

HISTORIA



Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

¿ES IMPORTANTE LA EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS EN LA FORMACIÓN DE INVESTIGADORES Y DE PROFESORES EN FÍSICA?

COLOMBO DE CUDMANI, LEONOR y SALINAS DE SANDOVAL, JULIA

Departamento de Física. FaCEyT. UNT. Av. Independencia, 1800. 4000 Tucumán. Argentina

lcudmani@herrera.unt.edu.ar

jsalinas@herrera.unt.edu.ar

Resumen. En este trabajo fundamentamos la pertinencia de la epistemología en la formación de profesores en física e investigadores en física y en enseñanza de la física.

También analizamos diversas experiencias realizadas a lo largo de los últimos veinte años, en los que hemos participado en la incorporación de tópicos de epistemología en la formación de profesores e Investigadores (Colombo de Cudmani, L., Salinas J., Jaen, Mirta, 2000).

Estas experiencias se han desarrollado fundamentalmente en cuatro contextos:

- Curso de grado sobre «Elementos de Epistemología e Historia de la Física» (asignatura obligatoria del plan de estudios de las carreras de bachiller universitario en física y licenciado en física de la UNT).
- Diversos cursos de formación, de perfeccionamiento y de postgrado, destinados a docentes en física de diversos niveles y orientaciones educativos (en los que la dimensión epistemológica se integra funcionalmente al tratamiento de contenidos educativos o disciplinares específicos).
- Cursos de Post Grado sobre «Epistemología de la Física» e «Impacto Epistemológico de la Física Contemporánea» (asignaturas del plan de estudios de la carrera de post grado de Magister en Enseñanza de las Ciencias -Área Física- de la UNT).
- Curso de Post Grado sobre «Modelos de Aprendizaje que fundamentan la Enseñanza de las Ciencias Fáticas» (asignatura del plan de estudios de la carrera de post grado de Magister en Enseñanza de las Ciencias -Área Física- de la UNT).

Palabras clave. Epistemología, física, educación, investigación, formación de profesores.

Summary. In the present work, we argue about the pertinence of the Epistemology in the training of Physics teachers, Physics researchers and Physics Education researchers. We have also analysed different experiences that we have carried on during the last twenty years, about the insertion of Epistemology topics in the training of Physics teachers and researchers. These experiences were developed principally in four contexts:

- A pre-graduate course about «Elements of Epistemology and Science History», obligatory course in the Bachillerato Universitario y Licenciatura en Física curriculum of the Universidad Nacional de Tucumán (U.N.T.), Argentina.
- Different actualisations, training and post graduate courses offered to Physics teachers in different educative levels and orientations, in which the epistemology dimension is integrated functionally to the treatment of the educative contents and/or to the specific disciplinary contents.
- Postgraduate Courses of «Epistemology of the Physics» and «Epistemology impact of Contemporary Physics» (subjects in the *Maestría en Educación en Ciencias* - Physics orientation-, career of the U.N.T).
- A Postgraduate Course about «Learning models that fundament the Factual Sciences teaching» a course of the Master in Sciences Education - Physics orientation - career of U.N.T.

Key words. Epistemology, physics, education, research, teachers training.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la investigación educativa en ciencias ha revalorizado fuertemente la importancia de los aportes, a la enseñanza de las disciplinas específicas, de la Epistemología y la historia de las ciencias (Hodson, 1988; Gil Pérez, 1993 ; Saltiel y Viennot , 1985.;Gagliardi, 1988; Wandersee, 1986, 1992).

No era aún ésta la situación cuando, hace unos veinte años, el Claustro Docente del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán decidió incluir una materia sobre estas cuestiones en los planes de estudios de los bachilleres universitarios en física y de los licenciados en física.

En aquellos momentos, nuestra experiencia en la docencia en física y en la formación de futuros profesores e investigadores en la disciplina nos llevaba a intuir la importancia de la epistemología y la historia de la física para favorecer aprendizajes más significativos, enseñanzas más eficientes y acordes con la naturaleza de la disciplina, investigaciones científicas epistemológicamente más fundamentadas y robustas.

Hoy las pesquisas fundamentan, y los hechos muestran, el acierto de aquella intuición (Duschl y Gitomer, 1991; Hodson, 1998; Colombo de C. y Salinas, 1998,2000). Tanto en el nivel nacional como en el internacional, los diseños curriculares de formación de profesores en ciencias y los postgrados en ciencias y en enseñanza de las ciencias incluyen estos temas como elementos básicos de la formación. Es cierto que su incorporación no se ha extendido aún con igual amplitud o firmeza en las carreras de grado destinadas a la formación de investigadores en ciencias experimentales (físicos, químicos, biólogos ...). Pero conocemos experiencias puntuales que, unidas al crecimiento y fortalecimiento de la investigación educativa en ciencias, permiten prever avances más generalizados, en un futuro próximo, en este sentido, también en este ámbito.

