

Concepciones sobre la racionalidad y el progreso de la ciencia y su influencia sobre la enseñanza

Leonor Colombo de Cudmani

La cuestión de la inconmensurabilidad de los paradigmas y del carácter progresista de la ciencia

La tesis de Kuhn sobre la inconmensurabilidad de las teorías sostiene que cuando la comunidad científica discute la opción entre 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 (Kuhn Posdata 1969).

Según esta tesis el diálogo entre sostenedores de distintas teorías sería un «diálogo entre sordos» ya que aún cuando usaran los mismos términos e incluso los mismos datos sus significaciones serían distintas por lo cual la posibilidad de compararlos y evaluarlos carecería de sentido. Cada uno de ellos se estaría refiriendo a sistemas de conceptualizaciones cuyos referentes en la realidad no son comparables, no son «medibles». De allí el concepto de «inconmensurabilidad de los paradigmas».

Por esta razón los defensores de las distintas teorías deben recurrir a la «traducción de significados» y a la «persuasión». Pero «traducir una teoría o visión del mundo al propio lenguaje no es hacerla propia... la conversión requerida aún lo elude (op. cit.)

Los científicos se convierten al nuevo paradigma por una especie de iluminación (insight) cuyos misteriosos mecanismos no responden a argumentos racionales:

es el acto mediante el cual una persona de pronto tiene una visión **gestáltica** del modo de articular la realidad por parte del contendor y como consecuencia adhiere a las creencias de éste. (1999 Cudmani)

Pese a que Kuhn, en una revisión posterior de su teoría, relativiza parcialmente su posición, cuando sostiene que las teorías se aceptan o rechazan de acuerdo a cánones metodológicos, considera que estos cánones son meras convenciones que los científicos aceptan en base a creencias, fines y valores subjetivos.

Por oposición, otros científicos y epistemólogos consideran que la argumentación racional juega un rol fundamental a la hora de consensuar esas normas metodológicas.

«El "insight", si tiene lugar, ocurre luego de ensayos infructuosos» (1996 Bunge) primero se fundamenta en un amplio conocimiento, no surge de la nada, es la comprensión de una nueva síntesis a la que se llega sobre la base de material conceptual y perceptual reelaborado.

Laudan (1987), por su parte, considera que, aun cuando los paradigmas sean «inconmensurables» en el sentido que Kuhn da al término, de ello no se desprende que no existan fundamentos racionales sobre los que se apoya la comunidad científica para optar entre paradigmas rivales

muchas reglas plausibles de apreciación (por ejemplo, evitar hipótesis ad hoc, preferir teorías que hacen predicciones sorprendentes, etc.) no requieren de una traducción inter-paradigmática entre el lenguaje objeto de una teoría en el lenguaje objeto de sus rivales (Laudan 1987).

Cuando los científicos, adoptan nuevas metodologías o modifican sus objetivos cognoscitivos lo hacen en muchos casos por cuestiones fundadas en argumentos racionales.

Lakatos (1978) tampoco adhiere a la tesis khuniana de la inconmensurabilidad de los programas. En su modelo sobre los «Programas de investigación» (op. cit.) la modificación del «núcleo duro» del programa, lo que correspondería en Kuhn al cambio de paradigma, depende de la eficacia de los programas rivales para resolver problemas. Considera, pues, que existe un lenguaje ordinario por el cual es posible discutir acerca de la eficacia y la conveniencia de los distintos programas y decidir en consecuencia. Su posición es racionalista en la medida que acepta la posibilidad de argumentar a favor de uno u otro programa, analizando el éxito o eficiencia, sugiriendo cambios y de ser necesario rechazándolo. Sin embargo, reconoce que la opción entre programas no se basa exclusivamente en juicios, raciocinios o refutaciones sino que también se tienen en cuenta criterios de eficiencia y de fertilidad en el sentido de capacidad para generar nuevos conocimientos.

