

---

## LA CIENCIA COMO ACTIVIDAD DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS: LA EPISTEMOLOGÍA DE LARRY LAUDAN Y ALGUNOS APORTES PARA LAS INVESTIGACIONES EDUCATIVAS EN CIENCIAS<sup>++1</sup>

---

*Marta A. Pesa*

Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología  
Universidad Nacional de Tucumán

Tucumán - Argentina

*Fernanda Ostermann*

Instituto de Física – UFRGS

Porto Alegre - RS

### **Resumen**

*En este trabajo se analizan las concepciones epistemológicas de Larry Laudan referidas al desarrollo del conocimiento científico a fin de aportar nuevas cuestiones referidas a las nociones de racionalidad y progreso científico que favorezcan la comprensión y explicación de los procesos de cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias.*

**Palabras-chave:** *Epistemología; concepciones de Larry Laudan; educación en ciencias.*

---

<sup>+</sup> Science as a problem-solving activity: the epistemology of Larry Landau and some contributions to educational investigations in the science

<sup>\*</sup> *Recibido: agosto de 2000.*

*Aceito: noviembre de 2000.*

<sup>1</sup> Este artículo está basado en un trabajo preliminar de M. Pesa publicado por Moreira et al (Org.). Actas I Escuela de Verano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias, Programa de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Universidad de Burgos, Burgos, España.

## **Abstract**

*This work analyses the epistemological concepts of Larry Laudan related to the development of scientific knowledge with the aim of raising new questions related to the notions of rationality and scientific progress, that will aid understanding and explanation of the processes of conceptual change in learning in the sciences.*

**Keywords:** *Epistemology; Larry Laudan' ideas; science education.*

## **I. Introducción**

Al analizar el desarrollo de la construcción social del conocimiento científico puede verse que las teorías científicas son los cimientos de las ciencias. Ellas constituyen las estructuras racionales que los científicos desarrollan para interpretar, explicar y predecir el mundo que nos rodea.

De este examen también parece claro que las teorías progresan con el tiempo. Las nuevas teorías, a menudo, se reciben con cierto escepticismo y cautela y, sólo unas pocas, logran el reconocimiento y la aceptación de la comunidad de investigadores. Otra característica de este proceso es que, frecuentemente, las nuevas teorías sustituyen a las antiguas (Duschl 1997).

Podemos entonces preguntarnos: ¿cómo ocurre este proceso de sustitución?, ¿qué criterios son utilizados para guiar la sustitución de una teoría por otra?, ¿progresa realmente la ciencia?, ¿son nuestras ideas acerca de la naturaleza realmente dignas de crédito?, ¿son algunas creencias acerca del mundo más racionales que otras? Cuestiones como estas trascienden los límites de los campos de las disciplinas especializadas.

La historia de las Ciencias también ha mostrado que ciertas explicaciones llegan a alcanzar un mérito científico (por ejemplo, la teoría heliocéntrica de Copérnico), mientras que otras surgen como mistificaciones y terminan siendo rechazadas por la comunidad científica (por ejemplo, la teoría de Von Daniken que postulaba que vida inteligente visitó la Tierra siglos atrás, dejando las pirámides y otras construcciones antiguas) (op. cit.). De ello se desprende que, una de las tareas que enfrentamos como profesores de ciencias e investigadores en enseñanza de las ciencias es poder discriminar entre las ideas pseudocientíficas y las ideas científicas (Bunge 1969).

El status de una teoría es un problema complejo de abordar. Por una parte, las teorías son las piedras angulares de las ciencias: determinan las cuestiones a

investigar, las metodologías y los criterios de aceptación o rechazo de resultados de investigación. Pero, por otra parte, la historia de las Ciencias muestra claramente que hay épocas de consenso sobre el status de las teorías, y otras de gran conflicto. Así Duschl (1997) afirma “*hay épocas en que los científicos coinciden y épocas en que los científicos coinciden en discrepar*”.

El examen de las características del crecimiento y el cambio de teorías proporcionará a los investigadores en educación en ciencias criterios y pistas para formular modelos de enseñanza y aprendizaje más fructíferos y eficientes superadores de una concepción de ciencia en la que el crecimiento científico se supone como simple adición de nuevas ideas, teorías y hechos a los antiguos y, al quehacer científico como una actividad de constantes acuerdos entre investigadores.

