

**CONTRIBUCIONES DE LA EPISTEMOLOGÍA DE LAUDAN PARA LA
COMPREENSIÓN DE CONCEPCIONES EPISTEMOLÓGICAS SUSTENTADAS POR
ESTUDIANTES SECUNDARIOS DE FÍSICA**
(Contributions of Laudan's philosophy of science for understanding epistemological
conceptions of high school students)

Verónica Guridi¹

Programa de Post-Graduación en Educación. Facultad de Educación.
Universidad de San Pablo.
05508- San Pablo - Brasil.

Julia Salinas²

Departamento de Física. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología.
Universidad Nacional de Tucumán.
Avda. Independencia 1800 - 4000 Tucumán. Argentina.

Alberto Villani³

Instituto de Física. Universidad de San Pablo.
Rua do Matão, Travessa R, 186.
05508- San Pablo-Brasil.

Resumen

El presente trabajo intenta rescatar las contribuciones de la Epistemología de Larry Laudan para la comprensión de las concepciones epistemológicas sustentadas por estudiantes de Física de enseñanza media. El análisis es realizado a partir de los resultados de investigaciones anteriores (Guridi, 1999; Salinas y Guridi, 2001) en las que fueron estudiadas las relaciones entre concepciones epistemológicas de los estudiantes y la comprensión conceptual alcanzada por ellos en Física Newtoniana. Las epistemologías de los estudiantes resultaron ser mucho más ricas y complejas de lo que estudios anteriores en el área habían mostrado. Ese resultado condujo a la reflexión sobre los posibles factores que tienen influencia sobre la formación de una visión acerca de la Ciencia y del conocimiento científico en los estudiantes y sobre cómo los diferentes componentes se combinan para alcanzar esas complejas epistemologías. Encontramos en la Filosofía de la Ciencia de Larry Laudan un marco teórico plausible para comprender la naturaleza de ese proceso y discutimos esas contribuciones en este trabajo.

Palavras-chave: Filosofía de la Ciencia, Laudan, concepciones epistemológicas, enseñanza media.

Abstract

This work intends to rescue some contributions of Larry Laudan's Philosophy of Science in order to understand epistemological conceptions held by secondary students. The analysis was done retaking the results of previous works (Guridi, 1999; Salinas & Guridi, 2001) which studied some relationships between student's epistemological views and conceptual comprehension in Newtonian Mechanics. Student's epistemological conceptions appeared to be more rich and complex than those described in previous works. This result

¹ Con apoyo del CNPq; e-mail: veguridi@yahoo.com.ar.

² e-mail: jsalinas@herrera.unt.edu.ar - Teléfono: 54-381-4364093 - Interno 307.

³ Con apoyo parcial del CNPq; e-mail: avillani@if.usp.br – Teléfono: 55-11-3091-6860.

lead us to reflect upon possible factors that influence the development of views about Science and scientific knowledge and upon the ways in which the different components are combined to get such complex views of Science. We find in Larry Laudan's Philosophy of Science a plausible theoretical framework which enable us to understand the nature of such process. We discuss these contributions in this work.

Key-words: *Philosophy of Science, Laudan, epistemological conceptions, secondary school.*

Introducción

En el campo de la investigación educativa en Ciencias, en el cual se inserta este trabajo, el término *concepciones epistemológicas* es utilizado para hacer referencia a las ideas sobre la Ciencia y el conocimiento científico. En general, los aspectos metacientíficos suelen recibir poca atención en los planes de estudio de las Ciencias Fáticas en la enseñanza media, pero en el área de investigación educativa en Ciencias mucho es el énfasis colocado – a partir de la década de '70 – a las concepciones epistemológicas de los estudiantes (Hodson, 1993).

Varios estudios revelan que en el final de la enseñanza media los alumnos no alcanzan una comprensión adecuada de la naturaleza de la Ciencia (Lederman, 1992; Vázquez y Manassero, 1999). Esa conclusión se torna preocupante si llevamos en consideración que el saber científico presenta características singulares que lo diferencian del saber que es elaborado espontáneamente en la interacción del sujeto con el mundo natural y social. Por lo tanto, parece razonable conjeturar que una comprensión adecuada de los conocimientos científicos requiere una comprensión también adecuada de las concepciones epistemológicas que actúan como “moldes” en el proceso de su elaboración y validación (Gil, 1993; Salinas, Gil y Cudmani, 1995). Diversos autores sostienen que el modo en que las ciencias fáticas son aprendidas es modelado por (y modela) las concepciones epistemológicas de los alumnos (Ryan y Aikenhead 1998).

El control de la incidencia de esas orientaciones se justifica por la importancia crucial de las cuestiones que ellas posibilitan responder: ¿Qué es lo que las ciencias fáticas nos dicen acerca del mundo real? ¿Cómo son elaboradas las teorías científicas fáticas? ¿Cómo se relacionan la observación y la experimentación con esas teorías? ¿Cómo cambian esas teorías? De esa forma, las dimensiones teoría-método-racionalidad se encuentran, sin lugar a dudas, entre las que articulan la caracterización de cada modelo de ciencia y de conocimiento científico fáctico (Izquierdo, 1996).

Existen otras dimensiones, también centrales para una adecuada comprensión de la epistemología de las ciencias fáticas, que no son contempladas en esos estudios. Algunas han sido mencionadas en trabajos que hacen referencia a las visiones epistemológicas de los docentes (Gil, 1993; Salinas y Cudmani, 1994; Salinas, Cudmani y Jaén 1995) y al modo en que se enseñan las ciencias fáticas (Duschl, 1997), por ejemplo, el carácter esencialmente no rígido de las metodologías científicas, la generalidad, economía, falibilismo (y en consecuencia, la perfectibilidad) del conocimiento científico, el carácter colectivo de la construcción del saber científico, etc. Por lo tanto, esos trabajos están diciendo que, para caracterizar las concepciones epistemológicas de los estudiantes, es necesario hacer uso de una cantidad mayor de dimensiones. Fue con esa visión que en el trabajo desarrollado por Guridi (1999) por uno de los autores de este trabajo fueron investigadas las concepciones epistemológicas de alumnos argentinos que cursaban la Enseñanza Media y relacionadas con la comprensión conceptual alcanzada por esos alumnos en Física. Algunos resultados de esa

investigación pueden ser encontrados también en otros trabajos (Guridi y Salinas, 1999 e 2001; Salinas y Guridi, 1999).

Los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes mostraron que fue muy pertinente elaborar más dimensiones para caracterizar sus epistemologías porque pusieron de manifiesto que ellas son mucho más complejas que lo que los estudios anteriores en el área habían mostrado.

