

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XV JORNADAS

VOLUMEN 11 (2005)

TOMO II

Horacio Faas

Aarón Saal

Marisa Velasco

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



Reflexiones acerca de las controversias en ciencia

Olimpia Lombardi*

1. Introducción

En una serie de trabajos recientes, Oscar Nudler (2001, 2002, 2003, 2005) ha presentado un nuevo modelo de devenir que, si bien no renuncia a los aspectos de ruptura, permite conceptualizar las continuidades históricas. Las nociones centrales en este nuevo contexto teórico son las nociones de *controversia*, y de *campo controversial*. Una controversia es un debate que genera disenso y discusión entre dos o más partes respecto de alguna cuestión considerada problemática. En muchos casos, una controversia puntual se propaga y ramifica hacia otras áreas del conocimiento, generando un *campo controversial* donde distintas controversias se interrelacionan en torno a un problema central. A diferencia del modelo kuhniano, desde esta perspectiva las controversias no implican inconmensurabilidad entre posturas rivales; por el contrario, el desarrollo de una controversia supone la existencia de un *common ground*, conformado por los compromisos a partir de los cuales los desacuerdos pueden ser formulados.

Este modelo de devenir se basa en el carácter dinámico de los campos controversiales. Las transformaciones que sufren dichos campos pueden ser *regresivas*, cuando conducen a un *bloqueo conceptual*, esto es, cuando las discusiones terminan extinguiéndose al no generar novedades conceptuales que amplían el marco del debate. Pero los campos controversiales también pueden desarrollar un proceso *progresivo*, aun cuando no conduzcan al consenso; en este caso suele operarse una *refocalización* del campo, es decir, una reorganización del espacio conceptual que incorpora nuevas perspectivas o dimensiones a la controversia original.

En un trabajo reciente (Lombardi 2003b) he aplicado el modelo de cambio teórico propuesto por Nudler a la muy conocida controversia acerca de la irreversibilidad. Allí se muestra cómo la controversia se origina a fines del siglo XIX en torno a la pregunta acerca de la introducción de argumentos probabilísticos en un contexto clásico. Posteriormente, luego de un período de bloqueo, la controversia se reorganiza alrededor de un nuevo foco: el concepto de inestabilidad. Sobre la base de las peculiaridades de las transformaciones sufridas por esta controversia, el propósito del presente trabajo consiste en poner de manifiesto algunos aspectos enriquecedores del modelo de Nudler, así como extraer conclusiones respecto de la naturaleza de las controversias científicas.

2. Controversia y campo controversial

Ya desde los tiempos de Boltzmann, el debate respecto del origen de la irreversibilidad macroscópica giraba en torno a diferentes cuestiones relacionadas con dicho fenómeno, tal como lo ponen de manifiesto las críticas de Loschmidt, Zermelo, Culverwell o Burbury a la propuesta boltzmanniana (cfr. Lombardi 2003b). En nuestros días, las discusiones mantienen su vitalidad en el enfrentamiento entre los defensores de los enfoques de Boltzmann y de Gibbs (cfr. Lombardi 2003a). La

* Universidad Nacional de Quilmes CONICET.

Epistemología e Historia de la Ciencia, Volumen 11 (2005)

pregunta es: ¿cuál es el elemento que brinda identidad a esta controversia a lo largo de más de cien años? En otras palabras, ¿cómo podemos afirmar que, a través de sus mutaciones, nos encontramos ante *la misma* controversia?

Estas preguntas sugieren la necesidad de incorporar al modelo de Nudler el concepto de *núcleo* de una controversia, esto es, aquello que funciona como su *critero de identidad*, que define e identifica a una controversia particular distinguiéndola de otras. En general, el núcleo de una controversia es un problema que, en tanto tal, siempre puede formularse bajo la forma de pregunta. En el caso que nos ocupa, el núcleo de la controversia es el problema de la irreversibilidad, que puede expresarse en los siguientes términos: ¿cómo puede surgir la irreversibilidad macroscópica sobre la base de una dinámica reversible subyacente? Es precisamente ésta la pregunta que los participantes de la controversia, desde fines del siglo XIX hasta nuestros días, han intentado responder y, en consecuencia, es ella la que brinda continuidad al debate y permite reidentificar la controversia a través del tiempo.