Es importante señalar que el trabajo de Laudan surge como una confrontación directa a la tesis kuhniana (Kuhn 1971; Villani 1986; Ostermann, 1996) de incomunicabilidad e incomensurabilidad entre paradigmas y como un intento de salvar la racionalidad de las ciencias. Es también una confrontación con las ideas de Lakatos (1989), en la medida en que Laudan reconoce que los cambios no están centrados solamente en aspectos empíricos más también en aspectos conceptuales.

Kuhn (1971) sostiene que cuando la comunidad científica discute sobre teorías rivales “*inevitablemente ven de manera diferente alguna de las situaciones experimentales u observacionales a las que tienen acceso. Sin embargo, como los vocabularios en que discuten tales situaciones constan predominantemente de los mismos términos, tales términos tienen que estar remitiendo a la naturaleza de una manera distinta*”. Ello implica que la transición hacia un nuevo paradigma constituye para Kuhn una discontinuidad en el desarrollo científico, ya que no hay posibilidad de commensurabilidad entre las teorías en juego, imposibilitándose una evaluación racional entre paradigmas competitivos. “*Las justificaciones para esta incommensurabilidad (de Kuhn) son varias: las teorías que compiten pueden obedecer a concepciones de ciencia diferentes; pueden utilizar términos comunes o conceptos análogos, pero con significados diferentes (pues el contexto teórico define mediante diferentes relaciones sus conceptos teóricos); pueden presuponer diferentes visiones del mundo con diferentes aparatos conceptuales y experimentales; pueden acodar con diferentes enfoques y tener diferentes expectativas experimentales y diferentes valores para evaluarlas*” (Villani 1986). Por lo tanto, desde esta postura, una decisión racional entre paradigmas opuestos supondría una traducción de todas estas diferencias mencionadas a un lenguaje

neutro, más allá de las teorías rivales; esto implica que una decisión “racional” es prácticamente imposible.

Como veremos a lo largo del trabajo, para Laudan (1985, 1990), aún cuando los paradigmas fuesen incommensurables, de ello no resulta que no haya bases racionales para elegir entre teorías rivales. Por el contrario, existen fundamentos racionales sobre los que se apoya la comunidad científica para optar entre paradigmas rivales (Cudmani et al.1998).

Desde esta perspectiva, en su revalorización de la racionalidad, las concepciones de Laudan (quizás es el último racionalista del siglo XX), podrían considerarse un enfoque positivo para guiar el accionar de investigadores, docentes y estudiantes de ciencia, como lo demuestran los trabajos de Duschl y Gítoimer (1991), Villani (1992) y Cudmani y Pesa (1998).

## II. Las ciencias como actividad de resolución de problemas

Para Laudan (1985) los estudios del desarrollo histórico han demostrado que:

- las transiciones entre teorías son, en general, no acumulativas. Teorías, métodos y objetivos se sustituyen, o simplemente se abandonan;
- las teorías no son generalmente rechazadas sólo porque tengan anomalías, ni tampoco aceptadas sólo por haber sido confirmadas empíricamente;
- las controversias y los cambios en las teorías están centrados tanto en aspectos conceptuales como en aspectos empíricos;
- los principios para aceptar o rechazar las teorías no son fijos, por el contrario, han cambiado considerablemente a lo largo del desarrollo de las ciencias;
- existen distintos niveles de generalidad en las teorías científicas, desde leyes empíricas a complejos marcos conceptuales. Los criterios de prueba, comparación y evaluación parecieran variar apreciablemente de acuerdo al nivel de las teorías;
- teorías rivales pueden coexistir. La lucha entre teorías es la regla, no la excepción.

A partir de estas cuestiones Laudan (1986) se plantea la construcción de una filosofía de la ciencia que deje lugar a estos rasgos. Su proposición más general es la siguiente: “La ciencia es en esencia una actividad de resolución de problemas... El objetivo más general de la ciencia es llegar a teorías con una alta

*eficacia para resolver problemas....; la ciencia progresa en el caso de que las sucesivas teorías resuelvan más problemas que sus antecesoras*". Desde esta perspectiva, las teorías científicas son importantes en la medida en que brindan soluciones adecuadas a los problemas, eliminan ambigüedades, reducen irregularidades a uniformidades y demuestran su potencial para prever los fenómenos, en una relación dialéctica entre desafíos y teorías adecuadas (Villani 1986).

