

La filosofía de la ciencia de Gerald Holton: Una alternativa para entender la naturaleza de la creación científica

Resumen

La ciencia es una de las actividades humanas más complejas y fascinantes. Entender su forma de operar, incluyendo tanto sus aspectos objetivos como subjetivos es tarea difícil, por lo que debemos ayudarnos de las propuestas de diversos pensadores. En este ensayo se rescatan algunas reflexiones sobre la ciencia de Gerald Holton y se hace una valoración de su aportación a la luz de la existencia de crecientes movimientos de rebelión contra la ciencia.

Palabras Clave: Gerald Holton, filosofía de la ciencia, imaginación temática

Abstract

Science is a fascinating and complex human activity. It is a hard work to understand how it works if we want to consider both its objective and subjective aspects. That is why it is important to consider proposals of different authors. In this article we introduce some of Gerald Holton's ideas about science and value his contributions taking into account his criticism against several anti-science movements.

Keywords: Gerald Holton, philosophy of science, thematic imagination.

* Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, México

«... la ciencia oculta en el pasado su contingencia, es decir, el hecho de que es un conocimiento dinámico, cambiante y, por supuesto, tan inestable como cualquier otro tipo de conocimiento humano, lo que no quiere decir que carezca de seguridad.»

Ordóñez (2001, p. 19)

«Quienquiera que se ocupe del pensamiento, pero también quienquiera que piense, un literato o un científico, un artista o un filósofo, participan, aunque con modalidades diferentes, en un mismo proceso cuyas raíces en el plano individual han de buscarse en los contenidos mentales profundos y en ese estado que precede a la elaboración conceptual y que sirve de fondo a toda actividad mental. Fondo oscuro y magmático, matriz generadora de acontecimientos que el pensamiento alimenta de continuo.»

Preta (1993, p. 11)

Introducción

La ciencia y sus productos tecnológicos tienen una clara y profunda influencia en la vida diaria y en la sociedad en general. Paradójicamente por un lado proveen a la gente de maravillas y comodidades, y por otro despiertan grandes temores por sus capacidades de destrucción y por sus usos para fines militares y de dominación. Por estas razones, es importante incorporar, a diferentes niveles, procesos de reflexión que nos permitan entender y orientar la actividad científica. Es tarea de la filosofía de la ciencia llevar a cabo esta labor.

La filosofía de la ciencia del siglo XX dio lugar a diferentes corrientes de pensamiento. Dado el éxito que había tenido la ciencia y a su progreso en la generación de conocimiento y de productos tecnológicos, se quiso elevar a la categoría de conocimiento seguro alrededor de la década de los 20's. Surgió el positivismo lógico, con el círculo de Viena, que buscó fundamentar sobre bases totalmente firmes la generación del conocimiento científico. El proyecto fracasó y dio lugar a nuevas interpretaciones principalmente en la segunda mitad del siglo XX que pusieron en duda algunas características normalmente atribuibles a la ciencia, como su objetividad, su carácter acumulativo, su unidad metodológica, etc. Desgraciadamente, en estos procesos de reflexión, aunque han participado muchos filósofos, el debate se ha centrado en algunos pocos pensadores como son Karl Popper, Thomas S. Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend y otros, algunos de los cuales creo que llevan a extremos inadmisibles la

crítica de la ciencia favoreciendo una visión relativista y anárquica. Además, han alimentado otros sectores académicos que llegan en ocasiones a excesos absurdos en la reflexión en torno a la ciencia. Tal es el caso, por ejemplo, de los pensadores posmodernos¹ y de otras áreas llamadas «estudios culturales» con sus teorías de la construcción social de la ciencia².

Por esta razón, creemos que en este intento por comprender las características de la actividad científica, es importante rescatar las propuestas de otros pensadores que aporten ideas originales en relación con la naturaleza de la creación científica. Uno de esos pensadores es Gerald Holton. Su preparación y carrera académica la encontramos en las áreas de la física y de la historia de la ciencia. Su labor de investigación lo ha dotado de un conocimiento profundo de los procesos involucrados en la actividad científica. En este artículo presentaremos dos aspectos de sus importantes reflexiones en torno a la ciencia. El primero de ellos tiene que ver con una metodología para el análisis de un suceso histórico, resaltando la importancia de la imaginación temática en la actividad científica. El segundo aspecto tiene que ver con la identificación de poderosas fuerzas anticencia, que se han originado en las últimas décadas y que representan un peligro para el buen entendimiento de la función de la ciencia en nuestra sociedad y el aprovechamiento de sus capacidades inherentes. Para apreciar mejor la contribución de Gerald Holton, valdrá le pena repasar muy brevemente algunos elementos de la filosofía de la ciencia de los autores mas renombrados.