Observando los resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes, comenzamos a preguntarnos: *¿Cómo poder interpretar las complejas epistemologías de los estudiantes? ¿Cómo son formadas las epistemologías de los estudiantes? ¿Por qué algunos resultados previstos no estaban presentes y, en vez de eso, había otras respuestas que evidenciaban un conocimiento más rico bien como una interpretación más amplia de la naturaleza de la Ciencia, y de las formas de producción y validación del conocimiento científico?*

Las ambigüedades, contradicciones y la riqueza en las respuestas de los estudiantes, bien como nuestro deseo de responder a las preguntas anteriores, nos condujeron a procurar un marco teórico que permitiese explicar (o por lo menos comprender) esas complejas epistemologías. Explorando la Filosofía de la Ciencia de Laudan, encontramos algunos elementos teóricos que nos permiten comprender la formación de concepciones epistemológicas con características similares a las encontradas en nuestra encuesta. Este trabajo presenta una nueva contribución de esa Filosofía a la investigación educativa en Ciencias (explorada, por ejemplo, por Duschl & Gitomer, 1991; Villani, 1992; Cudmani, 1997; Ostermann y Prado, 2005).

Metodología de estudio de las concepciones de los estudiantes⁴

Muestra

En el trabajo desarrollado por Guridi (1999) fueron exploradas las visiones acerca de la Ciencia y del conocimiento científico, *a posteriori* de la enseñanza de los contenidos de Mecánica Newtoniana, que eran sustentadas por 43 estudiantes de Física de Enseñanza Media. Esos alumnos estudiaban en dos escuelas con perfiles bastante diferentes, en el distrito de Tandil, provincia de Buenos Aires: 24 frecuentaban una escuela pública que ofrecía enseñanza media de orientación técnica en el turno tarde y 19 en una escuela privada de doble escolaridad que ofrecía enseñanza media con orientación en Economía y Gestión de las Organizaciones.

Dimensiones relevadas en el estudio de Guridi (1999)

El vínculo 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 papel de las anomalías en la confirmación y refutación de teorías científicas, son todos aspectos que han suscitado (y aún suscitan) reflexión por parte de epistemólogos y científicos. Por eso no resultó simple especificar lo que es característico de las ciencias fácticas.

⁴ En esta sección, sintetizamos la metodología desarrollada para estudiar las concepciones epistemológicas de los estudiantes, que es presentada con mayor detalle en otros trabajos nuestros.

En nuestro caso, como la meta era esclarecer la visión epistemológica asociada a la enseñanza de la Física Clásica en el nivel medio, fue posible recortar el campo y la profundidad del debate y dejar afuera aspectos que, aunque interesantes, son propios de estudios referentes a ambientes culturalmente diferentes o pertenecen a otros contextos e/u objetivos (Gil et al., 1999; Smith y Scharman, 1999). Cabe aclarar, no obstante, que las dimensiones y sub-dimensiones relevadas fueron seleccionadas contemplando los puntos que la literatura relativa a las visiones de ciencia de los alumnos apuntaba como elementos clave para una adecuada comprensión de la Física. Es por ello que no todas las dimensiones tienen una relación directa con la epistemología laudanaiana, que en este trabajo está tomada como marco interpretativo y no como punto de partida para la caracterización de esas concepciones.

En el campo de la investigación educativa en ciencias fácticas, diferentes autores destacan la existencia de un consenso sobre algunos aspectos básicos relativos a la naturaleza de las ciencias y de los conocimientos científicos fácticos (Gil, 1983; Gil et al., 1991; Hodson, 1992 y 1993; Izquierdo, 1996; McComas et al., 1998; Duschl, 1998; Salinas, 1999). En consecuencia, las dimensiones epistemológicas controladas fueron:

? *Tipo de **realismo** atribuido al conocimiento científico*, o sea, el tipo de visión sobre la forma en que el conocimiento científico es concebido, siendo que las sub-dimensiones se refieren a tres concepciones sobre el conocimiento: conocimiento como construcción que depende de la interpretación que los científicos construyen sobre la realidad – lo que correspondería a un *realismo científico*; conocimiento concebido como reproducción de las impresiones sensoriales – lo que llamamos *realismo ingenuo*, o como una mezcla entre esas dos visiones opuestas – *visiones mixtas*.

? *Concepciones sobre la forma como “se hacen” las ciencias fácticas (**metodología**)*, dimensión bastante amplia que abarca el proceso por medio del cual las teorías científicas son generadas, validadas, bien como el proceso de cambio de teoría. Como sub-dimensiones fueron elegidas: función atribuida a la experimentación científica; vínculo entre conocimiento científico y percepción sensible; criterios atribuidos a la comunidad científica para el cambio de teoría; tipo de método/s atribuido/s al trabajo científico.

? *Características atribuidas al **conocimiento** científico*, cuyas sub-dimensiones fueron llamadas de *transferibilidad*, *perfectibilidad* y *colectivismo*, atribuidos al conocimiento científico.

Instrumentos

Para coleccionar información empírica sobre las concepciones epistemológicas de los estudiantes fue diseñada una encuesta, tomando como referencia una encuesta elaborada por Halloun y Hestenes (1998), en la cual fueron introducidas algunas modificaciones ya explicitadas en otro trabajo (Guridi y Salinas, 1999). Para limitar la contaminación en las respuestas de los estudiantes fueron elaboradas dos versiones conteniendo los mismos ítems, pero presentados en orden diferente.

Elaboración de las categorías de respuesta

Cada respuesta proporcionada por un estudiante a cada ítem de la encuesta fue numerada por medio de una escala numérica decreciente de números enteros, siendo colocado

el valor 2 (positivo) para una respuesta próxima a la visión científica, y disminuyendo una unidad hasta llegar a -2 (negativo) para una respuesta contraria a la visión científica.

Agrupando los puntajes de ítems relacionados con cada una de las dimensiones relevadas, fueron establecidas escalas numéricas correspondientes a las siguientes categorías para las respuestas de los estudiantes:

? **Realismo**

* **Tipo de realismo sustentado:** *Realismo científico, Realismo ingenuo, Visiones mixtas*, según el grado de adhesión a la idea de que el conocimiento científico fáctico no reproduce exactamente la realidad.

? **Metodología**

* **Papel de la experimentación:** *Visión científica*, para un estudiante que adhiriese a la idea de que en las ciencias fácticas la experimentación desenvuelve una dupla función (generación y control de hipótesis); *Visión reduccionista*, para el caso de un estudiante que adhiriese a la idea de que la experimentación desenvuelve sólo uno de los papeles (o generación o control de hipótesis); *Visión no científica*, en el caso de estudiantes que creyesen que la experimentación no desempeña ninguno de los dos papeles anteriores.

* **Relación entre el conocimiento científico y la experiencia sensible:** *Visión científica, Visión empirista; Visiones mixtas*, según el grado de adhesión a la idea que expresa que el conocimiento científico no está basado en la experiencia sensible.

* **Adhesión al falsacionismo:** *Visión científica, Visión falsacionista ingenua, Visiones mixtas*, según el grado de adhesión a la idea que expresa que los enunciados singulares por sí solos son incapaces de decidir la falsación de un enunciado universal.

* **Existencia de un Método Científico único o de metodologías específicas:** *Visión científica, Visión rígida, Visiones mixtas*, según el grado de adhesión a la idea que expresa que en la actividad científica pueden utilizarse metodologías alternativas, dependientes del problema y del dominio investigado (rechazo a un Método Científico único).