Laudan no pretende afirmar, como él mismo lo señala, que la ciencia "no es sino" una actividad de resolución de problemas. La ciencia tiene un amplio espectro de objetivos, así como los científicos tienen múltiples y variadas motivaciones: la ciencia busca explicar y controlar el mundo natural; los científicos buscan la verdad, utilidad social y, en ocasiones, prestigio y poder. Cada uno de estos aspectos ha sido utilizado para analizar el desarrollo de la ciencia. La idea de Laudan es que entender la ciencia como un sistema de resolución de problemas favorece la comprensión de sus aspectos más característicos y brinda un marco más fructífero que otro marco alternativo.

Desde esta perspectiva la racionalidad y el carácter progresivo de la ciencia estaría vinculado estrechamente, no con la confirmación o refutación de sus teorías, sino fundamentalmente con su efectividad en la resolución de problemas.

En su modelo de solución de problemas la eliminación de las dificultades conceptuales es tan constitutiva del progreso como un creciente apoyo empírico. De cierta forma, es una sofisticación de la taxonomía de problemas inicialmente propuesta por Lakatos (1989), en la cual sólo era reconocida la clase de problemas empíricos. Así discrimina dos tipos de problemas: los empíricos y los conceptuales, reconociendo que ambos se originan dentro de un contexto que les otorga significado. Para ambos existen las respectivas anomalías. Reconoce también dos tipos de actividades generadoras de teorías: las actividades de investigación progresiva y las actividades de investigación degenerativas (Laudan 1985, 1986).

Los problemas empíricos constituyen conjuntos de datos, hechos y relaciones empíricas que una teoría debe explicar. De modo más general, cualquier cosa acerca del mundo natural que nos sorprende como extraña, lo que necesita una explicación, constituye un problema empírico. Por ejemplo, preguntarse cómo y por qué los cuerpos pesados caen hacia la tierra con una regularidad asombrosa. Cuantas más relaciones empíricas explique, más progresiva será la teoría.

Ciertos problemas empíricos que se plantean pueden incluso ser contrafácticos. "Un problema no necesita describir un estado de cosas real: todo lo que se requiere es que alguien "piense que es" un estado de cosas real" (Laudan 1986). Por ejemplo, los biólogos del S XIX, quienes creían en la

existencia de la generación espontánea, tomaron como problema empírico el mostrar cómo la carne dejada al sol se transformaba en gusanos, o los jugos gástricos se transformaban en tenias.

Por otro lado, Laudan señala, que hay muchos hechos del mundo que no generan problemas simplemente porque son desconocidos. Por ejemplo, es un hecho que el sol se compone principalmente de hidrógeno, pero hasta que no se descubrió el hecho, no podría haber suscitado un problema. “*Un hecho sólo llega a ser un problema cuando se le trata y reconoce como tal...*” (op.cit).

Reconoce tres tipos de problemas empíricos (op.cit), según la función que cumplen en la evolución de una teoría:

- problemas no resueltos, aquellos problemas empíricos que aún no han sido resueltos por ninguna teoría;
- problemas resueltos, aquellos problemas que han sido resueltos satisfactoriamente por una teoría;
- problemas anómalos, aquellos problemas que una teoría concreta no ha resuelto, pero que han sido resueltos por una o más teorías alternativas.

Es bien sabido que los problemas no resueltos representan un estímulo central para el crecimiento y progreso científico y, también, que la transformación de un problema no resuelto es un modo (aunque no el único) en que las teorías progresivas son reconocidas por la comunidad científica. Sin embargo, como afirma Laudan (1986) “*los problemas no resueltos sólo cuentan como auténticos problemas, cuando dejan de ser problemas no resueltos*”. Esto se debe, según sus argumentos, a dos factores. Por un lado, la dificultad de detectar si un problema empírico es real, ya sea por la imposibilidad de aislar el sistema, o porque los instrumentos y métodos no son confiables. Por otro lado, porque es muy confuso discriminar, en muchos casos, a qué dominio de la ciencia pertenece un problema. Ejemplos de ello abundan en la historia de la ciencia. Tomemos el caso del problema del movimiento browniano. En sus inicios se lo consideró un problema biológico, luego un problema químico, luego un problema de la óptica de polarización, también como un problema de la teoría del calor,... hasta que en el SXIX emergió como una anomalía de la termodinámica clásica y fue resuelto por Einstein en el marco de la termodinámica cinética molecular.