La filosofía de la ciencia en la historia

Desde tiempos de René Descartes y de Francis Bacon, uno de los aspectos primordiales de la reflexión sobre la actividad científica ha sido el establecimiento de un criterio de demarcación, que nos identifique lo que es ciencia de lo que no lo es. La visión original, que sigue siendo muy popular hoy en día, consiste en considerar que el conocimiento científico procede de las instancias particulares a las generales por medio de la inducción. Esto nos

¹ Algunos de los mas conocidos son Lyotard, Foucault, Derrida, Deleuze, etc.

² Para una explicación de esta corriente del pensamiento, véase por ejemplo Hacking (2001, capítulo 3)

lleva al criterio de verificabilidad, que considera como enunciados científicos sólo aquéllos obtenidos a partir de hechos observables y que por lo tanto pueden ser verificados por la experiencia.

A pesar de los obvios problemas que presenta este criterio de demarcación³, hubo muchos esfuerzos por salvarlo a través de construcciones lógicas, criterios probabilísticos, etc. Pero fue Karl Popper quien propuso una solución más radical al problema de la inducción con su principio de falsación (Popper, 1984). Para Popper no se pueden verificar los enunciados generales, es decir, no se pueden probar, pero sí se pueden falsar. Esto desde luego lleva a una situación un tanto incómoda, en el sentido de que no hay nada de lo que se pueda decir si es verdadero; solo se puede decir si es falso. Así pues el criterio de demarcación para Popper consistiría en decir que sólo los enunciados que son falsables (al menos en principio) se pueden considerar como científicos⁴

Sin duda fue el libro *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas S. Kuhn (1971) el que inició un replanteamiento en relación con la forma en que ha de entenderse la actividad científica. Para Kuhn, el progreso en la ciencia está determinado por el establecimiento de paradigmas. Un paradigma es una visión aceptada por un grupo de científicos que trabajan resolviendo problemas basados en ese paradigma en lo que Kuhn llama «ciencia normal». Cuando se acumulan «anomalías» que no pueden ser explicadas con las teorías aceptadas, surgen nuevas ideas que compiten entre sí. Al prevalecer una de ellas surge un nuevo paradigma y un nuevo período de ciencia normal. De esta manera el conocimiento científico no crece gradualmente sino por saltos. En estos procesos revolucionarios o de cambio entran en juego presiones sociales, aspectos psicológicos, etc. Para Kuhn la transformación de la ciencia no se puede explicar sólo por la ciencia misma, sino por su contexto social y cultural.

³ David Hume, por ejemplo observaba que ningún número de enunciados observacionales podría conducir de manera lógica a un enunciado general.

⁴ La labor científica consistiría en proponer continuamente nuevas y aventuradas teorías. Mientras más improbables sean, mejor. Las teorías falsadas serían sustituidas por nuevas y mejores teorías y de esa manera se asegura el progreso científico.

Otra visión que engloba algo de las propuestas de Popper y de Kuhn es la de Imre Lakatos (1988). La filosofía de la ciencia de Lakatos acepta el principio de falsación de Popper, pero no en su forma ingenua de considerar que una teoría puede ser falsada por un solo enunciado observacional. En su lugar introduce el falsacionismo sofisticado, el cual expresa que una teoría o un programa de investigación (el equivalente al paradigma de Kuhn) sólo puede ser falsado proponiendo una nueva teoría que sea más completa, en el sentido de explicar cosas que la anterior teoría no explicaba, y de predecir nuevos hechos, es decir, de tener un exceso de contenido empírico en comparación con la teoría anterior.

Por último tenemos a Paul Feyerabend (1997). En su visión de la ciencia se establece que no existe unidad en el método, es decir, su argumentación va a favor del pluralismo metodológico. Puede haber criterios (como en la metodología de los programas de investigación de Lakatos) que guíen la labor del científico, pero no debe haber reglas para dicha labor. Feyerabend introduce la tesis sobre la inconmensurabilidad. Según esta idea, no es posible comparar lógicamente teorías rivales, de manera que la elección entre teorías necesariamente introduce elementos subjetivos. En esta visión de la ciencia, lo que se decía con relación al criterio de demarcación, desemboca en que a fin de cuentas no hay nada que pueda distinguir lo que es ciencia de lo que no lo es, cayéndose así en el relativismo.