? **Conocimiento**

* **Transferibilidad del conocimiento científico:** *Visión científica, Visión compartimentalizada, Visiones mixtas*, según el grado de adhesión a la idea que expresa que los científicos que estudian fenómenos fácticos clasificados en diferentes ámbitos comparten la utilización de algunas leyes.

* **Perfectibilidad del conocimiento científico:** *Visión científica, Visión “definitiva”, Visiones mixtas*, según el grado de adhesión a la idea que expresa que el conocimiento científico es provisorio, perfectible.

* **Carácter colectivo del conocimiento científico:** *Visión científica, Visión individualista, Visiones mixtas*, según el grado de adhesión a la idea que expresa que la ciencia es un producto social, colectivo.

Resultados más relevantes de ese estudio y discusión

Los resultados completos por dimensión relevada se encuentran detallados en el Anexo 1.

Más de 50 % de las respuestas resultó compatible con una visión realista ingenua sobre la relación entre el conocimiento científico fáctico y el mundo material; casi 75 % de las respuestas sustentaba visiones reduccionistas o no científicas con relación al papel que la experimentación desarrolla en las ciencias fácticas; casi 50 % presentaba visiones empiristas sobre el vínculo entre percepción sensible y teoría científica fáctica. También el porcentaje coherente con visiones falsacionistas ingenuas estaba cerca de 50 % (acerca de la capacidad de enunciados singulares decidir sobre la falsedad de enunciados científicos generales).

Por otro lado, más de 50 % de las respuestas era compatible con una visión científica acerca del método científico y de la transferibilidad del conocimiento científico, así como sobre la perfectibilidad y el carácter colectivo del conocimiento científico.

Lo que resultó más significativo en el análisis de los datos fue la elaboración de cuadros de cruzamiento entre las dimensiones y sub-dimensiones relevadas, para explorar las posibles combinaciones que caracterizasen un “paquete” de visiones en las respuestas de los estudiantes. La elaboración de cuadros de cruzamiento posibilitó saber cuántas respuestas de los estudiantes estaban presentes en cada intersección posible entre las dimensiones y sub-dimensiones relevadas. Los porcentajes de respuestas correspondientes a las intersecciones de las categorías extremas son presentados en los cuadros que constan en el Anexo 2. Así, por ejemplo, fue realizado el cruzamiento entre la dimensión realismo y la dimensión metodología, con sus tres sub-dimensiones. El resultado fue interesante: apareció una concentración de respuestas en las intersecciones *realismo ingenuo / visión reduccionista, realismo ingenuo / empirismo, realismo ingenuo / falsacionismo ingenuo* (ver cuadros I a III en el Anexo 2).

Pero, al mismo tiempo, fue identificada una asociación entre las sub-dimensiones *realismo científico / reduccionismo / empirismo / falsacionismo ingenuo*, resultado que sugiere la presencia de contradicciones en las visiones epistemológicas de los alumnos.

Por otra parte, en lo que se refiere a las dimensiones y sub-dimensiones *metodologías flexibles / transferibilidad / perfectibilidad / colectivismo*, también aparecieron asociadas en las respuestas de los estudiantes (cuadros IV a VI del Anexo 2).

En general, la concentración de respuestas en ese “paquete” de visiones resultó ser compatible con la evidencia empírica presentada en otros estudios (Hodson, 1985; Evans y Schibeci, 1991; Gil, 1993; Halloun y Hestenes, 1998; Tsai, 1998).

Ese análisis más refinado sobre las respuestas de los estudiantes en las diferentes dimensiones que establecimos para analizarlas posibilitó poner en evidencia tanto las contradicciones en las visiones de los estudiantes, bien como los núcleos de mayor alejamiento de las visiones científicas y los núcleos en los cuales ellos estaban más próximos de la Ciencia. Así, en una misma encuesta, correspondiente a un mismo estudiante,

aparecieron afirmaciones que pueden parecer contradictorias. Por ejemplo, un estudiante aceptaba que una experiencia puede derribar una teoría (lo que corresponde a una visión falsacionista ingenua) y, al mismo tiempo, aceptaba que la experimentación en la ciencia apenas puede generar teoría (nunca controlarla), lo que correspondería a una visión reduccionista sobre la naturaleza de la experimentación científica. Otro estudiante sostenía que el conocimiento es copia de la realidad, pero aceptaba que ese conocimiento es perfectible. Entonces, ¿debemos pensar que, para él, la realidad es perfectible o debemos interpretar que el conocimiento es una tentativa perfectible de obtener una copia de la realidad? En fin, contradicciones o ambigüedades como esas estuvieron presentes en gran parte de las encuestas analizadas.

Por otro lado, aún frente a la presencia de contradicciones, los estudiantes mostraron creer de manera sistemática en la inexistencia de un método científico único y en la transferibilidad, perfectibilidad y colectivismo del conocimiento científico. O sea, ellos concebían a la Ciencia como una empresa no elitista ni dogmática, abierta a cambios, aplicable en diversos contextos (o sea, transferible), provisoria y falible, fruto de intercambios y cooperación entre científicos (tarea colectiva).

En síntesis, lo que los resultados del estudio de Guridi (1999) introdujeron como novedad, en el momento en que el estudio fue realizado, fue la aparición de epistemologías más complejas que la simple adhesión a visiones estereotipadas. Ese hecho provocó nuestro interés por la búsqueda de posibles marcos explicativos para esos resultados. Encontramos en la Filosofía de la Ciencia de Larry Laudan un referencial que pudiera tornar inteligibles algunas de las contradicciones encontradas y también las asociaciones de concepciones en “paquetes” en las respuestas de los estudiantes.

La epistemología de Laudan como posible marco interpretativo

Aunque el propósito de este trabajo no sea realizar un análisis de la Filosofía de la Ciencia de Larry Laudan, queremos recuperar las ideas más relevantes de ese autor para intentar comprender el proceso de formación de las visiones acerca de la Ciencia en los estudiantes.

Trabajos anteriores en el área sugirieron que el cambio conceptual en los estudiantes puede ser entendido como un proceso de cambio conceptual gradual, en el cual cambios pequeños en varias partes de las ecologías conceptuales de los estudiantes, a lo largo del tiempo, provocan cambios más radicales (Villani, 1992; Salinas, 1993). Esos trabajos se apoyaban en algunas epistemologías, en particular, en la visión laudaniana de progreso científico. Otros trabajos, basados en otras filosofías, como el de Mortimer (1995), que rescató la idea de “perfil epistemológico” de Bachelard para sugerir el concepto de “perfil conceptual”, también permiten explicar la existencia de diferentes visiones en la mente de los estudiantes.