De cualquier forma, uno de los caracteres distintos del progreso científico es la transformación de problemas empíricos anómalos y no resueltos en problemas resueltos. Debemos preguntar, en el caso de todas y cada una de las teorías, cuántos problemas ha resuelto y cuántas anomalías se les enfrentan. Esta pregunta se

convierte en una de las herramientas fundamentales para la evaluación comparativa de las teorías científicas (Laudan, 1986).

Laudan (1986) señala que hay muchos ejemplos de importantes controversias científicas en las que el apoyo empírico para las teorías rivales era esencialmente el mismo. Por ejemplo, entre 1540 y 1600, copernicanos e ptolomeicos tenían capacidad equivalente para la resolución de problemas empíricos, así como los atomistas y los antiatomistas, entre 1815 y 1880. Siendo así, él propone una nueva categoría de problemas – los problemas conceptuales.

Los problemas conceptuales se refieren a inconsistencias internas o lagunas de las teorías, o sea a sus conflictos teóricos. La historia de la ciencia muestra claros ejemplos de estas situaciones: las críticas a la astronomía de los epiciclos de Ptolomeo estaban centradas fundamentalmente en los mecanismos que Ptolomeo utilizaba (y que incluía cuadrantes y excéntricos, así como epiciclos) para abordar los problemas empíricos; Newton encontró grandes resistencias entre sus contemporáneos ante la ambigüedad de sus supuestos fundamentales, quienes insistían formulándole interrogantes sobre el significado del espacio absoluto o sobre el modo en qué los cuerpos podían interactuar a distancia.

Laudan clasifica a los problemas conceptuales en:

- Internos: cuando una teoría muestra inconsistencias, categorías de análisis vagas y confusas.
- Externos: cuando una teoría entra en conflicto con otra teoría que la comunidad científica acepta como racionalmente fundada.

Los problemas conceptuales internos más críticos son los que surgen de una ambigüedad o circularidad en el seno de la teoría. Así, por ejemplo, el primer modelo de interacción eléctrica de Faraday fue diseñado para eliminar el problema que planteaba en la época en la física newtoniana: el problema de la acción a distancia. Sin embargo, Faraday mantuvo las acciones a distancia de corto alcance y fueron las críticas que se formularon dentro de la comunidad científica las responsables, en parte, de que reformulara sus ideas y postulara la teoría de campo (Zajonc 1990).

Respecto a los problemas conceptuales externos, Laudan (1986) les atribuye tres tipos de conflictos:

- tensión entre dos teorías científicas en conflicto. Ejemplo de ello, fueron los conflictos generados por el sistema astronómico de Copérnico, el cual adoptaba una serie de supuestos acerca del movimiento de los cuerpos que eran inconsistentes con la mecánica aristotélica entonces admitida;

- conflictos con las metodologías que la comunidad científica considera como relevantes. El trabajo de numerosos historiadores ha mostrado claramente que el destino de la mayoría de las teorías científicas ha estado estrechamente vinculado con las valoraciones metodológicas. Para citar como ejemplo, recordemos que una gran parte de la oposición al psicoanálisis y al conductismo, las controversias dentro del atomismo o las grandes disputas dentro de la mecánica cuántica, están centradas en valoraciones metodológicas;
- conflictos con la visión del mundo dominante. Un ejemplo muy significativo de esta cuestión fueron las críticas a las que se enfrentaron los newtonianos del SXVIII en lo que se refiere a la ontología de las fuerzas: ¿qué sustancia es capaz de transportar la fuerza de atracción del sol a través de un espacio vacío tan grande, de tal modo que la tierra sea empujada hacia él?

La discriminación de los distintos tipos de problemas antes mencionados constituyeron los cimientos sobre los que Laudan elaboró un modelo del progreso científico. *En efecto, cuantos más problemas empíricos (presentes, pasados y futuros) resuelve una teoría y cuántos más problemas conceptuales eluda, más progresiva será la teoría*. Si, en cambio, una teoría es incapaz de resolver problemas empíricos (presentes, pasados o futuros) o se enfrenta con problemas conceptuales, la teoría se torna degenerativa.

Para Laudan, la efectividad de una teoría en la resolución de problemas, depende del saldo que establezca entre los problemas que resuelve y los problemas que no resuelve.

Intentando conciliar su idea de progreso con los datos históricos que muestran que no siempre las teorías resuelven los mismos problemas y, más crítico aún, que en ocasiones las nuevas teorías no resuelven los problemas que las anteriores resolvían, Laudan postula una nueva categoría epistemológica: los pesos de los problemas, y los criterios racionales que establecen cuáles problemas son prioritarios y cuáles son marginales (Villani 1986). De acuerdo a Laudan, el peso de un problema es evaluado con la racionalidad de la época. Por ello puede variar y hasta desdibujarse en determinadas circunstancias.