LA FORMACIÓN EPISTEMOLÓGICA DE DOCENTES E INVESTIGADORES EN FÍSICA Y EN ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

Hay una estrecha vinculación entre las concepciones epistemológicas de docentes e investigadores (sean éstas explícitas o implícitas) y las estrategias educativas y de investigación que ellos desarrollan (Hodson, 1988; Gil Pérez et al, 1995; Salinas y Colombo, 1993 - 1994; Salinas et al, 1995; Montero de Almeida, 2000).

En el ámbito de la enseñanza, cabe señalar que:

- Las ciencias experimentales, entendidas como unos cuerpos de conocimientos basados fundamentalmente en algoritmos y herramientas lógico-matemáticos y organizados en sistemas hipotético-deductivos rígidos y cerrados, son concepciones epistemológicas generalmente compatibles con visiones aproblemáticas, desvinculadas de los referentes fácticos, definitivas, acumulativas, lineales, socialmente neutras, y suelen orientar modelos de enseñanza-aprendizaje caracterizados como de transmisión-recepción (conductismo, enseñanza como presentación de resultados, aprendizaje como memorización irreflexiva...).

- El conocimiento científico fáctico entendido como construcción de regularidades y categorías que surgen de la interacción entre el objeto del conocimiento y la estructura cognoscitiva del sujeto que conoce, en relación dialéctica que va modificando a ambas en la búsqueda de explicaciones, interpretaciones y predicciones de comportamientos, es una orientación epistemológica que suele fundamentar modelos de aprendizaje constructivistas, los cuales reconocen la complejidad de los procesos involucrados en la educación en ciencias, abiertos, en permanente elaboración, y suele orientar procesos de enseñanza-aprendizaje de índole constructivista (estrategias de aprendizaje sig-

nificativo, aprendizaje como proyecto de investigación orientada por expertos, aprendizaje como resolución de problemas. Esto s modelos (Gil Pérez, 1983, 1999; Moreira, 1983, 1985, 1991; Piaget, 1970, 1971; Pozo, 1989; Salinas et al., 1995; Villani, 1992).

– Una concepción de ciencia fáctica cuyas regularidades y categorías surgen *fundamentalmente* como resultado del consenso social, como negociación de significados en un dado contexto sociocultural, es una orientación socioepistemológica que suele acompañar posturas reacias a la empresa científica, puede llevar a una devaluación de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza y es compatible con políticas educativas que desvalorizan la formación científica (Colombo de C., 1989, 1999).

En cuanto a la incidencia de las concepciones epistemológicas en el ámbito de la investigación, Bunge (1980) sostiene: «El estudiante de ciencias fácticas o el científico fáctico que alguna vez dedique una parte de su tiempo a estudios epistemológicos podrá obtener de éstos algunos de los siguientes beneficios:

»– No será prisionero de una filosofía incoherente y adoptada inconscientemente; podrá entonces corregir, sistematizar y enriquecer las opiniones filosóficas que de todas maneras integran su visión del mundo.

»–No confundirá lo que se postula con lo que se deduce, la convención verbal con el dato empírico, la cosa con sus cualidades, el objeto con su conocimiento, la verdad con su criterio, y así sucesivamente. Esto le ahorrará buscar demostraciones de definiciones, le impedirá confundir pruebas lógico-matemática con verificación empírica y le ayudará a sopesar el soporte empírico de las teorías; no tomará “precedencia” ni “predictibilidad” por causalidad, y no reducirá la explicación científica a su especie causal. En general, se esforzará por entender los términos que emplea, tal como se esforzaron, antes que él, los científicos con mentalidad filosófica que construyeron la ciencia moderna.

»– Se habituara a explicar las suposiciones e hipótesis, lo que le permitirá saber qué es lo que hay que corregir cuando la teoría no concuerda satisfactoriamente con los hechos.

»– Se acostumbrará a ordenar sistemáticamente las ideas y a depurar el lenguaje; se habituara, en suma, a buscar la coherencia y la claridad.

»– Afilará su bisturí crítico: la meditación epistemológica, al habituarse a exigir pruebas, es un buen preventivo del dogmatismo.

»– Podrá mejorar la estrategia de la investigación, al proceder con mayor cuidado en el planeamiento de los experimentos o de los cálculos y en la formulación de las hipótesis, así como en la evaluación de las consecuencias de unos y otras. La epistemología ciertamente no ayuda a medir ni a resolver ecuaciones, pero en cambio ayuda a ubicar estas operaciones en el proceso de la investigación.