Otros epistemólogos han propuestos diversos criterios válidos para comparar teorías rivales. Bunge en su obra *La investigación científica* (1996), propone analizarlas en tres dimensiones fundamentales:

El ámbito o extensión del conjunto de hechos y leyes de bajo nivel de generalización cubierto por la teoría; el rendimiento explicativo, «explicar más con menos» que evalúa la relación entre el número de principios o supuestos básicos de la teoría y el ámbito que cubre; la precisión o adecuación con que se da dicha cobertura. Se puede extender en general el ámbito de una teoría a costa de un relajamiento en la precisión de los ajustes. Se preferirá la teoría que logre optimizar ambos criterios.

A estas dos características se agregan: la profundidad de la teoría que tiene que ver con el tipo de modelo explicativo que utiliza. Una teoría fenomenológica que no da cuenta de los mecanismos causales que relacionan los datos (input) con las conclusiones (output) tiene menos capacidad explicativa que una teoría que de cuenta de los mecanismos observables o no (teorías representacionales). Así, las teorías ondulatorias de la luz son más profundas que las de la óptica geométrica y, la dinámica clásica más profunda que la

cinemática clásica.

La adecuación: capacidad para establecer, dentro de la materia, interconexiones que permitan reparar las incoherencias e inconsistencias exhibidas por principios anteriores. La continuidad: grado en que la nueva estructura retiene conexiones de significado con la antigua estructura de forma tal que la tarea de reformular cuerpos de conocimientos ya existentes y de mantener la comunicación con investigaciones pasadas y futuras ocasione un mínimo de molestias. La interconexión: grado y riqueza de relaciones que la nueva teoría establece entre materias antes separadas; reúne campos. La factibilidad: factibilidad, costo, precisión y confiabilidad con que es posible recoger y analizar los datos.

Estos dos autores adoptan un enfoque que es mas bien una normativa sobre los criterios que se deben usar.

Epistemólogos como Popper, Lakatos y Bunge adhieren, en defensa de criterios de racionalidad, a científicos contemporáneos, como Hawking, quien afirma:

Una teoría es una buena teoría siempre que satisfaga dos requisitos: debe describir con precisión un amplio conjunto de observaciones sobre la base de un modelo que contenga sólo unos pocos parámetros arbitrarios y debe ser capaz de predecir resultados de observaciones futuras. (1988)

Cuando se parte de análisis de los criterios que los científicos realmente usan cuando discuten nuevas teorías y comparan teorías rivales, se encuentra que, si bien aparecen argumentaciones basadas en creencias y concepciones subjetivas, los criterios de racionalidad, tanto para analizar normas epistemológicas como para convalidar experimentalmente la nueva idea juegan un importante papel. (1972 Diderich)

Cuando Bohn, Lorentz, Einstein, Sommerfeld, Thompson, Poincaré discuten en 1911 (Congreso Solvay) la introducción del concepto de «Quantum de acción» que propone Herts, no se limitan a buscar un acuerdo con sus propias creencias; buscan el acuerdo con la experiencia, la compatibilidad con otras teorías aceptadas, la posibilidad de conectar campos antes separados, la coherencia lógica de las premisas, la simplicidad y parsimonia (por ejemplo, las teorías debieran incorporar un mínimo de constantes arbitrarias).

La dinámica se parece más a un juego dialéctico que abarca las discusiones sobre cánones metodológicos más eficientes, fines y logros consensuados por la comunidad científica, estructuras conceptuales mas acordes con la evidencia objetiva, que a un «diálogo entre sordos». La comparación, evaluación, comprobación de teorías a fin de lograr el consenso de la comunidad científica se hace en base a una multiplicidad de principios, los cuales están ellos mismos sujetos a revisión. Este proceso no implica falta de racionalidad sino todo lo contrario. (Laudan 1987)

Laudan y el progreso de la ciencia

En lo referido a la cuestión del progreso de la ciencia, Laudan acepta que en general las teorías sucesivas no son meramente acumulativas, y que el mero hecho de presentar anomalías, no decide el abandono definitivo de una teoría.

También reconoce que los cánones que usan los científicos para evaluar teorías no son fijos ni permanentes sino que se han alterado considerablemente a lo largo del devenir histórico y que esos cánones no son independientes del grado de generalidad de las teorías que se comparan.