### III. Las tradiciones de investigación

Por otra parte, Laudan (1985, 1986) también señala que, además de las teorías específicas, existen conjuntos de teorías con “*parecidos de familia*” a las



que designa como tradiciones de investigación pues mantienen un conjunto de compromisos fundamentales. Ejemplo de ellas son la Mecánica Clásica y la Mecánica Cuántica en Física, o la Teoría de la Evolución en Biología.

Para Laudan (op. cit.) las tradiciones de investigación están caracterizadas por:

- “*un conjunto de creencias acerca de las clases de entidades y procesos que integran el dominio de la investigación, y*
- *un conjunto de normas epistémicas y metodológicas acerca de cómo se debe investigar ese dominio, cómo se debe poner a prueba las teorías, cómo se debe recabar los datos,...*”

Por lo tanto, lo que todas las teorías tienen en común es que “*comparten la ontología de la tradición madre y se les puede poner a prueba y evaluar empleando sus normas metodológicas*” (op. cit.). Así por ejemplo, si la tradición de investigación es el conductismo, las teorías que se construyen en su seno sólo pueden postular entidades con rasgos físicos y fisiológicos directa y públicamente observables.

Las funciones fundamentales de las tradiciones de investigación son:

- orientar en la determinación de problemas pertinentes
- identificar las partes de una teoría que presentan conflictos y deben ser modificadas
- establecer reglas para la recolección de datos y contrastar las teorías
- plantear problemas conceptuales que según la tradición están en contradicción con las exigencias ontológicas y epistemológicas de la tradición madre.

Si se compara las tradiciones de investigación con las teorías podemos decir que las primeras son más duraderas. “Mientras que las teorías pueden ser abandonadas y reemplazadas con gran frecuencia, las tradiciones de investigación usualmente tienen larga vida, pues evidentemente pueden sobrevivir a la caída de cualesquiera de sus teorías subordinadas” (op. cit.).

Con referencia al progreso de las tradiciones de investigación y en contraposición a la posición kuhniana que supone una discontinuidad entre períodos de ciencia normal marcados por los límites de las revoluciones científicas, Laudan sostiene que la coexistencia de tradiciones de investigación rivales es la regla, no la excepción. “Las confrontaciones dialécticas son esenciales para el crecimiento y la mejora del conocimiento científico; como la naturaleza, la ciencia tiene rojos los colmillos y las garras” (op. cit.).

#### IV. Los procesos de cambios en las teorías: el modelo de la red triádica

*Los modelos jerárquicos y holísticos que explican los cambios de las ciencias, como el modelo de Kuhn (1971), ponen especial énfasis en el efecto que los cambios de compromiso con las teorías tienen sobre los compromisos metodológicos y de objetivos y metas de investigación. Así, Kuhn divide las actividades de la comunidad científica en dos clases de períodos: períodos de ciencia normal, en los que hay acuerdo respecto a los núcleos centrales de una disciplina científica, y períodos de ciencia revolucionaria, en los que no hay consenso sobre los núcleos centrales de una disciplina. En este modelo, los cambios en el compromiso con las teorías científicas centrales serían condición suficiente para que se produzcan cambios en todos los elementos de la actividad científica, en particular en los compromisos metodológicos y en los objetivos de la investigación.*

Según Laudan (1984) esta visión del cambio científico es imperfecta por varias razones:

- los modelos holísticos no describen con precisión como se produce en ciencias el consenso o la disconformidad entre tradiciones de investigación. Laudan sostiene, a la luz de la historia de las ciencias, que los cambios en ciencias son más graduales y menos holísticos. Los cambios en las teorías, métodos y objetivos ocurren, con frecuencia en períodos mutuamente excluyentes. Es decir, aunque haya un cambio en el compromiso con la nueva teoría, no se produce un cambio inmediato en los compromisos con los métodos y objetivos. La Historia de la Ciencia muestra muchos ejemplos de que esto es así. “Cuando Copérnico propone su sistema heliocéntrico lo hace considerándolo un modelo que hace mucho más simple los cálculos, pero no está claro que haya creído que la Tierra no era el centro del Universo. Cuando Dalton propone su teoría atómica no cree en la existencia de los átomos como tampoco Plank cree en la existencia del quantum. Por otra parte, muchos cambios conceptuales y aceptaciones de nuevas teorías científicas se dan sin que cambien apreciablemente ni los fines y metas, ni los cánones de aceptación y validación que usan los científicos” (Cudmani y Pesa, 1998).