A su vez, la controversia acerca de la irreversibilidad se ha conectado con otras controversias, generando un campo controversial amplio y articulado. Por ejemplo, la pregunta acerca del origen de la irreversibilidad macroscópica arrojó nueva luz sobre la tradicional controversia acerca del determinismo cuyo núcleo, desde los tiempos de Laplace, consistía en el problema de interpretar las descripciones estadísticas en una realidad determinista. En este sentido, por ejemplo, Prigogine insiste en que la alta inestabilidad de los sistemas dinámicos conduce a la emergencia del indeterminismo lo cual, a su vez, permite el surgimiento de una irreversibilidad objetiva e intrínseca (Prigogine y Stengers 1984).

Otra controversia, aun más estrechamente relacionada con la irreversibilidad, es la que se refiere a la flecha del tiempo. Esta controversia no sólo nace junto con la de la irreversibilidad sino que, durante mucho tiempo, se la identificó con ella, como si el comportamiento irreversible de los sistemas macroscópicos fuera la única clave para distinguir los dos sentidos temporales. Esta idea, ya formulada por Boltzmann, permaneció a través de los años en autores como Reichenbach (1956), Grünbaum (1973), Davies (1974), Layzer (1975) y Price (1996) entre otros. Sin embargo, en la actualidad algunos autores admiten que los problemas de la irreversibilidad y de la flecha del tiempo son conceptualmente diferentes en la medida en que es posible explicar la diferencia entre pasado y futuro mediante consideraciones no-entrópicas (cfr. Earman 1974, Castagnino *et al.* 2003a, 2003b, 2003c, Castagnino y Lombardi 2004a, 2004b).

3. El foco de la controversia

En el modelo de Nudler, el foco de la controversia es un concepto —o conceptos— o un problema específico alrededor del cual se concentran los debates. En el caso de la controversia que nos ocupa, pueden reconocerse dos momentos claramente diferentes. En un primer momento, a fines del siglo XIX y principios del siglo XX, el foco de la controversia estaba constituido por el concepto de probabilidad y sus problemas asociados (cfr. Lombardi 2003b). En un segundo momento, cuando la controversia renace a mediados del siglo XX, lo hace concentrando los debates alrededor de un nuevo foco, el concepto de inestabilidad. Los participantes de la controversia ya no dirigen su atención hacia consideraciones estadísticas sino que

se ocupan del papel que cumple la inestabilidad, en particular, las propiedades de ergodicidad y mezcla, en la emergencia de la irreversibilidad macroscópica.

Este ejemplo histórico permite distinguir claramente los conceptos de núcleo y de foco de una controversia. A lo largo de su desarrollo histórico, la controversia acerca de la irreversibilidad ha conservado su núcleo, esto es, la pregunta básica acerca de cómo surge la irreversibilidad macroscópica a partir de una reversibilidad microscópica subyacente. Esta permanencia es necesaria puesto que el núcleo es lo que permite reidentificar la controversia a través del tiempo. No obstante, en esta controversia única ha cambiado el foco en distintos momentos de su desarrollo. Esto significa que ha variado el concepto central considerado relevante para dar respuesta a la pregunta que caracteriza al núcleo de la controversia. En otras palabras, si bien la controversia subsiste a través de la permanencia de su núcleo, en la actualidad ya no es posible participar del debate ignorando el concepto de inestabilidad: aun quienes niegan toda relevancia a la inestabilidad como condición necesaria para la irreversibilidad, se ven obligados a argumentar en favor de su postura mediante las herramientas teóricas que actualmente suministran la teoría del caos y la teoría ergódica.

4. Refocalización versus reemplazo

Cuando la controversia acerca de la irreversibilidad es analizada desde una perspectiva diacrónica, puede comprobarse el profundo cambio que se opera en el seno de la comunidad científica respecto de la imagen del mundo. La física del siglo XIX concebía lo real a imagen de los sistemas mecánicos estables, deterministas y reversibles estudiados por la ciencia de la época; la idea de progreso indefinido se traducía en el ámbito científico en la confianza de poder predecir siempre los estados futuros de los sistemas físicos dentro de un marco de error acotado. Tal confianza se derrumba durante el siglo XX con la irrupción de la inestabilidad: los científicos se ven forzados a reconocer las limitaciones intrínsecas de la predicción unívoca en sistemas altamente inestables, para los cuales, luego de intervalos relativamente cortos, sólo resta la predicción estadística.