Todas estas propuestas han aportado, por supuesto, elementos valiosos para la reflexión filosófica, pero me parece que adolecen de ser unilaterales y de darle demasiada relevancia a un factor en particular y descuidar otros. Dependiendo de los ejemplos históricos que se analicen, a veces encaja mejor una teoría y a veces otra. Así pues es necesario un proceso más totalizador de análisis.

Otra distinción fundamental es la que tiene que ver con el modo de justificación y el modo de descubrimiento. El primero de ellos, el modo de justificación, se refiere obviamente a la forma como se juzga y se evalúa una ciencia una vez que sus teorías han sido elaboradas. En parte esto es lo que le da mayor prestigio a la ciencia pues muestra los conocimientos con toda su estructura lógica y los presenta como conocimiento seguro. Sin embargo, esta «presentación» de la ciencia olvida que la ciencia es un proceso histórico.

El principal mérito de Kuhn fue haber mostrado este carácter de la ciencia, dándole así relevancia al modo de descubrimiento cuyo propósito ahora es mostrar cómo se construye la ciencia y no sólo cómo queda elaborada y justificada después de un largo proceso, por eso Kuhn intenta «trazar un bosquejo del concepto absolutamente diferente de la ciencia que puede surgir de los registros históricos de la actividad de investigación misma» (Kuhn, 1971, p. 20).

Elementos para entender la actividad científica

Acabamos de hacer un repaso de algunas de las visiones que han prevalecido en las últimas décadas sobre el desarrollo científico. Para una comprensión más completa tendríamos que referirnos a diferentes fuentes⁵. Pero lo escrito aquí tiene la intención solamente de mostrar la diversidad de planteamientos y sobre todo el peligro de caer en visiones unilaterales, sobre todo si éstas llevan la intención de privar a la ciencia de todo carácter objetivo y caer así en relativismos extremos. La visión de Gerald Holton me parece que es muy equilibrada en este sentido. Él está de acuerdo con Kuhn en privilegiar el modo de descubrimiento, pues eso es lo que nos dirá en qué consiste la actividad científica, en vez de hablar solamente de los productos finales. Para entender un suceso en la historia de la ciencia, Holton propone un análisis multidimensional que nos brindaría una explicación completa del mismo. Digamos que le llamamos al suceso E y que ocurre en el tiempo t^6 . Los puntos que incluiría dicho análisis son:

1. Se debe hacer un inventario del estado contemporáneo del conocimiento científico público y compartido del tema en el tiempo t . Es decir, con esto tendríamos el establecimiento del estado histórico y públicamente disponible de la ciencia en t .

2. Enseguida se necesita establecer la trayectoria temporal del estado del conocimiento científico público que lleva hasta el instante t y que se prolonga

⁵ Se recomienda estudiar a Chalmers (1976)

⁶ Por ejemplo un suceso podría ser una carta o un artículo escrito por un científico o la construcción de algún dispositivo.

más adelante. En este punto el suceso E es visto como un punto en esta trayectoria temporal.

3. Lo hecho en el punto 1 anterior en relación con el estado del conocimiento científico público de la época, se debe hacer ahora para el estado del conocimiento «privado» de los individuos relacionados con el suceso E . Hablamos ahora de los aspectos más personales de la actividad científica. Esto es fundamental para establecer lo que llamamos el modo de descubrimiento.

4. Igual que en el punto 2, se debe de establecer la trayectoria temporal, pero ahora del conocimiento privado. Ambas trayectorias se verán intersectadas en el punto o suceso E , y se estará ahora en posibilidad de analizar la interacción entre ambas trayectorias.

5. Se debe de tomar en cuenta el desarrollo biográfico (no científico) de los científicos involucrados en el suceso E .

6. También se debe establecer cuál es el escenario social. Es decir, tenemos otro elemento que considera la función de la ciencia en la época correspondiente, así como el estado de la profesión científica, los efectos del sistema educativo, etc.

7. No debe quedar fuera la consideración de los desarrollos culturales fuera de la ciencia, así como los sucesos políticos o corrientes ideológicas que influyeron en el trabajo de los científicos.