- los modelos holísticos no enfatizan lo suficiente el rol que juegan los objetivos y la metodología en el establecimiento de anomalías que originarán los cambios de paradigmas. No se tiene en cuenta el rol fundamental de los instrumentos, estrategias y tecnologías del método científico en el origen del desacuerdo y en los cambios en las ciencias. Consideremos por ejemplo los efectos del telescopio, el microscopio, el tubo de rayos X, o las computadoras en el desarrollo del conocimiento científico (Duschl 1997).
- los modelos holísticos no consideran que los cambios en los objetivos de investigación científica pueden proporcionar nuevos datos anómalos. En este sentido es importante reconocer el importante papel de factores sociales en las actividades de las instituciones científicas. Ejemplo de ello es el programa espacial norteamericano que ha modificado significativamente nuestro conocimiento de la Tierra, a través de la información satelital (op. cit.).

Laudan (1984) propone un modelo superador de estas dificultades: **el modelo reticular**, no jerárquico. Postula tres niveles de compromiso para los científicos, ninguno de los cuales goza de un status privilegiado frente a los otros dos:

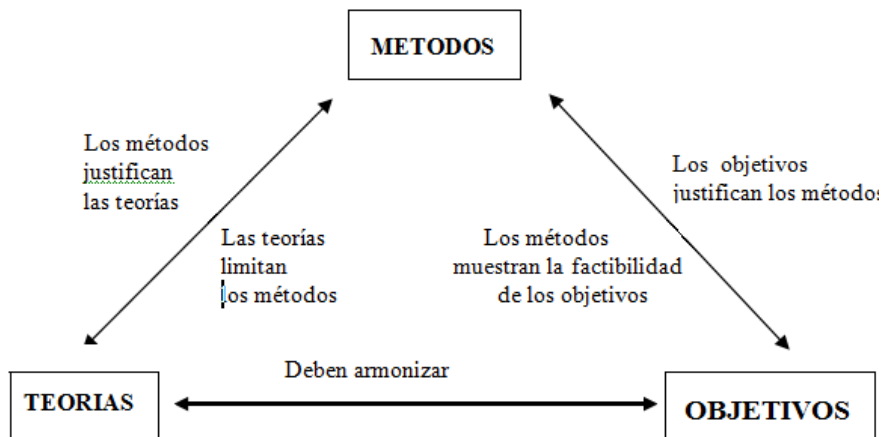
- **los compromisos con las teorías**
- **los compromisos con las metodologías**
- **los compromisos con las fines y objetivos de la ciencia**

Señala, “Donde el modelo reticular difiere más fundamentalmente del jerárquico es en la insistencia de que hay un proceso complejo de ajuste mutuo y justificación mutua que ocurre entre todos los niveles de los compromisos científicos. Las justificaciones fluyen tanto hacia abajo como hacia arriba en la jerarquía, estableciendo lazos entre propósitos, métodos y afirmaciones factuales. No deberíamos seguir considerando a ninguno de estos niveles como privilegiado o primario o más fundamental que los otros. Demandas axiológicas, metodológicas y factuales están inevitablemente interconectadas en relaciones de mutua dependencia. El orden implícito en la aproximación jerárquica debe dar lugar a una clase de principio nivelador que enfatiza los patrones de dependencia mutua entre estos varios niveles” (op. cit.).

Laudan sostiene que la justificación del conocimiento se puede representar como una red triádica (op. cit.). En ella:

- los objetivos justifican la metodología y deben armonizar con las teorías;

- los métodos justifican las teorías y muestran su factibilidad en los objetivos;
- las teorías restringen las metodologías y armonizan con los objetivos.



De acuerdo al modelo de Laudan de la red triádica, los cambios en las ciencias son más fragmentarios. Es posible que una comunidad científica altere sus compromisos con la teoría, manteniendo aún los compromisos con los métodos, fines y objetivos del esquema teórico previo.