El problema que se suscitó en este trabajo fue el de poder explicar no solamente visiones diferentes e inclusive contradictorias sobre un mismo aspecto de la actividad científica, sino también comprender si esas contradicciones eran “inteligibles”, porque si aceptamos la idea de racionalidad al modo laudaniano es perfectamente posible entender cómo esas contradicciones pueden manifestarse. En ese sentido, referenciales como el de Mortimer, que está basado en la obra bachelardiana “La filosofía del no”, si bien permiten

comprender la presencia de contradicciones o de visiones de mundo diferentes en un mismo estudiante, no permiten comprender racionalmente el origen de tales contradicciones, por aceptarlas como “naturales” e inherentes al proceso de construcción del conocimiento científico. Retomamos las nociones de “exploración” y de “aceptación” de una teoría, y otros elementos teóricos de la Filosofía de la Ciencia de Laudan, para poder explicar la coexistencia de diferentes concepciones en la estructura cognitiva de los estudiantes y proponer hipótesis sobre su origen.

Para Laudan (1987), la ciencia es una actividad continua de resolución de problemas. La dialéctica de la ciencia consiste en formular teorías que permitan responder a problemas desafiantes, que generen necesidad de resolución en la comunidad científica. Los problemas que se presentan pueden ser de dos naturalezas: problemas empíricos y problemas conceptuales. Los primeros son aquellos que aparecen en la naturaleza: cualquier cosa del mundo natural que nos sorprende y genera necesidad de ser explicada. Por otro lado, los problemas conceptuales son los que se presentan dentro de una teoría o (de forma más general) dentro de un marco teórico determinado. Ese tipo de problemas no surge de la *empíria*, de los hechos; son problemas de inconsistencia lógica dentro de un contexto de indagación o de circularidades o ambigüedades que precisan ser esclarecidas.

Laudan introduce el concepto de “Tradición de Investigación” (TI, en adelante) para comprender la naturaleza del conocimiento científico y el progreso de la Ciencia. Una TI tiene un cierto número de teorías específicas que la componen y la ejemplifican parcialmente, transcurre a través de un cierto número de formulaciones diferentes y tiene generalmente una larga historia durante un período de tiempo considerablemente extenso, a diferencia de las teorías, que son de duración corta.

*“Ella proporciona un conjunto de directrices para el desarrollo de teorías específicas. Parte de esas directrices constituye una ontología que especifica, de modo general, los tipos de entidades fundamentales que existen en el dominio o dominios en que esa tradición se inserta. La función de las teorías específicas dentro de la tradición es la de explicar todos los problemas empíricos del dominio, reduciéndolos a la ontología de la tradición de investigación. La tradición de investigación tiene un **compromiso ontológico**: perfila los diferentes modos en que las entidades de su incumbencia pueden interactuar; un **compromiso metodológico**, porque especifica también los modos de proceder (técnicas experimentales, modos de corroboración empírica, evaluación de teorías, etc.) que son legítimos para un investigador que trabaja en ella. O sea, una tradición de investigación es una **unidad integral**. Esa integridad es la que estimula, define y delimita lo que puede ser considerado como solución para muchos de los problemas científicos importantes”* (ibid, p. 115).

En el proceso continuo de resolución de problemas, las TI’s van evolucionando; ellas son, en términos de Laudan, “*criaturas históricas, creadas y articuladas en un medio intelectual concreto, colaboran en la producción de teorías específicas y – como todas las demás instancias históricas – crecen y declinan*” (ibid, p. 133).

Laudan (1987) identifica dos modos básicos de producción de cambios dentro de una TI: a) por una modificación en alguna de sus teorías específicas subordinadas; b) por una modificación en los elementos nucleares más básicos. O sea, para él, una TI presenta, por lo menos, dos niveles de supuestos bien diferenciados: un primer nivel de los *supuestos centrales*, relacionados con la ontología y la visión de mundo, que delimitan la forma en que ese mundo debe ser estudiado (cuestión metodológica) y un segundo nivel, el de las *teorías*

específicas, desarrolladas para resolver problemas (especialmente los que él denomina problemas empíricos) en dominios determinados. Esos dos niveles, según Laudan, pueden entrar en conflicto, generando problemas conceptuales que precisan ser resueltos.

Para Laudan, una TI nunca permanece inmutable, inclusive en los supuestos centrales. En su desenvolvimiento, ella enfrenta anomalías empíricas y problemas conceptuales. Estos últimos problemas más básicos a veces son resueltos modificando las teorías específicas, pero hay veces en que no es posible modificar la tradición de esa forma y hacer con que los problemas desaparezcan. En particular, los problemas conceptuales tienen gran relevancia, porque son ellos que van a producir los cambios más radicales en las TI's y, como consecuencia, los que provocan un progreso mayor. La contrapartida es que también generan una tensión mayor.

Laudan introduce la posibilidad de no tener una estructura conceptual coherente: las teorías específicas pueden entrar en conflicto con los supuestos más centrales de las TI's, situación no admisible, por ejemplo, en las propuestas de Kuhn (1971) y Lakatos (1979). O sea, Laudan flexibiliza la relación entre el núcleo y el cinturón protector. A diferencia de la visión de Lakatos, Laudan admite que el cinturón no siempre está presente para proteger el núcleo, también puede cuestionarlo. En ese proceso de cambio, hay una *evolución natural* de la TI, que presenta características de *continuidad*, ya que en el tránsito entre una formulación y la siguiente, muchos de los supuestos centrales son conservados; sin embargo, debemos hablar de *continuidad relativa* entre diferentes etapas del proceso: si una TI ha experimentado muchas modificaciones a lo largo del tiempo, habrá muchas discrepancias entre la ontología y la metodología de su antigua formulación y las de la nueva. De esa manera, mirando retrospectivamente, parecería que nos estamos más enfrente a la misma TI.

Laudan es racionalista: sustenta que existen criterios racionales para la elección entre TI's rivales. La noción de progreso en la Filosofía de la Ciencia de Laudan involucra dos aspectos complementares: el *progreso general* de una TI (determinado por la comparación de su efectividad en la resolución de problemas a través de sus sucesivas formulaciones) – y la *tasa de progreso*, que tiene que ver con la rapidez en que la TI cambia para adecuarse momentáneamente a los problemas que aparecen en un período de tiempo específico. Según el autor, para valorizar los méritos de las TI's, es más importante preguntarse si ellas constituyen soluciones adecuadas para problemas relevantes que preguntarse si son “verdaderas”, si están corroboradas o son justificables por algún método. Laudan lleva la decisión racional al plano de la resolución de problemas, pronunciándose en contra de las filosofías de la Ciencia que conciben una “verdad por correspondencia con los hechos”, visiones de aproximación lineal a la verdad y de las filosofías relativistas, que no aceptan criterios racionales de elección entre teorías.

Laudan identifica dos modos de evaluación de las teorías y tradiciones de investigación: la **aceptación** y la **utilización**. *Aceptar* una teoría significa considerarla como si fuese verdadera, o sea, elegirla porque resolvió los problemas mejor que la rival. *Utilizar* una teoría, aunque sin aceptarla, significa explorarla en determinadas circunstancias por tener buenas razones para eso: por ejemplo, porque esa teoría tiene una tasa de progreso mejor que las rivales. El caso de Planck es ejemplar: entre 1905 y 1910 él consideraba la teoría del electrón más sólida y aceptable, sin embargo trabajó en la teoría de la Relatividad dando contribuciones importantes.