El ingreso del concepto de inestabilidad al centro del debate genera una modificación en la cosmovisión de los científicos; el universo laplaceano, determinista y reversible, es reemplazado por un universo abierto a la novedad y a la complejidad: "el mundo de las antiguas verdades de la ciencia clásica ha muerto, que el determinismo laplaceano ha vivido ya demasiado, y que se abre la era de una nueva ciencia (scienza nuova) en la cual podrá florecer la innovación, en la cual el libre albedrío del hombre podrá expansionarse a su gusto lejos de las restricciones obsoletas del determinismo mecanicista" (Thom 1992, p.63). En este sentido, algunos autores sostienen que el descubrimiento de la inestabilidad introduce en la física una revolución comparable a la producida por la mecánica cuántica en cuanto al ocaso de la causalidad (*cf.* Crutchfield *et al.* 1987). A su vez, se ha considerado que tal revolución modifica ciertos supuestos epistemológicos básicos e incluso afecta los objetivos propios de la ciencia (*cf.* Kellert 1993).

No es difícil sucumbir a la tentación de conceptualizar este cambio de cosmovisión como una revolución kuhniiana, que arrastra consigo no sólo teorías sino también compromisos metafísicos y supuestos metodológicos. En efecto, algunos autores conciben este episodio en términos del reemplazo del paradigma lapla-

ceano por el paradigma de la complejidad (cfr. Prigogine y Stengers 1979). Sin embargo, el tránsito hacia la nueva cosmovisión no implica la ruptura que exige el modelo de Kuhn. Por el contrario, los participantes actuales de la controversia, si bien incorporando los nuevos resultados que les proporcionan la teoría ergódica y la teoría del caos, no reniegan de la tradición y siguen reconociendo a Boltzmann y a Gibbs como los padres fundadores del ámbito teórico que dio origen al problema de la irreversibilidad (cfr. Lebowitz y Penrose 1973). Esto significa que los elementos teóricos originalmente formulados por Boltzmann y Gibbs conservan su completa vigencia en nuestros días, y continúan siendo considerados como la base teórica de la formación del físico en este ámbito. Es precisamente la permanencia de un amplio sector del *common ground* lo que no permite conceptualizar el desarrollo de la controversia acerca de la irreversibilidad como una revolución kuhniana. Este desarrollo histórico se ajusta mucho mejor a la idea de transformación como refocalización que a la visión rupturista de Kuhn en la medida en que la noción de refocalización permite recoger los elementos de continuidad a través de las transformaciones.

5. Bloqueo y desbloqueo conceptual

En la controversia que nos ocupa, el proceso de refocalización fue posible gracias a un desbloqueo conceptual luego de más de tres décadas, entre 1920 a 1950, durante las cuales la controversia quedó prácticamente estancada. Pueden identificarse al menos dos factores que condujeron al bloqueo conceptual, uno de ellos interno al *common ground* de la controversia, y el otro, si bien de índole científica, externo a la controversia misma. El factor interno es el que se refiere a la dificultad en el tratamiento de ecuaciones dinámicas altamente complejas: al no poder obtenerse soluciones analíticas de las ecuaciones, los cálculos numéricos rápidamente superaban las capacidades operativas de cualquier ser humano. Por este motivo, los modelos dinámicos típicamente estudiados hasta mediados del siglo XX eran modelos de comportamiento regular, estable y predecible, descritos por ecuaciones diferenciales cuyas soluciones podían obtenerse por vía analítica.

Pero tal vez el elemento que contribuyó en mayor medida al estancamiento de la controversia fue la irrupción en la escena científica, durante las primeras décadas del siglo XX, de la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. A partir de ese momento, el interés de los físicos teóricos y de los filósofos de la física se concentró en los muchos y variados problemas de fundamentación que acarrearaban las nuevas teorías. Frente a ello, la mecánica estadística y la termodinámica quedaron relegadas a un segundo plano como teorías meramente 'fenomenológicas', carentes del interés conceptual que traían consigo las nuevas formulaciones. De este modo, el problema acerca del origen de la irreversibilidad, que a fines del siglo XIX había sido considerado como el problema central de la física teórica por físicos de la talla de Boltzmann y Planck, fue olvidado frente a los desafíos interpretativos introducidos por las nuevas teorías.

Si el estancamiento del debate acerca de la irreversibilidad fue parcialmente producido por eventos ajenos a la controversia, su desbloqueo conceptual se debió casi totalmente a factores externos, de índole socio-económica, en particular a los condicionamientos que impulsaron el estudio de los sistemas altamente inestables. Durante la década del '60, en EE. UU. surgen intereses centrados en la pla-

nificación de actividades agrícolas y ganaderas, lo cual exigía una mayor comprensión de los fenómenos meteorológicos para mejorar la predicción climática. Pero puesto que los sistemas meteorológicos suelen ser sistemas altamente inestables, su análisis exhaustivo requería fomentar el estudio de la inestabilidad desde un punto de vista teórico. No es casual, entonces, que haya sido precisamente un meteorólogo, Edward Lorenz, quien en 1963 obtuvo los primeros resultados cuantitativos a partir de un sistema de ecuaciones diferenciales correspondientes a una evolución caótica. Tampoco sorprende que la alta inestabilidad suele ejemplificarse con el 'efecto mariposa', esto es, un efecto de amplificación descontrolada de una pequeña perturbación en un sistema meteorológico.