Un aspecto crítico de centrar todo el énfasis en las teorías obviando los aspectos metodológicos y axiológicos es que refuerza una imagen del desarrollo científico como un conjunto de cambios caprichosos e irracionales (Duschl 1997). De acuerdo a Laudan, se dejan de lado las cuestiones perfectamente racionales y razonables que han contribuido y contribuyen a los cambios científicos. Laudan (1984) señala: *“La cuestión es que, una secuencia de cambios de opinión que parece perfectamente razonable (y racional) cuando se describe minuciosamente, puede parecer un cambio fundamental e ininteligible en la visión del mundo, cuando se presenta con menor detalle”*.

#### **IV. Progreso y racionalidad científica**

Uno de los puntos más polémicos de la filosofía del SXX está referido a la racionalidad científica.

Para Laudan (1986) los parámetros específicos que caracterizan la racionalidad científica dependen del momento histórico y la cultura. Así, el tipo de cuestiones que se califican como problemas empíricos, los modos de control experimental, la importancia que se asigna a determinados problemas,... son función de las creencias metodológicas y normativas de la comunidad científica que desarrolla sus actividades en un momento histórico particular. Sin embargo, y en el marco de su modelo, distingue características *transtemporales* y *transculturales* que son aplicables a todo el desarrollo científico: la racionalidad y el carácter progresivo de la ciencia estarían vinculadas estrechamente, no con la confirmación o refutación de sus teorías, sino fundamentalmente por la meta de desarrollo de teorías con mayor efectividad en la resolución de problemas.

Sostiene que *“el modo principal de ser científicamente razonable o racional es hacer todo lo que podamos para aumentar al máximo el progreso de las tradiciones de investigación”* (op. cit.). Ello implica hacer la racionalidad dependiente de la progresividad de las teorías, es decir, centrar los debates científicos en las discusiones referidas a los problemas conceptuales y empíricos que generan las tradiciones de investigación y optar por las tradiciones que resuelvan el mayor número de problemas y generen el menor número de anomalías y problemas conceptuales.

Es por eso que la coexistencia de teorías rivales no es la excepción sino la regla. *“La elección de una tradición de investigación sobre sus rivales es una elección progresiva (y por lo tanto racional) precisamente en la medida en que la tradición elegida resuelve problemas mejor que sus rivales”* (op. cit.). A diferencia de otros epistemólogos como Khun, el verdadero desarrollo de las ciencias está más próximo a los debates permanentes entre tradiciones rivales que de “períodos de ciencia normal”.

Analizaremos a continuación el impacto de la epistemología de Laudan sobre los modelos de aprendizaje que fundamentan las investigaciones en ciencias.

#### **VI. Implicancias para las investigaciones educativas en ciencias**

Un modelo muy difundido en la última década dentro de las visiones constructivistas del aprendizaje de las ciencias, ha sido el de “cambio conceptual” (Posner et al. 1982). Este modelo, basado fundamentalmente en la epistemología de

Kuhn, tiene como supuesto central la idea de que en los aprendizajes significativos, los cambios conceptuales van acompañados de cambios simultáneos en los campos epistemológicos, axiológicos y ontológicos.

Simultáneamente a partir de la década del 80, las investigaciones educativas destinaron especial atención a detectar e identificar las concepciones previas de los estudiantes en contenidos específicos. Algunos trabajos mostraron que esta ideas persistían aún después de una instrucción basada en modelos de cambio conceptual. Estos resultados fortalecían una hipótesis alternativa según la cual, los aspectos no conceptuales tales como estrategias cognoscitivas (modos de razonamiento, reglas heurísticas, etc.), concepciones epistemológicas y axiológicas, tienen influencia significativa sobre el aprendizaje de las ciencias.

En publicaciones recientes Moreira (1994), Cudmani et al (1994) y hasta los propios generadores del modelo de cambio conceptual (Posner, Strike 1993) han señalado las limitaciones de este modelo, al admitir que éste no implica necesariamente ni cambios simultáneos y por añadidura de los otros campos, ni abandono de las ideas previas. Reflexionando sobre la necesidad de modificar el modelo destacan: *“Nuestra visión del cambio conceptual debe ser más dinámica y desarrollista, enfatizando los patrones de cambio, de influencia mutua entre los varios componentes de cambio, de influencia mutua entre los varios componentes de una ecología conceptual en evolución”*

Algunos autores (Duschl y Gitomer 1991; Villani 1992; Cudmani et al. 1999) proponen a la epistemología de Laudan como alternativa a las de Kuhn y Lakatos como fundamento a un modelo para el aprendizaje de las ciencias. En esta visión se integran contenidos, métodos y objetivos y valoraciones a fin de favorecer aprendizajes científicos.