Laudan introduce el modelo de reticulado para explicar los tipos de cambios (complejos, no lineales) que pueden producirse en el desarrollo del conocimiento científico. A continuación, presentamos una síntesis de las ideas centrales de ese modelo, extraídas del trabajo de Cudmani (1997).

El autor rescata la importancia de las metas de la Ciencia, que aparecen integradas en un modelo reticular para comprender la naturaleza de la empresa científica. Ese modelo propone un proceso de cambio bien complejo, de ajustes mutuos, que no acontecen todos en forma simultánea y en el cual ningún tipo de cambio es privilegiado en el sentido de marcar el comienzo de un ciclo o proceso de cambio.

El modelo se apoya en tres vértices: las teorías, las metodologías y, por último, las metas y valores de la Ciencia. Este tercer vértice tiene que ver con las visiones de mundo dominantes en un determinado momento histórico. Entre esos tres elementos existen fuertes relaciones, ya que los métodos justifican las teorías, las teorías restringen y limitan las metodologías, los fines y las metas justifican la elección de metodologías, así como las metodologías evidencian la factibilidad de los fines. Las teorías, por su parte, deben armonizar con los fines y valores de la Ciencia.

Por medio de ese modelo, la racionalidad científica no es vista como un proceso jerárquico de justificación. Los cambios no son holísticos, dado que un determinado elemento puede cambiar sin que los demás componentes del modelo hayan cambiado. Por ejemplo, puede haber un cambio en las concepciones cuando una nueva teoría aparece siendo más promisoría para satisfacer las metodologías aceptadas por la comunidad; un cambio en las metas y valores tiene lugar cuando, por ejemplo, los objetivos propuestos inicialmente son inalcanzables o van en contra de las teorías aceptadas por la comunidad.

Una analogía entre las concepciones de los estudiantes y las tradiciones de investigación

En este trabajo estamos proponiendo una analogía entre una TI y una concepción epistemológica. En los párrafos que siguen, intentaremos mostrar los puntos en los que la analogía funciona (que hemos denominado “puntos fuertes”) y los límites de esa analogía.

Los puntos fuertes de la analogía

Un primer punto fuerte es que una tradición de investigación laudiana puede ser comparada con una concepción epistemológica en el sentido de que *ambas responden a una determinada concepción de mundo*, una determinada forma de concebir el proceso de construcción del conocimiento científico.

Un segundo punto fuerte que permite sustentar la analogía se refiere al carácter de los supuestos: la TI tiene *dos niveles de supuestos*, como comentamos antes, o sea, *los supuestos centrales y las teorías específicas*. También una concepción epistemológica presenta dos niveles de supuestos: aquellos que tienen que ver con conceptos medulares referentes a una determinada concepción de mundo, como el realismo, la relación entre la teoría y la percepción sensible, o sea, el empirismo, y otros que serían comparables a las teorías específicas: la perfectibilidad del conocimiento científico, el carácter colectivo del conocimiento, la transferibilidad, por mencionar algunas.

Para ilustrar mejor la analogía trazada, proporcionamos un ejemplo⁵ de una concepción epistemológica de un estudiante, tomada como TI, identificando los supuestos centrales y las teorías específicas que la conforman.

Nombre de la tradición: Realismo ingenuo.

Supuestos centrales: Realismo ingenuo, empirismo.

Teorías específicas: Perfectibilidad del conocimiento científico, falsacionismo, carácter colectivo del conocimiento.

Es decir, estamos proponiendo el ejemplo de un estudiante que acredite en el realismo ingenuo y en el empirismo, que sea falsacionista ingenuo y, al mismo tiempo, que admita que el conocimiento científico es perfectible y producido colectivamente.

Toda tradición presenta compromisos metafísicos y metodológicos. Así, para el caso de esta tradición podemos identificar los siguientes compromisos:

Compromisos metafísicos:

- a) El conocimiento científico es una copia fiel de la realidad.
- b) El mundo es un conjunto de hechos cognoscibles por observación directa de la realidad.
- c) Las causas de los hechos son observables directamente.

Compromisos metodológicos:

- a) El conocimiento científico se obtiene a través de la observación directa de los hechos.
- b) Las leyes científicas se obtienen por inducción.
- c) Si un experimento contradice una teoría, ésta debe tomarse como falsa.

Un tercer punto fuerte de la analogía tiene que ver con la *racionalidad*. Aceptando que las concepciones epistemológicas son TIs podemos comprender el proceso de formación de esas concepciones apelando a la actividad científica como resolución de problemas, punto central de la epistemología laudaniana. Los resultados encontrados, discutidos en la sección siguiente, muestran que la visión laudaniana de progreso es compatible con la visión pragmática de los estudiantes, para quienes la presencia de contradicciones parece no interferir en su actividad de aprendizaje de la Ciencia.

Los límites de la analogía

Si bien la exposición anterior nos permite aceptar que la analogía funciona, es conveniente destacar los límites que esta, como toda analogía, presenta.

Una primera cuestión tiene que ver con el concepto de teoría específica. Si bien aceptamos el término para caracterizar concepciones no tan medulares en las visiones de

⁵ Hay otras TIs encontradas en los estudiantes, pero por razones de espacio, y para no dificultar la lectura, presentamos apenas un ejemplo, ya que la intención del trabajo es mostrar cómo puede ser formada esa tradición de forma peculiar.

ciencia de los estudiantes, debemos aclarar que para Laudan el concepto de teoría específica remite a teorías más complejas que meras concepciones aisladas (por ejemplo, la Física Cuántica como tradición de investigación tiene varias teorías específicas, como la Física Nuclear, la Física de Partículas, entre otras (Ostermann y Prado, 2005); la teoría electromagnética clásica tiene como teorías específicas la teoría de la conductividad eléctrica, las leyes de Kirchoff, entre otras).

Otro límite de la analogía se relaciona con el carácter de la actividad. Laudan se refiere a la actividad científica como un continuo de resolución de problemas dentro de una tradición con determinados compromisos teóricos y metodológicos. En el caso de los estudiantes, su actividad no tiene el compromiso teórico o metodológico que tiene la actividad del científico. Las tradiciones de investigación estudiantiles se van formando por influencia de diferentes tipos de actividades, como debates epistemológicos en la escuela, actividades de resolución de problemas, lecturas en los medios de comunicación, entre otras. Resultados de investigaciones anteriores, por ejemplo, Guridi (1999), muestran que las visiones sobre Ciencia de los alumnos son más próximas de las científicas en escuelas que colocan un énfasis mayor en la discusión de tópicos de Epistemología, aunque no de forma explícita, sino vinculada a las tareas escolares. Los científicos que trabajan en una misma tradición, comparten ideas y las discuten, siempre dentro de determinados compromisos teóricos y metodológicos. No tenemos evidencias de que este proceso ocurra entre los estudiantes, para quienes más bien, la discusión generalmente está orientada por cuestiones prácticas de resolución de actividades propuestas por el profesor.

