituyera el sentido al diseño experimental. Ejemplo: “Manda olor, tienen mayor acceso los insectos que se depositan sobre él, contaminándolo...”.

En el tercer momento de discusión se incorporaron otros aportes que permitieron la consideración de nuevas variables. Ello condujo a la formulación de una nueva hipótesis: los procesos de consumo por parte de los organismos referidos tienen un efecto de limpieza sobre la materia. Esta interpretación daba cuenta de una comprensión de sentido común acerca de los procesos de reproducción y nutrición involucrados. No era posible aún pensar a los fenómenos desde una visión evolutiva y sistémica, diluyendo nuevamente las posibilidades de aproximación al núcleo de sentido de la experiencia. Ejemplos: “Yo lo que diría acá es que la materia se conserva, si bien se descompone... en cambio en el frasco destapado la consumen!! Se puede tomar desde dos perspectivas: esa materia le sirve de alimento al insecto y por otro lado, el insecto limpia el lugar...”.

El cuarto momento de discusión se destinó a la reflexión acerca del por qué y para qué de la experiencia, así como a las hipótesis subyacentes al diseño. Los aportes de los docentes no hicieron sino reforzar las hipótesis ya formuladas. Además, las valoraciones se elaboraron desde su lugar de enseñantes, no logrando tomar la necesaria distancia del protocolo de laboratorio para su evaluación. Ejemplo: “A mí se me ocurre que el experimento es para reafirmar los contenidos. Para, a través de la

observación, comprender los cambios en la materia orgánica. Y valorar formas de conservación de alimentos”.

Además, si bien la discusión progresó con otros datos refiriendo a conceptos o dimensiones más complejas, fueron ignorados tras la asunción de un desconocimiento generalizado al respecto. Ejemplo: “¿El olor lo da la bacteria no es cierto? Ahí no nos metimos en el tema de proteínas, porque la carne es rica en proteínas... ¿Pero qué tiene que ver eso a nivel conservación? Porque se desnaturalizan las proteínas... Bueno, pero yo esa parte de química no la sé, así que mejor no...”.

La última instancia tuvo por objetivo restituir el contexto y significado de la experimentación ofrecida inicialmente, cuyo origen se vincula con el trabajo de Francesco Redi (siglo XVII) para refutar la teoría de la generación espontánea. Para ello se ofrecieron fragmentos de textos originales que ilustran el pensamiento de pensadores y científicos de todas las épocas abordando el mismo problema: el origen de la vida. La intención fue que la actividad experimental se convirtiera en una mesa de diálogo con la historia de la ciencia y el pensamiento cultural que impregna la producción científica y acompaña las crisis de paradigmas.

Si bien este nuevo aporte no condujo a los docentes a cuestionar explícitamente las hipótesis discutidas, puso en evidencia el sinsentido de una práctica experimental fuera de contexto, sin historia, sin problema y argumentación crítica para validar una idea. Además, aportó nuevos significados acerca del sentido del trabajo práctico de laboratorio en la enseñanza de ciencias. Ejemplo: “Porque mediante la metodología experimental se desarrollan actitudes científicas de indagación, observación sistemática, formulación de hipótesis, inclusión de variables que promuevan la búsqueda del fundamento y la explicación científica. A través de la realización de actividades, de aciertos, errores, se llega a un resultado o producto final. También nos llevan a preguntarnos cómo nacen nuevos seres vivos y se desarrollan en el ambiente natural y que hay diversas explicaciones y corrientes de pensamiento acerca del origen de los mismos, lo que nos lleva a ampliar lo experimental en otros campos y espacios históricos, sociales, culturales”.

61

### **Consideraciones finales**

Con este trabajo nos propusimos conocer cómo se movilizaron los saberes docentes al incluir la reflexión sobre la naturaleza del conocimiento en referencia a la perspectiva histórica en prácticas de experimentación y diseños didácticos escolares. Nos interesó en particular, a partir de la actividad propuesta, diagnosticar los obstáculos y posibilidades que pueden limitar o facilitar el progreso de los saberes docentes hacia concepciones más evolucionadas.

Esta actividad de formación, nos permitió profundizar momentos de reflexión integrando la historicidad de la praxis experimental y su dimensión humanística con contenidos conceptuales específicos, buscando su problematización a partir de los saberes didácticos propios del docente. Asimismo, creemos que este recorrido

restituyó el valor estratégico e interpretativo de la actividad experimental, así como el sentido provisional y sociocultural de las explicaciones científicas.