En lo que se refiere a la objeción sobre que la ciencia no es progresiva porque no tiene forma de saber si las nuevas teorías son más «verdaderas» que las anteriores. Laudan afirma, aún no tenemos una caracterización semántica satisfactoria del valor de verdad, no digamos una versión epistémica de cuándo sería legítimo juzgar a una teoría como más cercana que otra a la verdad (1981 Laudan) sólo fijando metas para la ciencia que en principio sean alcanzables y ... que podamos saber si estamos alcanzándolas (o acercándonos a ellas) podemos tener esperanzas de lograr hacer afirmaciones positivas acerca del progreso de la ciencia (op. cit).

Laudan considera que el proceso de cambio de paradigma no es acumulativo, pero la evaluación de las teorías, realizada en un contexto comparativo, permite a los científicos decidir entre teorías mejores que otras. ¿Mejores en qué sentido? En el sentido que son más eficaces para resolver problemas; es preferible la teoría que resuelve mayor número de problemas empíricos al mismo tiempo que genera menor número de anomalías considerables y de problemas conceptuales.

Laudan caracteriza como problemas empíricos aquellos que se refieren a la relación de la teoría con su referente fáctico, «lo que ocurre acerca del mundo» (1993 Laudan, pag. 277).

Los problemas conceptuales en cambio se refieren a cuestiones que hacen a la estructura lógica interna de la teoría (incongruencia o ambigüedad) o bien cuando sus supuestos se oponen a teorías o suposiciones prevalecientes o van contra pautas epistemológicas y metodológicas consensuadas por la comunidad científica.

No interesa sólo el progreso relativo de una teoría sobre otra sino que es importante «la tasa inicial de progreso» es decir las expectativas que abre, por lo menos como hipótesis, sobre su capacidad para plantear y resolver nuevos problemas.

Desde esta perspectiva parece que la coexistencia de teorías rivales es más importante que el predominio de un paradigma dominante: «como la naturaleza, la ciencia tiene rojos los colmillos y los dientes». (Laudan 1993)

De modo bastante coincidente Niaz (1994) destaca citando a Lakatos que la historia de la ciencia muestra que en la construcción del conocimiento hay más de confrontación y competencia entre teorías, de competencia entre programas de investigación que de dominio total de un paradigma.

Los fines y valores de la ciencia en relación a sus conceptualizaciones y metodologías

En su obra *Science and Values*, Laudan rescata la importancia de las metas de la ciencia, integradas en un modelo reticular para la construcción del conocimiento científico. Plantea un proceso de cambio complejo entre tres componentes fundamentales, la

teoría, los métodos y los fines, en una estructura reticular en la que se plantea un proceso de cambio complejo de reajustes mutuos que no se dan, necesariamente, al mismo tiempo, en el cual ningún campo es privilegiado en el sentido de marcar el comienzo de un ciclo o proceso de cambio.

La diferencia más importante entre este modelo y los modelos jerarquizados reside en su insistencia en sostener que hay un proceso complejo de ajuste mutuo entre los tres niveles, de modo que las justificaciones fluyen tanto hacia arriba como hacia abajo entre **datos** factuales, métodos y teorías «No podemos mirar uno de estos niveles como privilegiado o primario o más fundamental que los otros» (Laudan 1984). Se enfatiza así la interdependencia mutua entre estos niveles.

Algunos autores como Duschl y Gitomer (1991) y Villani (1992) han rescatado los aportes de este modelo reticular en la enseñanza de la ciencia, pues supera la concepción jerarquizada del modelo de cambio conceptual y rescata sobre todo la importancia de los fines de la ciencia en la construcción del conocimiento científico.

Los tres componentes principales de su red triádica son:

Las teorías no se limitan, en la concepción de Laudan, a sus estructuras conceptuales sino que incluyen las concepciones ontológicas que les sirven de fundamento. Así, las creencias de Newton respecto a la naturaleza absoluta del espacio y del tiempo son parte constitutiva fundamental de su Mecánica la cual no se reduce, por lo tanto, al sistema de implicaciones que se generan a partir de sus axiomas. Las metodologías que incorporan todos los caminos por los cuales la ciencia va desde los datos en bruto, hasta sus conclusiones. Las metas y fines que responden a las respectivas propuestas axiológicas.