Aplicando la analogía para comprender la formación de las concepciones de los estudiantes

Utilizando la analogía entre una TI y una concepción epistemológica, podemos comprender por qué un estudiante que aparece como realista ingenuo puede también acreditar en un cambio de teorías, admitiendo que el conocimiento es perfectible. Podemos interpretar que los cambios en las epistemologías estudiantiles son producidos al nivel de las “teorías específicas”, por influencia de varios factores, entre ellos, los medios de comunicación, los libros de divulgación, los propios docentes, que muestran los nuevos avances científicos, el derribamiento de teorías como hecho normal, etc. Entonces, la teoría específica vinculada a la perfectibilidad del conocimiento científico es modificada en función de las anomalías (el estudiante puede saber que la Relatividad derribó a la Mecánica Newtoniana, por ejemplo, y ese hecho precisa ser explicado en su mente). Pero no por eso su visión de mundo es abandonada: él puede continuar pensando que los edificios teóricos son producto de una copia fiel de la realidad. Al final de cuentas, un científico puede copiar esa realidad de maneras diferentes en momentos diferentes de su vida. Esa situación, en la cabeza de los estudiantes, es perfectamente posible. También puede seguir afirmando que la experimentación no controla la teoría, fruto de la intuición genial de algún científico, y ser falsacionista ingenuo en relación a las hipótesis comunes, porque esas dos ideas pueden ser elementos de diferentes TI's que se combinaron en el transcurso de la evolución del conocimiento del alumno, aunque resulten incompatibles para un docente o un investigador en Física, por ejemplo.

Los cambios en las visiones epistemológicas de los estudiantes

El análisis anterior nos invita a reflexionar sobre la forma en que los cambios en las visiones epistemológicas de los estudiantes se van produciendo. Análogamente a la perspectiva de Laudan, para quien la presencia de coherencia entre el núcleo de una TI y sus teorías específicas no es un requisito y un cierto nivel de incoherencia es lo normal y no lo extraordinario, los elementos de diferentes TI's rivales (por ejemplo, realismo ingenuo y realismo científico) pueden combinarse de una manera muy compleja en la mente de los estudiantes, sin formar redes conceptuales coherentes.

¿Por qué las visiones no científicas sobre cuestiones como realismo, falsacionismo, empirismo, reduccionismo, aún permanecen en la mente de los estudiantes, aunque ellos estén sumergidos en un mundo donde las cosas acontecen de una forma diferente y los científicos construyen modelos en vez de copiarlos? ¿Por qué esos mismos estudiantes creen en la perfectibilidad, transferibilidad y colectivismo del conocimiento científico?

Creemos que el primer “paquete” de visiones tiene que ver con conceptos nucleares, medulares en las epistemologías de los estudiantes que probablemente forman parte de los núcleos de las “TI's” de los estudiantes y, por esa razón, son visiones resistentes a cambios. Sin dudas, la cuestión del realismo hace referencia a una forma particular de ver el mundo y, en consecuencia, a una forma particular de concebir el conocimiento. El empirismo, según el cual el estudiante otorga una importancia inadecuada a la experiencia en la generación de conocimiento, está muy relacionado con la visión realista ingenua de la realidad, porque si admitimos que un realista ingenuo conoce la realidad desvelándola, esa realidad se mostrará a través de experiencias que darán lugar a la aparición de nuevos conocimientos. El reduccionismo aparece ligado a las visiones anteriores en lo que se refiere a la generación de teoría: la experiencia científica genera hipótesis, lo que resulta consistente con las dos visiones anteriormente detalladas. Por último, el falsacionismo. ¿Por qué aparece asociado con las dimensiones anteriores? Creemos que es por el hecho de estar vinculado a la sobrevalorización de la experiencia sensible en el control de hipótesis, aunque muchos estudiantes solamente reconozcan, como comentamos antes, la experiencia como generadora de teoría. Lo importante es que, entre los estudiantes que admitieron esta segunda función de la experimentación como control, la gran mayoría manifestó ser realista ingenuo / empirista / falsacionista ingenuo. Esto favorece la hipótesis de que esas ideas podrían formar una red de creencias.

¿Qué podemos afirmar acerca del segundo “paquete” donde las epistemologías de los estudiantes están más próximas de las científicas? Parecería que este segundo grupo de visiones no tendría una ligación tan próxima entre sí, sino que esas visiones serían formadas, en gran parte, por la yuxtaposición de elementos – bien como por asociaciones más complejas – que se produce al nivel de las teorías específicas, por influencia de los medios, del profesor del curso, de la trayectoria anterior del estudiante en lo relativo a la lectura en el área de Filosofía de la Ciencia y de características de la escuela. Este último factor parece estar bastante presente en la formación de las visiones de los estudiantes, ya que notamos diferencias más significativas en las dimensiones ligadas a este segundo “paquete” para los alumnos que frecuentaban las dos escuelas, siendo que los alumnos de la escuela privada con doble escolaridad presentaron puntajes más elevados que los de los alumnos de la otra escuela. Atribuimos esa diferencia a ese tipo de factores mencionados antes. La escuela privada tenía en su currículo algunos tópicos en Filosofía de la Ciencia, aunque no con ese nombre. Es decir, no había una materia específica, pero los alumnos participaban activamente

en la elaboración y ejecución de proyectos de investigación y, en ese proceso, solían discutir con sus profesores cuestiones vinculadas a la Filosofía de la Ciencia.

La racionalidad

Ahora, ¿cómo podemos explicar que los estudiantes acepten y utilicen concepciones que pueden ser contradictorias o, por lo menos, inadecuadas desde el punto de vista de la Ciencia? Para explicar esa situación, resulta adecuado remitirse a la noción de progreso científico en la Filosofía de Laudan.

El diferente tratamiento dado a los dos “paquetes” de epistemologías de los estudiantes parece estar en resonancia con los dos modos de evaluación de las teorías y tradiciones de investigación identificados por Laudan: la **aceptación** y la **utilización**. Los estudiantes aceptan el primer “paquete” porque es aquel que mejor resuelve sus problemas cotidianos; no obstante, en determinadas circunstancias, como las del aula, reconocen en el “paquete” científico una mayor tasa de progreso a partir del soporte que sus profesores le dieron.

Por último, consideramos que las ideas de Laudan sobre el *modelo de reticulado* pueden contribuir para la elucidación de las alteraciones en los diversos componentes de las concepciones de los estudiantes.

Nos parece particularmente útil interpretar los cambios producidos en las concepciones estudiantiles a través de las ideas de *cambio no holístico* y de la *inexistencia de un proceso jerárquico de justificación*. Eso parecería evidenciarse cuando exploramos las visiones de los estudiantes, que se basan en valores diferentes de los científicos: la búsqueda de coherencia, la tentativa de solución de las anomalías y de problemas conceptuales para disminuir la tensión entre de las tradiciones son actitudes propias de los científicos, pero parecen no ser tan relevantes en la visión de los estudiantes. La racionalidad, para ellos, estaría basada en criterios y valores bastante distantes de los que animan el trabajo de los científicos.