El segundo factor que influyó decisivamente en el 'descubrimiento' de la inestabilidad y el consecuente desbloqueo de la controversia fue el desarrollo de la tecnología electrónica. En efecto, sólo el advenimiento de computadoras suficientemente potentes en su capacidad y velocidad de cálculo permitió superar las limitaciones impuestas por el carácter analíticamente intratable de las ecuaciones dinámicas de los sistemas altamente inestables. De este modo, mediante simulaciones numéricas adecuadas, fue posible brindar un tratamiento cuantitativo al concepto de inestabilidad y a los resultados cualitativos con los que se contaba hasta el momento.

Estas consideraciones ponen claramente de manifiesto que la evolución de una controversia no responde únicamente a elementos endógenos; por el contrario, la comprensión de su desarrollo requiere la evaluación de condicionamientos provenientes del contexto histórico-social en el cual se inserta el debate.

6. El origen del nuevo foco

El ejemplo preferido por Nudler para ilustrar el funcionamiento de su modelo proviene de la filosofía: el cambio conceptual representado por Kuhn y la llamada 'filosofía histórica de la ciencia' respecto de la llamada 'concepción recibida'. En este caso, Nudler señala adecuadamente los supuestos clásicos que, hasta la publicación de *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, formaban parte del *common ground* de la controversia acerca del cambio teórico y, por tanto, estaban fuera del debate o eran sólo marginalmente discutidos. Estos supuestos fueron impugnados por la 'nueva' filosofía de la ciencia: en este caso, el proceso de refocalización trasladó estos elementos, que formaban parte del antiguo *common ground*, al nuevo foco de la controversia: "... el espacio controversial termina por reestructurarse de modo que todo o parte de lo que estaba antes en el terreno común pasa a formar parte del foco (y se constituye simultáneamente un nuevo terreno común). Es precisamente en razón de este movimiento de creación de un nuevo foco que denominamos refocalización a esta forma de cambio conceptual y teórico" (Nudler 2005).

Sin embargo, este ejemplo histórico no parece responder estrictamente a la anterior caracterización de refocalización. En este caso, durante el proceso de refocalización el *common ground* se torna más abarcativo, incorporando el concepto de inestabilidad y las teorías que permiten su tratamiento formal. Pero lo que se ubica en el nuevo foco de la controversia no es un elemento del antiguo *common ground* sino el elemento que lo amplía: el concepto de inestabilidad no formaba parte de

la controversia en sus orígenes puesto que en la época se carecía aún de las herramientas teórico-formales para caracterizarlo.

Frente a esta situación, caben dos alternativas. La primera de ellas consiste en admitir la existencia de un desajuste entre modelo y caso histórico: el desarrollo de las discusiones acerca de la irreversibilidad no sería, entonces, un caso de aplicación exitosa del modelo de Nudler. Sin embargo, esta decisión parece completamente desmesurada frente a los múltiples aspectos respecto de los cuales el ejemplo histórico se ajusta adecuadamente al modelo. Por este motivo, tal vez resulte más razonable una segunda alternativa: admitir que el proceso de refocalización puede manifestarse bajo diferentes formas. En ciertos casos, algunos o todos los elementos del antiguo *common ground* pasan al nuevo foco, constituyéndose un nuevo *common ground*; pero en otros casos, son todos o algunos elementos que se incorporan al antiguo *common ground* para dar lugar a uno nuevo los que pasan a jugar el papel de nuevo foco de la controversia. A su vez, esta perspectiva nos permitiría reflexionar acerca de la posibilidad de distinguir entre controversias científicas y controversias filosóficas respecto del modo en que opera el proceso de refocalización en cada una de ellas. Tal vez el estudio histórico-conceptual de diferentes controversias en ambos ámbitos pueda indicarnos que ciertas formas de refocalización son propias de las controversias científicas, mientras que otras formas suelen presentarse con mayor frecuencia en las controversias filosóficas.