Entre estos elementos existen fuertes interrelaciones. Las teorías restringen y limitan las metodologías y éstas a su vez, justifican y convalidan las teorías. Los fines y metas justifican las metodologías y éstas ponen de manifiesto la factibilidad de los fines. Las teorías por su parte deben estar en relación armónica con fines y valores.

Laudan afirma que los científicos pueden alterar sus compromisos teóricos sin afectar sus compromisos metodológicos y axiológicos.

Así, cuando Planck introduce el «quantum de acción» no cree que la luz está constituida por estos paquetes de energía como tampoco Copérnico creía que el sol estaba realmente en el centro del sistema planetario.

Parecería que creencias y valoraciones jugarían un papel mucho más importante en la etapa heurística, como fuentes inspiradoras de hipótesis que en la instancia de confirmación y aceptación de la teoría.

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 1999)

Cambia la imagen jerárquica y relativista de racionalidad científica. El modelo reticular de Laudan argumenta que la justificación en ciencias fluye tanto hacia

arriba como hacia abajo entre metas cognoscitivas, patrones metodológicos y creencias teóricas-empíricas (Doppelt 1986).

Conceptuaciones teóricas, metodológicas y metas u objetivos son tales que cada uno de ellos justifica la aceptación de los otros en un campo apropiado.

El cambio no es holístico. Cada elemento puede cambiar sin que necesariamente cambien los demás.

Un cambio en las conceptuaciones puede darse cuando la nueva teoría satisface mejor a las metodologías adoptadas. Tal sería el caso por ejemplo de la revalorización del uso de las series de Fourier en Óptica después del descubrimiento del Láser.

Un cambio metodológico puede deberse a que permite una realización más completa de los fines y objetivos, como por ejemplo, se pudo aceptar el método experimental desarrollado por Galileo sin alterar la idea de verdad objetiva del conocimiento científico aristotélico.

Un cambio en metas y propósitos puede deberse a que los objetivos propuestos inicialmente son irrealizables o violan teorías aceptadas por la comunidad científica. Así, el abandono del ideal de predicción determinista clásico es reemplazado dentro de la misma Física Clásica por un determinismo probabilístico. (Cudmai 1999)

Conclusiones referidas a la enseñanza de la ciencia

Considero que los aportes epistemológicos de Laudan dan lugar a por lo menos dos interesantes líneas para transferir al aula de clases.

Por un lado, su modelo reticular, que revaloriza fines y métodos en la construcción del conocimiento científico, pone más marcadamente el acento sobre los aspectos procedimentales y axiológicos, con sus componentes epistemológicos y ontológicos, que el modelo de cambio conceptual, reconociendo además que cualquiera de los elementos de su red triádica puede ser el inicio de un programa de investigación importante y fecundo.

El cambio conceptual no genera en forma automática y por añadidura cambios en los otros componentes. Los cambios no son necesariamente simultáneos. Cambios de teoría y conceptuaciones se dieron, en el proceso histórico de la ciencia, sin que se generaran simultáneamente cambios en los campos epistemológicos y/o ontológicos.

El docente no sólo tendrá que preocuparse por favorecer el cambio conceptual, los cambios metodológicos, actitudinales, epistemológicos y ontológicos que acompañan a un cambio de paradigma científico deberán ser explícitamente considerados en la planificación del curriculum en ciencias.

Se plantea entonces en la enseñanza, la necesidad de generar acciones y planear actividades específicas para producir los cambios en los otros campos no limitándose al campo conceptual si es que se desea que el aprendizaje significativo del nuevo paradigma

sea efectivo. La intervención didáctica deberá, por lo tanto, prever actividades explícitamente planificadas para generarlos.

Para lograr el cambio desde, por ejemplo, las ideas intuitivas sobre el movimiento a los modelos de la Mecánica Newtoniana y de éstos a los relativistas o a los cuánticos, será necesario no sólo un cambio conceptual, también deberán modificarse metodologías, fines, valores y creencias que fundamentan dichos modelos y teorías.