»– Su atención se desplazará del resultado al problema, de la receta a la explicación, de la ley empírica a la ley teórica. Ninguna teoría de contenido fáctico le satisfará en forma definitiva: siempre encontrará alguna objeción que hacerle y estará estimulado a explorar nuevos territorios.

»– La filosofía y la historia de la ciencia le acostumbrarán a considerar la marcha de la ciencia, no como un desarrollo meramente aditivo, sino como un proceso en el que cada solución plantea nuevos problemas, en que viejas hipótesis desechadas por un motivo pueden volver a cobrar interés por otro motivo, y en que cada problema tiene varias capas y, por lo tanto, varios niveles de solución.

»– Se ampliará su horizonte, al enriquecerse el surtido de relaciones lógicas y de posibilidades de interpretación.

»– Obrará con cautela cuando tante terreno nuevo: extremará las exigencias de la verificación, dudará del valor de los datos empíricos que encajen en teorías endebles y no dejará que los detalles le oculten lo esencial. Sentirá respeto por las teorías consagradas, aunque no reverencia por ellas.»

Bunge (1980) destaca que, por todos estos motivos, el estudio de los problemas filosóficos y de las raíces históricas de las cuestiones científicas facilita una correcta comprensión, ahondamiento, ordenación y evaluación de los conocimientos específicos acerca del mundo y proporciona estímulos para que estudiantes de ciencias y científicos encaren su tarea con mayor profundidad, responsabilidad, eficacia y gratificación intelectual.

A nuestro criterio, los mismos motivos e idénticas consecuencias se aplican también al caso de los investigadores en educación en ciencias fácticas, así como a los estudiantes de profesorado y profesores en ciencias fácticas.

EXPERIENCIAS DE INCORPORACIÓN DE TÓPICOS DE EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA FÍSICA EN LA FORMACIÓN DE PROFESORES E INVESTIGADORES

Analizamos a continuación diversas experiencias realizadas a lo largo de los últimos veinte años, en los que hemos participado en la incorporación de tópicos de epistemología e historia de la física en la formación de profesores en física e investigadores en física y en enseñanza de la física.

Estas experiencias se han desarrollado fundamentalmente en cuatro contextos:

Curso de grado sobre «Elementos de Epistemología e Historia de la Física»

Ésta es una asignatura obligatoria del plan de estudios de las carreras de bachiller universitario en física y licenciado en física de la UNT. Está organizada en dos partes:

una primera de introducción a tópicos epistemológicos básicos y una segunda de análisis epistemológico del desarrollo histórico de los conceptos en física. Cabe aclarar que el bachillerato universitario en física es una carrera de tres años que habilita para la docencia a nivel medio y básico universitario.

Por medio de consultas realizadas a los estudiantes a *posteriori* del cursado, hemos detectado que las cuestiones que ellos más valorizan, por su transferencia al aprendizaje de la física, son las siguientes:

a) *Comprensión del significado de términos como «teoría», «modelo», «ley», «hipótesis», «método científico», etc.* Una reflexión común de los alumnos durante las discusiones grupales es la de afirmar que muchos de estos términos fueron usados durante su aprendizaje de la física sin una comprensión adecuada de sus significados y alcances, lo que genera muchas contradicciones e incoherencias aparentes.

b) *Comprensión de la relación entre modelo y teoría, y de la relación entre teoría y realidad.* El entendimiento de estas cuestiones clarifica a los estudiantes numerosos temas de la física. Comprenden, por ejemplo, la importancia de criterios como las estimaciones de las incertezas experimentales para justificar el hiato epistémico entre modelo y teorías con sus referentes fácticos (Colombo de C. y Salinas, 1991).

c) *Identificación del rol que juegan los distintos tipos de leyes en la construcción de los sistemas hipotético-deductivos.* Esta profundización a su vez permite la comprensión del rol de los distintos tipos de constantes que intervienen en la formalización de las teorías y clarifica el modo en que los conceptos adquieren y enriquecen sus significados al participar en diversas relaciones vinculadas entre sí. También favorece que los estudiantes aclaren otras importantes cuestiones, como, por ejemplo, a qué leyes de la física se refiere el principio de invariancia respecto al sistema de coordenadas inercial, o las diferencias y los vínculos entre sistemas teóricos axiomatizados y sistemas teóricos en proceso de sistematización, lo cual lleva a visualizar mejor cómo participan las dialécticas empírico-inductivista e hipotético-deductiva en la construcción del conocimiento científico (Colombo de C., 2000).