Esos resultados son coherentes con los de otros trabajos de pesquisa en el área, referentes al cambio conceptual. Después de todo, cambiar la visión de ciencia (de visiones menos científicas para visiones más próximas a las científicas) es también un proceso de cambio conceptual relacionado a la racionalidad. Entrevistas didácticas realizadas con estudiantes sobre colisiones en Mecánica (Villani y Orquiza, 2005) mostraron que las ideas iniciales de los estudiantes evolucionan en forma diferente de acuerdo con la edad escolar: la búsqueda de coherencia y la referencia al conocimiento científico no parecen ser características de alumnos en el inicio de la enseñanza media; por el contrario, solamente al final – en alumnos de 17 o 18 años, parece haber un desplazamiento y los estudiantes tienen un deseo de encontrar un acuerdo entre sus ideas y los modelos científicos, mostrando que el conocimiento científico se tornó referencia.

El proceso de formación de las visiones de ciencia en los estudiantes parece ser análogo al de adquisición de conocimiento científico: las inconsistencias no son percibidas, y cuando lo son, no generan angustia en estudiantes de 15 años, para los cuales las

*representaciones mentales*⁶ referentes a las colisiones serían formadas para “dar cuenta de los fenómenos”, sin precisar elaborar modelos explicativos más globales (Orquiza y Villani, 1996; Villani y Orquiza, 2005).

Comentarios finales

El trabajo presentado aquí no pretende ser ni exhaustivo ni conclusivo, sino apenas el comienzo de la exploración del marco teórico ofrecido por la Filosofía de la Ciencia de Laudan para la comprensión de la formación de visiones de Ciencia en los estudiantes. Creemos que este trabajo puede dar una contribución más para el conjunto de las posibles “aplicaciones” o “constataciones” de las ideas de Laudan, pero también pensamos que aún es necesario mucho trabajo teórico para poder realizar afirmaciones más conclusivas.

De acuerdo con Laudan, la racionalidad humana parece consistir más radicalmente en obedecer a la ‘ley’ que manda resolver problemas con continuidad, no importando si para hacer eso el científico individual tiene que aferrarse a la fantasía de descubrir la verdad, o de mejorar el mundo, o de realizar su sueño de gloria. En nuestra interpretación, también los estudiantes parecen guiados por el deseo de resolver problemas. No obstante, la búsqueda de explicaciones coherentes y progresivamente más generales no sería una característica inicial de este deseo, sino más bien el resultado eventual de una formación sistemática.

De esta forma, el análisis presentado aquí coloca en evidencia dos cuestiones que, en nuestra opinión, serían aspectos importantes para la planificación y ejecución de la educación científica: 1) es importante rescatar las concepciones de los estudiantes con cautela y procurar entender la racionalidad que las sustenta; 2) también es preciso explicitar para ellos cuáles son los valores, las metas y las metodologías de la Ciencia.

Una forma posible de realizar lo que proponemos sería discutir sistemáticamente con los alumnos, en el aula, el proceso de construcción de los conocimientos científicos, actividad muy enfatizada en la investigación educativa en Ciencias, pero probablemente poco trabajada al nivel del aula. Nuestra sugestión apunta también para un criterio de evaluación del aprendizaje con metas a largo plazo, pero que esté atento a las pequeñas modificaciones locales. Difícilmente grandes resultados podrán aparecer a corto plazo, sin embargo, indicios de respuestas compatibles con una visión más científica deben ser valorizados, porque ellos serán el punto de partida para nuevos resultados. En otras palabras, estamos sugiriendo que sin un trabajo constante sobre este aspecto a lo largo de la educación en Ciencias, las visiones de los estudiantes sobre la empresa científica serán afectadas solamente al nivel de las creencias más superficiales, pero de ninguna manera al nivel del núcleo de sus concepciones, lo que con seguridad tornará el aprendizaje de la Ciencia poco significativo.

⁶ Los autores distinguen entre las *representaciones fenomenológicas*, que son referentes a los experimentos y a los correspondientes modelos espontáneos que los interpretan; y las *representaciones formales*, que son representaciones teóricas construidas por los estudiantes a partir de la introducción, por parte de la entrevistadora, de las varias formulaciones de los principios de conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética. De esa forma, los estudiantes de 15 años consiguen elaborar apenas representaciones fenomenológicas, siendo que en edad más avanzada, las representaciones van adquiriendo un carácter más formal.

Referencias

- CUDMANI, L. (1997) Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2): 327-331.
- DUSCHL, R.A. (1997) *Renovar la Enseñanza de las Ciencias*. Narcea. Madrid.
- DUSCHL, R.A. (1998) La valoración de argumentaciones y explicaciones: promover estrategias de retroalimentación. *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1): 3-20.
- DUSCHL, R. y GITOMER, D. (1991). Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(9): 839-858.
- EVANS, M. y SCHIBECI, R. (1991) Assessing some student views about science. *The Australian Science Teachers Journal*, 37(4): 69-71.
- GIL, D. (1983) Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(1): 26-33.
- GIL, D. (1993) Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(2): 197-212.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., FURIÓ, C. y MARTÍNEZ, J. (1991) *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. ICE/Horsori. Madrid.
- GIL, D., CARRASCOSA, J., DUMAS CARRÉ, A., FURIÓ, C., GALLEGO, R., GENÉ, A., GONZÁLEZ, E., GUIÁSOLA, J., MARTÍNEZ, J., PESSOA, A.M., SALINAS, J., TRICÁRICO, H. y VALDÉS, P. (1999), ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3): 503-512.
- GURIDI, V. (1999) *¿Puede vincularse la comprensión conceptual en Física con el 'perfil epistemológico' de un estudiante? Tesis de Maestría*. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- GURIDI, V. y SALINAS, J. (1999) El 'perfil epistemológico' en la enseñanza de la física clásica. *Memorias de la Décimo Primera Reunión Nacional de Educación en la Física*. Mendoza, Argentina, pp. 125-134.
- HALLOUN, I. y HESTENES, D. (1998) Interpreting VASS Dimensions and Profiles. *Science & Education*, 7(5): 450- 465.
- HODSON, D. (1985) Philosophy of science, science and science education. *Studies in Science Education*, 12: 25-57.
- HODSON, D. (1992) Assessment of practical work. Some considerations in philosophy of science. *Science and Education*, 1(2): 115-144.
- HODSON, D. (1993) Philosophic stance of secondary school science teachers, curriculum experiences and children's understanding of science: some preliminary findings. *Interchange*, 24, 1-2: 41-52.
- IZQUIERDO, M. (1996) Relación entre la historia y la filosofía de la ciencia y la enseñanza de las ciencias. *Alambique*, 8: 7-21.
- KUHN, T. S. (1971) *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. México.