La otra cuestión importante que Laudan aporta, a mi criterio, a la enseñanza de las ciencias es su revalorización de la racionalidad y del progreso científico.

La visión de una empresa científica despojada de fundamentos racionales y de metas progresistas no parece ser el caldo de cultivo más apto para generar actitudes positivas hacia el aprendizaje de una ciencia... y por supuesto tampoco para un posterior desarrollo de actitudes positivas hacia la investigación.

Aparece así una paradoja de nuestro tiempo en la que es posible detectar una pérdida de interés y de motivación para los estudios científicos en una cultura en la que los adelantos están inmersos en una tecnología derivada de los logros científicos y cuya supervivencia depende cada vez más del desarrollo científico-tecnológico bien utilizado. (Cudmani, op. cit.)

Las concepciones de Laudan, en su revalorización de la racionalidad ofrece un enfoque positivo para guiar el accionar de docentes y estudiantes de ciencia.

Por otra parte, el modelo reticular que se plantea es mucho más rico e integra cuestiones que permiten introducir en la enseñanza de la Física toda la valiosa y motivadora problemática que se vincula con la interrelación entre ciencia, técnica y sociedad. Los jóvenes son particularmente sensibles a estas cuestiones.

Varios docentes investigadores de nuestro grupo de trabajo estamos explorando estas líneas para optimizar el aprendizaje de la Física en temas específicos y concretos como el de la Óptica, los trabajos prácticos de Laboratorio y la Termodinámica.

Bibliografía

- Bunge, M. *La investigación científica*. Barcelona: Ed. Ariel, 1973.
- Cudmani, L. *Ideas epistemológicas de Laudan y su posible influencia en la enseñanza de las ciencias*. Barcelona, España, 1999 - 17(2), págs. 327-331.
- Diderich, M., «The context of inquiry in Physics». *Am Journ. of Phys.* Vol 40, 1972, pág. 449.
- Duschl, R., Gitoner, D. «Epistemological Perspectives on Conceptual Change: Implications for Educacional Practice». *Jour. of Research in Science Teach.* Vol. 28, N°9, 1991, págs. 839-858.
- Doppelt, G. «Kuhn's Epistemological Relativims: An Interpretation and Defense». *Inquiry*, 21. 1978, págs. 33-86.
- Doppelt, G. «Relativism and the Reticulational Model of Scientific Rationality». *Synthese* 69 1986, págs. 225-252
- Elam, E. *La Educación y la Estructura del Conocimiento* (compilación). Cap. 1 Schwab, J. «Problemas, tópicos y puntos en discusión». Bs. As.: El Ateneo, 1973, págs.1-38.
- Hacking, J. *Revoluciones Científicas*. Cap. VII - Laudan, L. «Un enfoque de solución de problemas al progreso científico». México: Fondo Cultura Económica, 1985.
- Hawking, S. W. *Historia del tiempo*. Edit. Crítica, 1988.
- Kuhn, T. *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica, 1971.
- Kuhn, T., 1977. *The essential Tension*. University of Chicago Press, 1977.
- Klimovsky, G. *Las desventuras del conocimiento científico*. Bs. As., Argentina: A-2 Edit., 1994.
- Laudan, L. «A confutation of convergent realism». *Phylosophy of sciences*. 1981
- Laudan, L. *Science and Values: The aims of science and their role in scientific debate* Berkeley: University of California Press, 1984.
- Laudan, L. «Relativism, Naturalism and Reticulation». *Synthese* 71, 1987, págs. 221-234
- Laudan, L. *La Ciencia y el Relativismo*. Madrid: Alianza Editoral S.A., 1993
- Lakatos, I. *La metodología de los programas de investigación científica*. Ed. Alianza.
- Niaz, M. *Mas allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de la ciencia*. 12 (1) 97-100 Barcelona, España.
- Posner G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., Gertzog, W. A.,1982. «Acomodation of a scientific conception»: Toward a Theory of conceptual change. *science Educ.* 66, 1982, págs. 211-227.
- Villani, A. «Conceptual Change in Science and Science Education». *Science Education*. 76 (2), 1992, págs. 223-237.