Por otra parte, la selección problemática en torno a la noción de origen de la vida, permitió a los docentes poder comprender su significación cultural en procesos de educación científica, puesto que su relevancia conceptual sustenta hoy una total vigencia epistemológica en el campo de la investigación biológica (molecular, bioquímica, médica, genética, evolutiva o biotecnológica).

Confirmamos así que la historicidad del conocimiento y los procesos de validación científica, ofrecen oportunidad de construir nuevas categorías de comprensión sobre los para qué aprender y enseñar ciencias. En definitiva, incluir la reflexión meta-científica en la formación de profesores es una invitación para volver a pensar las preguntas fundamentales: ¿cuál es la importancia de la educación científica en la sociedad actual?, ¿ciencia para quiénes?, ¿cómo diseñar preguntas y actividades de auténtico valor cognitivo y epistémico?, ¿cómo convertir el aprendizaje de las ciencias en una actividad apasionante?, ¿contribuye el saber científico y tecnológico disponible a un modo de pensar y actuar para el cambio social?

Además, los núcleos de reflexión en actividades de transposición y metarreflexión han contribuido al reconocimiento del valor educativo de los procesos de contextualización, formulación de hipótesis, diseño de estrategias y argumentación para el abordaje de problemas abiertos en el laboratorio escolar.

62

Para cerrar, creemos que análisis como el que hemos presentado ofrecen herramientas para pensar nuevos criterios de revisión y ajuste de contextos de formación docente. El objetivo sería fortalecer y complejizar las movilizaciones identificadas y cuestionar, en profundidad, aquellos obstáculos que aún persisten en la construcción de una imagen más relativa, dinámica y contextualizada de la ciencia.

## Bibliografía

ADÚRIZ BRAVO, A.; IZQUIERDO, M. y STANY, A. (2002): "Una propuesta para estructurar la enseñanza de la Filosofía de la Ciencia para el profesorado de Ciencias en formación", *Revista Enseñanza de las Ciencias*, vol. 20, nº 3, pp. 465-476.

ADÚRIZ BRAVO, A.; PERAFÁN, G. y BADILLO, E. (2002): *Actualización en Didáctica de las Ciencias Naturales y las matemáticas*, Bogotá, Editorial Didácticas Magisterio.

AIKENHEAD, G. (1994): "What is STS science teaching?", en J. Salomón y G. Aikenhead (eds.): *STS education: International perspectives on reform*, Nueva York, Teachers Collage Press, pp. 47-59.

ASTUDILLO, C.; RIVAROSA, A. y ORTIZ, F. (2008a): "Las propuestas de enseñanza en ciencias: un puente entre el decir teórico y el hacer", *Actas de las VIII Jornadas*

*Nacionales y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología, "La educación en Biología como respuesta a la demanda social", Mar del Plata.*

ASTUDILLO, C.; RIVAROSA, A. y ORTIZ, F. (2008b): "El discurso en la formación de docentes de Ciencias. Un modelo de intervención". *Revista Iberoamericana de Educación*, vol. 45, nº 4, pp. 1-13.

ASTUDILLO, C.; RIVAROSA, A. y ORTIZ, F. (2009a): "La ciencia según futuros profesores: entre la tradición y la novedad", *Revista Enseñanza de las Ciencias*, nº 8, Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 62-65. Disponible en: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-62-65.pdf>.

ASTUDILLO, C.; RIVAROSA, A. y ORTIZ, F. (2009b): "Dibujar para problematizar concepciones de Ciencia. Un análisis con estudiantes universitarios de profesorado", *Memorias del VI Encuentro Nacional y III Latinoamericano La Universidad como objeto de investigación*, Córdoba.

ASTUDILLO, C.; RIVAROSA, A. y ORTIZ, F. (2009c): "Sentidos y textos en Didáctica de las Ciencias, la palabra de los alumnos universitarios", *Memorias del II Congreso Internacional Educación, Lenguaje y Sociedad: la educación en los nuevos escenarios socioculturales*, General Pico.

ASTUDILLO, M. (2001): *Viabilidad Democrática en la Formación Pedagógica Universitaria. Trabajo final para optar al título de Especialista en Docencia Universitaria*, Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto.