- LAKATOS, I. (1979) O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. En: LAKATOS, I. & MUSGRAVE, A. (Org.): *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento* Cultrix, São Paulo pp. 109-243.
- LAUDAN, L. (1987) *El progreso y sus problemas*. Ediciones Encuentro. Madrid.
- LEDERMAN, G. (1992) Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29: 331-359.
- MCCOMAS, W.F., ALMAZROA, H. y CLOUGH, M.P. (1998) The nature of science in science education: an introduction. *Science & Education*, 7 (6): 511-532.
- MORTIMER, E.F. (1995) Conceptual Change or Conceptual Profile Change?. *Science & Education*, 4(3): pp. 267-285.
- ORQUIZA DE CARVALHO, L. y VILLANI, A. (1996) Aprendizagem dos princípios de conservação em entrevistas didáticas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1). Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.
- OSTERMANN, F. y PRADO, S. (2005) A Física Quântica como uma tradição de pesquisa: análise a partir da epistemologia de Larry Laudan. *Atas do V ENPEC* (CD ROM) - Nº 5. 2005 - ISSN 1809-5100.
- RYAN, A. G. y AIKENHEAD, G. S. (1998) Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science & Education*, 7 (6): 559-580.
- SALINAS, J. (1993) ¿Cómo se produce el cambio conceptual en el aula? (Documento de trabajo. Inédito).
- SALINAS, 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, J. y 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): 25-32.
- SALINAS, J., CUDMANI, L. y JAEN, M. (1995) Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 17(1): 55-61.
- SALINAS, J., GIL D. y CUDMANI, L. (1995), La elaboración de estrategias educativas acordes con un modo científico de tratar las cuestiones. *Memorias de la Novena Reunión Nacional de Educación en la Física*. Salta, Argentina, pp. 336-349.
- SALINAS, J. y GURIDI, V. (2000) Concepciones epistemológicas sustentadas por estudiantes secundarios de Física. *Actas del II Encuentro de Historia y Filosofía de la Ciencia del Cono Sur*. Universidad Nacional de Quilmes. Quilmes, Buenos Aires, Argentina.
- SMITH, M.U. y SCHARMAN, L.C. (1999) Defining versus describing the nature of science: a pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, 83(4): 493-509.
- TSAI, C. (1998) An Analysis of Scientific Epistemological Beliefs and Learning Orientations of Taiwanese Eighth Graders. En: *Science Education*, 82(4): 473-489.

- VÁZQUEZ ALONSO, A. y MANASSERO MAS, M. A. (1999) Características del conocimiento científico: Creencias de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(3): 377-395.
- VILLANI, A. (1992) Conceptual Change in Science and Science Education. *Science Education*, 76(2): 223-237.
- VILLANI, A. y ORQUIZA DE CARVALHO, L. (2005) Modelos mentais e subjetividade na aprendizagem de Física. Sometido a arbitraje para publicación en la revista *Investigações em Ensino de Ciências*.

ANEXO 1
RESULTADOS (POR DIMENSIÓN RELEVADA) DE LA ENCUESTA SOBRE
PERFIL EPISTEMOLÓGICO

Cuadro I – Resultados para la dimensión Realismo (N = 43)

Categoría correspondiente a las respuestas	n	%
Realismo científico (RC)	9	21
Realismo ingenuo (RI)	23	53
Visiones mixtas (VM)	11	26

Cuadro II – Resultados para la dimensión Metodología (N = 43)

Categoría correspondiente a las respuestas	n	%	
Experimentación	Visión científica (VC)	2	5
	Visión reduccionista (VR)	26	60
	Visión no científica (NC)	6	14
	No responde / Confuso	9	21
Percep. sensible	Visión científica (VC)	5	12
	Visión empirista (VE)	20	46
	Visión mixta (VM)	18	42
Cambio de teoría	Visión científica (VC)	11	26
	Visión falsacionista ingenua (FI)	20	46
	Visión mixta (VM)	12	28
Método	Visión científica (VC)	23	54
	Visión rígida (VR)	6	14
	Visión mixta (VM)	13	30
	No responde / Confuso	1	2

Cuadro III – Resultados para la dimensión Conocimiento (N = 43)

Categoría correspondiente a las respuestas	n	%	
Transferibilidad	Visión científica (VCi)	22	51
	Visión compartimentalizada (VCo)	4	9
	Visión mixta (VM)	17	40
Perfectibilidad	Visión científica (VC)	27	62
	Visión definitiva (VD)	11	26
	Visión mixta (VM)	5	12
Colectivismo	Visión científica (VC)	26	60
	Visión individualista (VI)	11	26
	Visión mixta (VM)	6	14

ANEXO 2

CUADROS DE CRUZAMIENTO DE LAS DIMENSIONES Y SUB-DIMENSIONES DE LA VARIABLE “PERFIL EPISTEMOLÓGICO”

Observación: Las celdas en blanco indican porcentajes poco significativos (menores que 5%) o inexistentes (0%). Las celdas en gris indican asociaciones más fuertes (porcentajes mayores que 20%).

Cuadro 1 – Cruzamiento entre la dimensión Realismo y las tres sub-dimensiones de la dimensión Metodología

		Metodología					
		Experimentación		Percep. sensible		Cambio de teoría	
		VC	VR	VC	VE	VC	FI
Realismo	RC			5 %		9 %	
	RI		35 %		23 %		23 %

Cuadro II – Cruzamiento entre las sub-dimensiones “Experimentación” y las sub-dimensiones “Percepción sensible” y “Cambio de teoría” de la dimensión Metodología

Metodología		Percep. sensible		Cambio de teoría	
		VC	VE	VC	FI
Experimentación	VC				
	VR		33 %		26 %

Cuadro III – Cruzamiento entre las sub-dimensiones “Percepción sensible” y “Cambio de teoría”, ambas correspondientes a la dimensión Metodología

Metodología		Cambio de teoría	
		VC	FI
Percepción sensible	VC		
	VE		23 %

Cuadro 1V – Cruzamiento entre la sub-dimensión “Método” de la dimensión Metodología y las tres sub-dimensiones de la dimensión Conocimiento

		Conocimiento					
		Transferibilidad		Perfectibilidad		Colectivismo	
Metodología		VCi	VCo	VC	VD	VC	VI
Método	VC	26 %		37 %		37 %	
	VR				9 %		5 %

Cuadro V - Cruzamiento entre la sub-dimensión “Transferibilidad” de la dimensión Conocimiento y las otras sub-dimensiones de la misma dimensión

Conocimiento		Perfectibilidad		Colectivismo	
		VC	VD	VC	VI
Transferibilidad	VC	33 %		28 %	
	VD				5 %

Cuadro VI - Cruzamiento entre la sub-dimensión “Perfectibilidad” y la sub-dimensión “Colectivismo”, ambas de la dimensión Conocimiento

Conocimiento		Colectivismo	
		VC	VI
Perfectibilidad	VC	40 %	
	VD		9 %