Cudmani et al (1999) proponen un modelo integrador que trasciende los aspectos puramente conceptuales y considera que el cambio cognoscitivo entre el paradigma alternativo y el paradigma científico, implica un cambio que incorpora además de los conceptos, las metodologías, actitudes, concepciones epistemológicas, axiológicas y ontológicas. El modelo de cambio integrador y reticular que ellos sostienen, *“al reconocer que los cambios metodológicos, de metas y fines, axiológicos y de supuestos filosóficos y sociales, no se dan de forma simultánea y “per se” con el cambio conceptual, trae como consecuencia importante el requerimiento de que el acto docente esté intencionalmente dirigido a generar las estrategias docentes, los diseños curriculares, las actividades de aprendizaje, los criterios de evaluación, aptos para favorecer el cambio global que se busca en el sistema cognoscitivo”*.

En las investigaciones educativas en ciencias, estas aportaciones de Laudan convergen con otras que vienen insistiendo sobre la necesidad de integrar contenidos, métodos, objetivos y valoraciones a fin de favorecer aprendizajes más significativos (Gil y Carrascosa 1990; Cudmani et al 1994; Gil 1993).

### **Referencias Bibliográficas**

BUNGE, M. **La investigación científica**. Barcelona: Ed. Ariel, 1969.

CUDMANI, L. C. de, PESA, M. Concepciones sobre la racionalidad y el progreso de la ciencia y su influencia sobre el aprendizaje. In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS EXPERIMENTALES, 1998, La Serena, Chile. **Actas**.

CUDMANI, L. C. de; PESA, M.; SALINAS, J. Hacia un modelo integrador para el aprendizaje de las ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 18, n. 1, 1999.

CUDMANI, L. C. de; SALINAS, J.; PESA, M. El aprendizaje de las ciencias, ¿implica sólo un cambio conceptual? In: SIMPOSIO DE INVESTIGADORES EN EDUCACIÓN EN FÍSICA, 2, 1994, Buenos Aires, Argentina. **Memorias**.

DUSCHL, R. **Renovar la enseñanza de las Ciencias. Inportancia de las teorías y su desarrollo**. Madrid: Ed. Narcea, 1997.

DUSCHL, R.; GITOMER, D. Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice. **Journal. of Research in Science Teaching**, v. 28, n. 9, 1991.

GIL PEREZ, D. Contribución de la historia y la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, 1993.

GIL PEREZ, D.; CARRASCOSA, J. What to do about science “misconceptions”?, **Science Education**, v. 74, n. 5, 1990.

KUHN T. **La estructura de las revoluciones científicas**. México: Ed. Fondo de Cultura Económica, 1971.

LAKATOS, I. **La metodología de los programas de investigación científica**. Madrid: Ed. Alianza, 1989.

LAUDAN, L. **Sciences and Values**. Berkeley: Univ. of California Press, USA, 1984.

LAUDAN, L. Un enfoque de solución de problemas al progreso científico. In: Compilación de I. Hackings. **Revoluciones Científicas**. México: Ed. Fondo de Cultura Económica, 1985.

LAUDAN, L. **El progreso y sus problemas**. Madrid: Ed. Encuentro, 1986.

LAUDAN, L. **La ciencia y el relativismo**. Madrid: Ed. Encuentro, 1990.

MOREIRA, M. A. Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. In: SIMPOSIO DE INVESTIGADORES EN EDUCACIÓN EN FÍSICA, 2, 1994, Buenos Aires, Argentina. **Memorias**.

OSTERMANN, F. A epistemología de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 13, n. 3, 1996.

POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P.; GERTZOG, W. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, 1982.

POSNER, G.; STRIKE, K. A revisionist theory of conceptual change. In: DUSCHL, R.; HAMILTON, R. (Eds.). **Phylosophy of Science, cognitive psychology and educational theory and practice**. New York: State University of New York Press, 1993.

VILLANI, A. **Contenido científico y problemática educacional en la formación de profesores de ciencias**, 1986. Tesis (Libre docencia) - Instituto de Física, Universidade de São Paulo.

VILLANI, A. Conceptual change in science and science education. **Science Education**, v. 76, n. 2, 1992.

ZAJONC, A. **Atrapando la luz. Historia de la luz y de la mente**. Buenos Aires: Ed. Andrés Bello, 1990.