d) *Comprensión de los límites de validez, del grado de precisión y del ámbito de teorías y modelos, así como de las características, ventajas y limitaciones de los modelos fenomenológicos e interpretativos.* Los estudiantes consideran muy valiosas estas clarificaciones a la hora de encarar la solución de problemas concretos de física, tanto teóricos como experimentales.

e) *Análisis epistemológico de la evolución histórica de las estructuras sintácticas y sustanciales de la física.* Los alumnos consideran a esta segunda parte de la asignatura como una aplicación muy esclarecedora de aspectos desarrollados en la primera parte, que se disciernen mediante múltiples ejemplos. Los estudiantes reconocen también que el estudio de cómo se fueron construyendo históricamente los conocimientos les permite profundizar su comprensión del significado actual de conceptos,

leyes y teorías de la física, y les muestra explícitamente aspectos procedimentales que pueden transferir a su propia construcción de las concepciones científicas, esto es, a su aprendizaje de la física (Gil Pérez, 1993; Losee, 1987; Piaget y García, 1992; Salinas, 1991).

Diversos cursos de formación, de perfeccionamiento y de postgrado destinados a docentes en física de diversos niveles y orientaciones educativos

Para el análisis que estamos desarrollando en este trabajo se ha seleccionado en este apartado, entre los numerosos cursos y talleres de capacitación que hemos coordinado, aquéllos en los que la dimensión epistemológica se integra funcionalmente al tratamiento de contenidos educativos o disciplinares específicos.

Cabe mencionar, en particular, los cursos y talleres centrados, respectivamente, en el tratamiento de:

- los criterios que en física permiten salvar la brecha entre la teoría y la realidad;
- las prácticas de laboratorio en la enseñanza y el aprendizaje de la física en distintos niveles y contextos educativos (Salinas, 1996, 1999; Salinas y Colombo, 1992);
- las estrategias de evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física;
- los referenciales teóricos fundamentales que orientan estrategias curriculares en enseñanza de ciencias de la naturaleza;
- el aula como generadora y receptora de investigación educativa en ciencias fácticas;
- etcétera.

A modo de ejemplo cabe aquí mencionar un interesante aporte desde la epistemología en algunos de estos cursos y talleres, que se genera al plantear a los asistentes la realización de la siguiente actividad:

«1. Mediante un gráfico, o dibujo, o diagrama, explícite cómo visualiza usted el proceso de aprendizaje de ciencias fácticas en el aula. Si lo considera conveniente, diferencie entre lo que usted considera que el proceso de aprendizaje “es” y lo que cree que “debería ser”.

2. Analice en grupo los dibujos y seleccione elementos útiles para ir delineando un modelo compartido. Haga una síntesis de los aspectos que considere más relevantes.»

Es notable cómo las respuestas y los posteriores debates permiten poner en evidencia en qué medida las concepciones epistemológicas sobre las ciencias fácticas influyen sobre las concepciones referidas al aprendizaje de las disciplinas correspondientes.

Gráficos y dibujos suelen mostrar con frecuencia la presencia de ideas como las siguientes:

- «la observación marca el inicio de toda investigación científica»;

- «la ciencia es un sistema cerrado y completo a transmitir»;
- «el grado de científicidad está fundado en los algoritmos matemáticos»;
- etcétera.

La explicitación de éstas y otras ideas de los participantes facilita la consideración funcional de cuestiones de índole epistemológica vinculadas al proceso de enseñanza-aprendizaje y a la investigación educativa en ciencias, tales como:

a) *La caracterización y análisis de valores y «disvalores» de los modelos de caja negra (fenomenológicos) y caja translúcida* (interpretativos), que los participantes valoran a la hora de juzgar comparativamente los modelos de aprendizaje y su potencialidad de transferencia a una situación educativa problemática en el aula.

b) *La comprensión de lo que se entiende por «validación de hipótesis»*, por «precisión y exactitud de las proposiciones a validar», por «enfoque hipotético-deductivo», por «metodología holística», etc. Esto remite a las metodologías de investigación educativa en ciencias y a un análisis crítico de los enfoques cualitativo y cuantitativo.

c) *El entendimiento de que toda investigación educativa y toda labor docente se desarrolla en un marco epistemológico (explícito o implícito)*. La doble transferencia entre el aula y la investigación educativa requiere de una coherencia entre esos marcos epistemológicos. De otro modo la transferencia fracasa, cuestión sobre la que hay dilatada experiencia en el campo de la educación científica.