63

BURBULES, N. y LINN, M. (1991): "Science Education and Philosophy of Science: congruence or contradiction?" *International Journal of Science Education*, vol. 3, nº 13, pp. 227-241.

CAMAÑO, A. y VILCHES, A. (2001): "La alfabetización científica y la educación CTS: un elemento esencial de la cultura de nuestro tiempo". *Enseñanza de la Ciencias*, Nº extra, tomo 2 (VI Congreso), pp. 21-22

CARRASCOSA, J.; GIL PÉREZ, D.; VILCHES, A. y VALDÉS, P. (2006): "Papel de la actividad experimental en la Educación Científica", *Revista Brasileña de Enseñanza de la Física*, vol. 23, nº 2, pp. 157-181.

DATRI, E. (2006): "Una interpelación desde el enfoque CTS a la privatización del conocimiento", en A. Rivarosa (comp.): *Estaciones para el debate. Un mapa de diálogo con la cultura universitaria*. Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto, pp. 156-164.

DUSCHL, R. (1995): "Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual", *Revista Enseñanza de las Ciencias*, vol. 13, nº 1, pp. 3-14.

FREIRE, P. (1993): *Pedagogía de la esperanza*, Buenos Aires, Siglo XXI Editores.

GARCÍA MARTÍNEZ, Á.; DEVIA, R. y DÍAZ-GRANADOS, S. (2002): “Los trabajos prácticos en la enseñanza de las Ciencias”, en A. Adúriz Bravo, G. Perafán y E. Badillo (eds.): *Actualizaciones en didáctica de las Ciencias Naturales y las Matemáticas*, Bogotá, Cooperativa Editorial Magisterio, pp. 91-114.

GEYMONAT, L. (2002): *Límites actuales de la filosofía de la ciencia*, Barcelona, Gedisa.

HABERMAS, J. (1987): *La acción comunicativa*, Tomo I, Madrid, Editorial Taurus.

HOBAN, G. (2002): *Teacher Learning for Educational Change*, Filadelfia, Open University Press.

HODSON, D. (2003): “Time for action: Science education for an alternative future”, *International Journal of Science Education*, vol. 25, nº 6, pp. 645–670.

IRZIK, G. y NOLA, R. (2009): “Worldviews and their relation to science”, en M. Matthews (ed.): *Science, Worldviews and Education - Journal Science and Education*, Sydney, Springer Science/Business media, pp. 81-97.

KUHN, T. (1991): “The road since structure”, en A. Fine, M. Forbes y L. Wessels (eds.): *PSA 1990, East Lasing, Philosophy of Science Association*, pp. 3-13.

LATOURET, B. y WOOLGAR, S. (1995): *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos*, Madrid, Editorial Alianza.

LAUDAN, L. (1990): *La ciencia y el relativismo*, Madrid, Editorial Alianza.

LEMKE, J. (2006): “Investigar para el futuro de la Educación Científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir”, *Revista Enseñanza de las Ciencias*, vol. 24, nº 1, pp. 5-12.

MARCO STIEFEL, B. (2000): “La alfabetización científica”, en F. Perales y P. Cañal (eds.): *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Alcoi, Marfil, pp. 141-164.

MARCO STIEFEL, B. (2005): “La naturaleza de la ciencia, una asignatura pendiente en los enfoques CTS: retos y perspectivas”, en P. Membiela y Y. Padilla (eds.): *Retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias desde el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en los inicios del Siglo XXI*, Vigo, Educación Editora, pp. 35-39.

MARCHESI, Á. y MARTÍN, E. (1998): *Calidad de la enseñanza en tiempos de cambio*, Madrid, Alianza.

MARTÍN, E. (2000): “¿Puede ayudar la teoría del cambio conceptual a los docentes?”, *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, nº 26, pp. 31-49.

MARTÍNEZ, S. y OLIVÉ, L. (1997): *Epistemología evolucionista*, México, Editorial Paidós.

MATTHEWS, M. (2009): "Science, worldviews and education: an introduction", en M. Matthews (Ed.): *Science, Worldviews and Education - Journal Science and Education*, Sydney, Springer Science/Business media, pp. 1-25.

MORIN, E. (2000): *Los Siete Saberes Necesarios a la Educación del Futuro*, Caracas, IELSAC/UNESCO.

OLIVIER, M. (2003): *Sociología de las Ciencias*, Buenos Aires, Ediciones Nueva Visión.