7. Conclusiones

El caso histórico aquí estudiado a la luz del modelo de Nudler nos muestra que la refocalización de la controversia acerca de la irreversibilidad en torno al concepto de inestabilidad no ha conducido en modo alguno al consenso: el debate continúa tan vital e irresuelto como en los tiempos de Boltzmann, hace ya más de un siglo. Este hecho contradice el tradicional supuesto según el cual la diferencia central entre controversias científicas y filosóficas reside en que las primeras acaban resolviéndose en una visión única que concentra el acuerdo de la comunidad científica, mientras que las segundas son intrínsecamente irresolubles y subsisten a través de la historia de la filosofía. El caso de los debates acerca de la irreversibilidad nos muestra que, respecto de su resolución, la diferencia entre controversias científicas y filosóficas no es tan nítida como suele suponerse: también las controversias científicas pueden prolongarse indefinidamente sin alcanzar el consenso generalizado que se supone propio del devenir de la ciencia.

Bibliografía

- Castagnino, M., Lara, L. y Lombardi, O. (2003a), "The Direction of Time: from the Global Arrow to the Local Arrow", *International Journal of Theoretical Physics*, Vol.42, pp.2487-2504.
- Castagnino, M., Lara, L. y Lombardi, O. (2003b), "The Cosmological Origin of Time-Asymmetry", *Classical and Quantum Gravity*, Vol.20, pp.369-391.
- Castagnino, M., Lombardi, O. y Lara, L. (2003c), "The Global Arrow of Time as a Geometrical Property of the Universe", *Foundations of Physics*, Vol.33, pp.877-912.
- Castagnino, M. y Lombardi, O. (2004a), "The Generic Nature of the Global and Non-Entropic Arrow of Time and the Double role of the Energy-Momentum", *Journal of Physics A (Mathematical and General)*, Vol.37, pp.4445 - 4463.

- Castagnino, M. y Lombardi, O (2004b), "The Global Non-Entropic Arrow of Time: from Global Geometrical Asymmetry to Local Energy Flow", *Synthese*, a aparecer en número a designar.
- Crutchfield, J. P., Farmer, J. D., Packard, N. H. y Shaw, R. S. (1987), "Caos", *Investigación y Ciencia*, N°125, pp.16-29.
- Davies, P. C. (1974), *The Physics of Time Asymmetry*, University of California Press, Berkeley-Los Angeles.
- Earman, J. (1974), "An Attempt to Add a Little Direction to «The Problem of the Direction of Time»", *Philosophy of Science*, Vol.41, pp.15-47.
- Grünbaum, A. (1973), *Philosophical Problems of Space and Time*, Reidel, Dordrecht.
- Kellert, S. H. (1993), *In the Wake of Chaos*, The University of Chicago Press, Chicago.
- Kuhn, T. S. (1962) [1975], *La Estructura de las Revoluciones Científicas*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Layzer, D. (1975), "The Arrow of Time", *Scientific American*, Vol.234, pp.56-69.
- Lebowitz, J. L. y Penrose, O. (1973), "Modern Ergodic Theory", *Physics Today*, Vol.26, pp.23-29.
- Lombardi, O. (2003a), "El Problema de la Ergodicidad en Mecánica Estadística", *Crítica. Revista Hispanoamericana de Filosofía*, Vol.35, pp.3-41.
- Lombardi, O. (2003b), "Irreversibilidad: Origen y Vigencia de una Controversia Científica", *Revista Patagónica de Filosofía*, Año 3, pp.23-46.
- Nudler, O. (2001), "Is There Progress in Philosophy? A Russellian View", *Principia*, Vol.5, pp.241-252.
- Nudler, O. (2002), "¿Progreso en Filosofía?", ponencia presentada en el *Simpósio sobre Filosofía Natural y Filosofía Moral en la Modernidad*, UNAM, México, 16 al 18 de Julio de 2002.
- Nudler, O. (2003), "Campos Controversiales: Hacia un Modelo de su Estructura y Dinámica", *Revista Patagónica de Filosofía*, Año 3, 2003, pp.9-22.
- Nudler, O. (2005), "Hacia un Modelo Alternativo de Cambio Conceptual: Espacios Controversiales y Refocalización", *Revista de Filosofía de la Universidad Complutense*, en prensa.
- Price, H. (1996), *Time's Arrow and Archimedes' Point: New Directions for the Physics of Time*, Oxford University Press, New York-Oxford.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (1979) [1990], *La Nueva Alianza. Metamorfosis de la Ciencia*, Alianza Editorial, Madrid.
- Prigogine, I. y Stengers, I. (1984), *Order Out of Chaos. Man's New Dialogue with Nature*, Bantam Books, New York.
- Reichenbach, H. (1956), *The Direction of Time*, University of California Press, Berkeley.
- Thom, R. (1992), "Determinismo e Innovación", en Wagensberg, J. (ed.), *Proceso al Azar*, Tusquets, Buenos Aires.