Cursos de Postgrado sobre «Epistemología de la Física» e «Impacto Epistemológico de la Física Contemporánea»

Éstas son asignaturas del plan de estudios de la carrera de postgrado de Magister en Enseñanza de las Ciencias –Área Física– de la Universidad Nacional de Tucumán.

En el primero de estos cursos de Postgrado se trabaja sobre los aportes de la epistemología de las ciencias fácticas a la enseñanza de la física. A lo largo de diversas actividades, los participantes se involucran en la resolución de situaciones problemáticas educativas con trasfondo epistemológico. Esto permite mostrar la necesidad, para una adecuada enseñanza de la física, de clarificar la naturaleza de las estructuras sustanciales («conceptos», «definiciones», «hipótesis», «leyes», «modelos», «teorías...») y sintácticas («criterios de verdad», «elementos de prueba», «lógicas inductiva y deductiva», «contrastación de proposiciones observacionales, de hipótesis y de teorías», «criterios, estrategias y metodologías que se emplean para vincular entre sí datos brutos y conclusiones...») de la disciplina.

Entre los aspectos que, al cabo del curso, los participantes rescatan como valiosos para su labor docente, cabe mencionar los siguientes:

a) *La comprensión de razones que explican la fuerte pre-*

sencia, entre profesores y estudiantes, de visiones realistas ingenuas, reduccionistas, empiristas y falsacionistas ingenuas, cuya superación, en el propio campo de la epistemología de las ciencias fácticas, requirió de un profundo, prolongado y relativamente reciente debate. No debe olvidarse que fue recién en las pasadas décadas de los cincuenta y los sesenta que se extendieron y cimentaron las críticas a las tesis del positivismo y el reconstruccionismo lógicos, fuertemente arraigadas hasta entonces entre epistemólogos y científicos. El nexo entre entidades científicas teóricas y referentes del mundo natural, la incidencia de la experimentación científica en los contextos de génesis y de justificación del conocimiento, las relaciones entre los niveles teórico y observacional, el rol de los casos en la confirmación y refutación de las hipótesis científicas fácticas son todos aspectos que han suscitado (y suscitan) reflexión y debate de epistemólogos y científicos.

b) *El entendimiento de que el reconocimiento de esta complejidad no debe ir acompañado de una actitud escéptica frente a la posibilidad de que la enseñanza de la física favorezca que los estudiantes adquieran una imagen correcta de la ciencia y el conocimiento científico.* En la actualidad se puede hablar de la existencia de un consenso en el área de la educación científica sobre la necesidad y la factibilidad de favorecer mejores aprendizajes de las ciencias fácticas mediante visiones más adecuadas, por parte de los estudiantes, sobre cuestiones epistemológicas tales como:

- el realismo científico (las ciencias fácticas dicen algo aproximadamente cierto sobre el mundo);
- el rigor, racionalidad, sistematicidad y generalidad del conocimiento científico;
- la verificación empírica de las hipótesis fácticas como un importantísimo criterio de verdad;
- el modelado como estrategia de aproximación a los complejos fenómenos del mundo natural;
- la complementariedad de análisis y síntesis en los tratamientos;
- la dependencia de los informes observacionales con respecto a la teoría;
- el reconocimiento de un dinamismo metodológico y conceptual permanente;
- etcétera.

c) *El entendimiento de que la correcta comprensión, por parte de los estudiantes, de aspectos como los recién mencionados, difícilmente se dará espontáneamente, por añadidura a los aprendizajes sobre contenidos conceptuales de la física.* Por lo contrario, la consideración de esas cuestiones de índole epistemológica (que favorece aprendizajes más adecuados del cuerpo de saberes de la disciplina) debe ser incorporada funcional y explícitamente a las clases de ciencia, a través de actividades que rompan con las dicotomías entre «métodos» y «contenidos», que involucren a los estudiantes en un tratamiento de las cuestiones que sea coherente con el modo en que se tratan las cuestiones en la ciencia y que requieran de una reflexión metacognitiva manifiesta.

En el segundo de los cursos de postgrado mencionados en este apartado se trabaja sobre el impacto de la física contemporánea en la epistemología de las ciencias fácticas, siempre desde la perspectiva de la problemática planteada por la enseñanza y el aprendizaje de esta disciplina.

En este curso los participantes se involucran en el tratamiento de cuestiones que tienen que ver con una interpretación conceptual cualitativa básica y una introducción al análisis epistemológico de las teorías de la relatividad restringida, la mecánica cuántica, la termodinámica de procesos irreversibles y el caos determinista.