OSBORNE, J. (2000): "Science for citizenship", en M. Monk y J. Osborne (eds.): *Practice in Science Teaching*, Buckingham, Open University Press, pp. 225-240.

OSBORNE, J. (2006): "¿Qué ciencia necesitan los ciudadanos?", en J. Osborne, R. Pajares Box, J. Puente Azcutia, J. González López de Guereñu, J. Rojo Alamos, J. Sánchez Ron y V. Gómez (eds): *La enseñanza de las ciencias y la evaluación PISA 2006*, Seminario de primavera 2006, Madrid, Santillana, pp. 23-46

PALMA, H. y WOLOVELSKY, E. (2001): *Imágenes de la racionalidad científica*, Buenos Aires, Editorial Eudeba.

PORLÁN, R. (1995): "Las creencias pedagógicas y científicas de los profesores", *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, vol. 3, nº 1, pp. 7-13.

PORLÁN, R. (1998): *El conocimiento de los profesores*, Sevilla, Díada Editora.

POZO, J. I. (2001): *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*, Madrid, Ediciones Morata.

POZO, J. I., SCHEUER, N., PÉREZ ECHEVERRÍA, M. y MATEOS, M. (1999): "El cambio de las concepciones de los profesores sobre el aprendizaje", en J. M. Sánchez, A. Oñorbe e I. Bustamante (eds.): *Educación Científica*, Madrid, Ediciones de la Universidad de Alcalá, pp. 29-52.

POZO, J. I.; SCHEUER, N.; PÉREZ ECHEVERRÍA, M.; MATEOS, M.; MARTÍN, E. y DE LA CRUZ, M. (2007): *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos*, Barcelona, Editorial Graó.

QUINTANILLA, M.; IZQUIERDO, M. y ADÚRIZ BRAVO, A. (2005): "Avances en la construcción de marcos teóricos para incorporar la historia de la ciencia en la formación inicial del profesorado de Ciencias Naturales", *Revista Enseñanza de las Ciencias, VII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias*, Granada, España, pp. 1-4.

RIVAROSA, A. (1998): "Conocimiento científico y cotidiano: reflexiones e implicancias educativas para los formadores de ciencias", *Memorias de las IV Jornadas de la Enseñanza de la Biología*. San Juan.

RIVAROSA, A. (2009): *Aprendiendo a enseñar: La reflexión histórica y epistemológica en la formación de formadores*, Río Cuarto, Universidad Nacional de Río Cuarto.

RIVAROSA, A. y MORONI, C. (2008): "Análisis de las representaciones de los estudiantes universitarios de Biología acerca de las prácticas en ciencias: una alternativa para la enseñanza", *Revista de Educación en Biología*, vol. 11, n° 1, pp. 18-30.

ROMERO AYALA, F. (1998): "Una pequeña reflexión sobre los problemas de investigación de la Didáctica de las Ciencias", *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 16, n° 1, pp. 171-174.

SACKS, O. (1996): "Escotoma: una historia de olvido y desprecio científico", en O. Sacks, D. Kevles, R. Lewontin, J. Gould y J. Millar: *Historias de la Ciencia y del Olvido*, Madrid, Editorial Siruela, pp. 3-21.

SCHUSTER, F. (1999): *Los laberintos de la contextualización de la ciencia*, en G. Althabe y F. Schuster (comps.): *Antropología del presente*, Buenos Aires, Editorial Edicial, pp. 23-42.

66

SIRVENT, M. T. (1999): *Cultura popular y participación social*, Buenos Aires, Miño y Dávila.

VIGOTSKY, L. (1986): *Pensamiento y lenguaje*, Buenos Aires, La Pléyade.

VILCHES, A. y GIL PÉREZ, D. (2007): "La contribución a la década de la Educación por un Futuro Sostenible. Un compromiso ineludible para educadores e investigadores", *Revista de Educación en Biología*, vol.10, n° 2, pp. 3-7.

VOSNIADOU, S. y BREWER, V. (1987): "Theories of knowledge restructuring in development", *Review of Educational Research*, n° 57, pp. 51-67.

WEGNER, E. (1998): *Communities of practice*, Cambridge, Cambridge University Press.

WOOLGAR, S. (1981): "Interest and explanation in the social study of science", *Social Studies of Science*, vol. 11, pp. 365-394.