Entre los aspectos que son destacados por los participantes *a posteriori* del curso se pueden mencionar los siguientes:

a) La comprensión de que la transición desde la filosofía de la naturaleza pregaleana hacia la física clásica (paradigmáticamente representada por las teorías de Newton y Maxwell) no agotó los cambios ontológicos, epistemológicos, metodológicos, axiológicos y actitudinales concomitantes con los cambios conceptuales. Se señala, en consecuencia, la necesidad de:

– insistir ante los estudiantes en el carácter provisional, falible (y por ende, perfectible) del saber científico (incluyendo las teorías más fuerte y convincentemente fundadas y contrastadas, las metodologías más usadas y fértiles, las metas más compartidas...);

– diseñar y poner en práctica estrategias de enseñanza que favorezcan la generación autónoma de estrategias cognoscitivas por parte de los estudiantes para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la física.

b) El reconocimiento de que tras las revoluciones científicas permanece un hilo conductor que caracteriza epistemológicamente al conocimiento científico fáctico. Se reconoce que las revisiones planteadas por las epistemologías alternativas respecto a la visión dogmática y ahistórica de las ciencias (sobre todo en Kuhn y Feyerabend) son positivas por cuanto permiten una visión más abierta y crítica de lo que es la ciencia, pero se alerta que estas revisiones son también utilizadas a veces en el contexto de interpretaciones relativistas y subjetivistas del conocimiento científico y de ataques escépticos a la ciencia. Se destaca, por lo tanto, la necesidad de rescatar y revalorizar, ante los estudiantes, la racionalidad, la búsqueda de objetividad y el progreso en la empresa científica.

Curso de Postgrado sobre «Modelos de Aprendizaje que fundamentan la Enseñanza de las Ciencias Fácticas»

Ésta es también una asignatura del plan de estudios de la carrera de postgrado de Magister en Enseñanza de las Ciencias –Área Física– de la Universidad Nacional de Tucumán.

En este curso se integran dimensiones psicológicas y epistemológicas capaces de sustentar estrategias educativas superadoras en ciencias fácticas.

Se estudian diversos enfoques teóricos elaborados para interpretar y controlar el proceso de enseñanza y aprendizaje, con énfasis en las psicologías del aprendizaje y en las concepciones sobre la índole epistemológica de las ciencias fácticas que los fundamentan. Este análisis conduce a las actuales propuestas constructivistas para el aprendizaje, que enfatizan la participación activa de los estudiantes en la construcción de los conocimientos. (Colombo et al., 2000; Moreira, 1985; Pozo, 1989)

A posteriori del curso, los participantes destacan que las propuestas que en la actualidad concitan consenso en el campo de la educación en ciencias fácticas:

a) Se fundamentan en tesis epistemológicas que han mostrado gran fecundidad y potencia explicativa en el campo de la problemática educativa en ciencias, y que convergen con resultados provenientes de la psicología del aprendizaje: Son las tesis que sostienen que toda observación (recepción) está orientada por una hipótesis (explícita o tácita) y que hay una cierta correspondencia entre las fases históricas de la evolución de la ciencia y las etapas de la psicogénesis (es decir, del desarrollo del conocimiento personal sobre el mundo natural) (Piaget, 1970, 1971; Bachelard, 1971; Chalmers, 1992).

b) se caracterizan por abordar la problemática de la educación científica con marcos teóricos multidimensionales que integran, entre otros, significativos aportes histórico-epistemológicos, por reconocer el carácter constructivista y dialéctico de las actividades cognoscitivas y por proponer estrategias educativas integradoras de diversas facetas que se han revelado significativas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Entre las dificultades en la educación científica que reconocen un origen de índole epistemológica, los docentes señalan fuertemente dos cuestiones:

- en la enseñanza de la física hay muchas veces un divorcio entre la física del libro/del profesor/del aula y la física de los fenómenos reales (Colombo y Salinas, 2000);
- docentes y alumnos relativizan el carácter experimental de la disciplina y, en consecuencia, valorizan muy pobremente la determinación de las incertezas experimentales.

Ambos aspectos están fuertemente relacionados entre sí, tienen que ver con el hiato o salto epistemológico que existe entre el mundo natural y su reconstrucción científica teórica, y su profundización requiere de una fértil realimentación mutua entre aspectos conceptuales, epistemológicos y procedimentales.

A lo largo del curso se tratan numerosas situaciones como éstas, que ponen en evidencia las limitaciones de las propuestas de aprendizaje de las ciencias centradas en el cambio conceptual, muestran la necesidad de avanzar hacia la integración de otros aspectos y justifican la consideración de diversas propuestas elaboradas en el campo de la educación en ciencias, tendientes a la construcción de un nuevo modelo de enseñanza-aprendizaje

de las ciencias, capaz de desplazar al de simple transmisión-recepción de conocimientos ya elaborados.

En este contexto, se valorizan visiones como la que propone Laudan desde el campo de la epistemología. Como se sabe, este autor rescata la racionalidad de la empresa científica y propone una red triádica que relaciona teorías o conceptualizaciones con metodologías y con fines o valores de las ciencias. Su visión sale así al encuentro de orientaciones que distorsionan la labor y el conocimiento científicos (pues ofrecen visiones desvalorizadas, relativistas, subjetivistas, irracionalistas y reduccionistas de la labor y el conocimiento científicos) y que, paradójicamente, alientan la pérdida de interés y de motivación para los estudios científicos en una cultura inmersa en ventajas y problemas tecnológicos que requieren de los aportes fundados y contrastados que ofrece la ciencia.

A MODO DE BREVE CIERRE

Los ejemplos analizados avalan, a nuestro entender, la hipótesis de partida referida a la importancia de la epistemología de la física en la formación de docentes e investigadores en física y en educación en física.

La problemática que plantea favorece, así lo creemos, el pensamiento divergente, la actitud crítica, rigurosa y cuestionadora, y la flexibilidad imprescindibles para la investigación y para una eficiente práctica docente.

De este modo el campo actitudinal y procedimental se ve fuertemente reforzado, además de la profundización conceptual de la disciplina.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACHELARD, G. (1971). *Epistemología*. Barcelona: Anagrama.
- BUNGE, M. (1980). *La ciencia, su método y su filosofía*. Buenos Aires: Siglo xx.
- BUNGE, M. (1985). *La investigación científica*. Barcelona: Ariel.
- CHALMERS, A. (1992). *La ciencia y cómo se elabora*. Madrid Siglo XIX.
- COLOMBO DE CUDMANI, L. (1999). Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), pp. 327-331.
- COLOMBO DE CUDMANI, L. (1999). Importancia del contexto en la conceptualización científica: Implicancias para el aprendizaje de las ciencias. *Epistemología e Historia de la Ciencia*, 6.
- COLOMBO DE CUDMANI, L. (1999). «¿Qué puede aportar la epistemología a los diseños curriculares en física?» Comunicación presentada en el *Encuentro de Investigadores en Enseñanza de Física*, Florianópolis, marzo de 2000.
- COLOMBO DE CUDMANI, L., PESA DE DANÓN, M., SALINAS DE SANDOVAL, J. (2000). Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), pp. 3-13.
- COLOMBO DE CUDMANI, L., SALINAS DE SANDOVAL, J. (1989). Epistemología e historia de la física: justificación y análisis de su inclusión en las carreras de estudiantes universitarios de física. *Enseñanza de las Ciencias*, Núm. extra, III Congreso, pp. 17-18.
- COLOMBO DE CUDMANI, L., SALINAS DE SANDOVAL, J. (1991). Modelo físico e realidade: importância epistemológica de sua adequação quantitativa. Implicações para o aprendizado. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 8(2), pp. 193-204.
- COLOMBO DE CUDMANI L., SALINAS DE SANDOVAL J. (2000). Cambios en las concepciones de los estudiantes sobre la ciencia: resultados de una experiencia de aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*.
- COLOMBO DE CUDMANI L., SALINAS DE SANDOVAL J., JAÉN DE MADDOZZO M. (2000). *Epistemología de la física: tópicos introductorios*. Tucumán: UNT.
- COLOMBO DE CUDMANI, L., SALINAS DE SANDOVAL, J., PESA DE DANÓN, M. (1991). La generación autónoma de conflictos cognoscitivos para favorecer cambios de paradigmas en el aprendizaje de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), pp. 237-242.
- COLOMBO DE CUDMANI, L., SALINAS DE SANDOVAL J., PESA DE DANÓN M. (1995). Distintos tipos de constantes en física y aprendizaje significativo de la disciplina. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), pp. 237-248.
- DUSCHL, R. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias*. Madrid: Narcea.
- DUSCHL R., GITOMER D., (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9), pp. 839-858.
- GAGLIARDI, R. Cómo utilizar la historia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), p. 201.
- GIL PÉREZ, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), pp. 26-33.
- GIL PÉREZ, D. (1993). Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de ense-

- ñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2), pp. 197-212.
- GIL PÉREZ, D. et al. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3), pp. 503-512.
- GIL PÉREZ, D., COLOMBO DE CUDMANI, L., SALINAS DE SANDOVAL, J. (1993). Las representaciones gráficas de un ciclo de investigación: una forma de explicitar las concepciones sobre el trabajo científico... y de contribuir a su transformación. *Enseñanza de las Ciencias*, núm. extra IV Congreso, pp. 67-68.
- HACKING, I. (1985). *Revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- HODSON, D. (1985). Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12, pp. 25-57.
- HODSON, D. (1988). Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, 72(1), pp. 19-40.
- LAUDAN, L. (1984). *Science and Values: The aims of science and their role in scientific debate*. Berkeley: University of California Press.
- LOSEE, J. (1987). *Introducción histórica a la filosofía de la ciencia*. Madrid: Alianza Editorial.
- MONTERO DE ALMEIDA, M. J. P. (2000). Expectativas sobre desempenho do professor de Física e possíveis consequências sem suas representações. *Ciencia & Educaçao*, 6(1).
- MOREIRA, M. A. (1983). *Uma abordagem cognitivista ao ensino da física*. Porto Alegre: Universidade UFRGS.
- MOREIRA, M. A. (1985). *Ensino e aprendizagem: Enfoques teóricos*. San Pablo: Moraes.
- MOREIRA, M. A. y AXT R. (1991). *Tópicos em Ensino de Ciências*. Porto Alegre: Sagra.
- PIAGET J. (1970). *La epistemología genética*. Barcelona: Redondeo.
- PIAGET, J. (1971). *Psicología y epistemología*. Barcelona: Ariel.
- PIAGET, J. y GARCÍA, R. (1992). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. México: Siglo XXI.
- POZO, J. I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. (1990). Las experiencias de búsquedas de relaciones entre magnitudes como herramientas para incorporar al aula aspectos de la metodología de la investigación científica. *Revista de Ensino de Física*, 12, pp. 59-77.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. (1991). La unidad de método y contenido en la construcción histórica y en el aprendizaje de la física. Parte I: Historia y filosofía de la física. Parte II: Psicología cognitiva y estrategias docentes, en *Memorias de la Séptima Reunión Nacional de Educación en Física*, pp. 181-194. Argentina: Mendoza.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. (1996). «Las prácticas de física básica en laboratorios universitarios». Versión abreviada de la Tesis Doctoral del mismo nombre. *Revista de Enseñanza de la Física*, Vol. Extraordinario, pp. 5-85.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. (1999). ¿Enseñamos la física como una ciencia de la naturaleza?. *Memorias de la Décimo Primera Reunión Nacional de Educación en la Física* (Mendoza, Argentina), pp. 358-365.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. y COLOMBO de CUDMANI, L. (1992). Los laboratorios de física de ciclos básicos universitarios instrumentados como procesos colectivos de investigación dirigida. *Revista de Enseñanza de la Física*, 5(2), pp. 10-17.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. y COLOMBO DE CUDMANI, L. (1993). Epistemología e historia de la física en la formación de los profesores de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 15(1 a 4), pp. 100-109.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. y COLOMBO DE CUDMANI, L. (1994). Los desencuentros entre método y contenido científico en la formación de los profesores de Física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 7(1), pp. 25-32.
- SALINAS DE SANDOVAL, J., COLOMBO DE CUDMANI, L. y JAÉN DE MADOZZO, M. (1995). Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias facticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 17(1), pp. 55-61.
- SALINAS DE SANDOVAL, J., GIL PÉREZ, D. y COLOMBO DE CUDMANI, L. (1995). La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones, en *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en la Física*, pp. 336-349. (Salta, Argentina).
- SALINAS DE SANDOVAL, J. y GURIDI, V. (2000). «Concepciones epistemológicas sustentadas por estudiantes secundarios de física». Comunicación presentada en las *Segundas Jornadas Nacionales de Epistemología*. Tucumán. Abril de 2000.
- SALINAS DE SANDOVAL, J. y JAEN DE MADOZZO, M. (1991). Tipos de enunciados en física. Un aporte al aprendizaje significativo de la disciplina. *Anales de la Asociación Física Argentina*, 3, pp. 1-4.
- SALTIEL, E. y VIENNOT, L. (1985). ¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los alumnos? *Enseñanza de las Ciencias*, 3(1), p. 137.
- SCHWAB, J.J. (1973). Problemas, tópicos y puntos en discusión, en la compilación de Elam, S. *La educación y la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: El Ateneo.
- VILLANI, A. (1992). Conceptual change in science and science education. *Science Education*, 76(2), pp. 223-237.
- WANDERSEE, J. H. (1986). Can the history of science help science educators anticipate students' misconceptions? *Journal of Research in Science Teach*, 23, p. 325.
- WANDERSEE, J. H. (1992). The Historicity of Cognition: Implications for Science. Education Research. *Journal of Researching Science Teaching*, 29, p. 423.

[Artículo recibido en febrero de 2001 y aceptado en abril de 2004]