8. El análisis del suceso histórico se entenderá mejor si tomamos en cuenta la estructura epistemológica y lógica de la obra que está en estudio. En este punto es donde tienen mayor relevancia los aspectos de filosofía de la ciencia a los que nos referimos anteriormente.

9. Por último, tenemos el análisis de las presuposiciones temáticas del hombre de ciencia individual, que mueven y guían su investigación.

Hemos presentado estos nueve puntos de manera muy sucinta. Para una explicación más amplia podemos referirnos directamente a alguna de las obras de Holton⁷. Lo que sí queremos destacar es la importancia que Holton le adjudica al último punto, es decir, el referente a las presuposiciones temáticas. Llama la atención porque es el aspecto de carácter más subjetivo, el que lleva

⁷ Por ejemplo *Einstein, historia y otras pasiones*, (Holton, 1998, capítulo 5)

una mayor carga de prejuicio en el trabajo del científico, pero que Holton considera que es esencial, por lo que será descrito con mayor detalle.

La imaginación temática en la ciencia

A nadie sorprende la idea de que en el trabajo científico hay dos elementos constitutivos que lo caracterizan: su contenido empírico y su contenido analítico. Como se mencionaba en párrafos anteriores, en la actividad científica se obtienen leyes a partir de la generalización de enunciados observacionales; aquí la experiencia, o conocimiento a través de los sentidos, es la base del conocimiento científico. Pero también tenemos los aspectos de carácter lógico y matemático; una ciencia se construye a través de un cuerpo de axiomas, teoremas, corolarios que le dan esa estructura lógica. Así pues, habrá resultados científicos derivados de la experiencia y otros que serán lógicamente necesarios.

Gerald Holton ubica estas dos dimensiones de la ciencia como si fueran los ejes X y Y de un plano. Las filosofías de la ciencia arraigadas en el empirismo o el positivismo establecen que toda ciencia significativa se efectúa en este plano $x-y$. Por ejemplo, si tomamos el concepto de fuerza, encontramos que tiene un componente empírico porque es algo que se puede medir por medio, por ejemplo, de la deformación observable de cuerpos sólidos, y también tiene un componente analítico que en este caso correspondería al uso de las matemáticas del cálculo vectorial (Holton, 1993b, p. 315). Sin embargo resulta claro en la manifestación de muchos científicos que éstos elementos no pueden describir de una manera completa la actividad científica. Luis de Broglie y Albert Einstein lo expresaban así:

Las personas que no tienen la práctica de las ciencias se imaginan muy a menudo que éstas nos proporcionan siempre certitudes absolutas; dichas personas se representan a los investigadores científicos basando sus deducciones en hechos indiscutibles y en razonamientos irrefutables... Sin embargo, el espectáculo de la Ciencia actual, así como la historia de las Ciencias en el pasado, nos prueban que no sucede así... (De Broglie, citado en Moya, 1998, p. 41).

La ciencia, como algo existente y completo, es la cosa más objetiva que el hombre conoce. Pero, la ciencia en su hechura, como un propósito a cumplir, es tan subjetiva y tan condicionada psicológicamente como cualquier otra rama del esfuerzo humano...

(Einstein, citado en Bernal, 1989, p. 40).

Para entender la manera en que trabaja la mentalidad científica tomando en cuenta estos aspectos subjetivos, Holton sugiere distinguir entre ciencia pública y ciencia privada. Ciencia pública es la que encontramos en los libros de texto, es decir, es el conocimiento ya aceptado por la comunidad científica; sería la ciencia como institución. Por otro lado, la ciencia privada correspondería precisamente a la que se da en ese modo de descubrimiento del que habíamos hablado anteriormente. Corresponde a ese proceso de lucha personal del que hablaba Einstein y que se da en las primeras etapas del desarrollo de ideas nuevas. Poco a poco ese estado privado del conocimiento científico es superado y se formaliza para pasar a formar parte del acervo científico de la ciencia pública (Holton, 1993b, pp. 277, 278).

En esta fase naciente del conocimiento científico (ciencia privada) es necesario hacer referencia al contenido «temático» de la ciencia. Holton lo visualiza como una componente ortogonal al plano $x-y$ y que complementa los aspectos empíricos y analíticos de la ciencia. Esta dimensión de los temas se refiere a aquellos «prejuicios fundamentales de una índole estable y sumamente difundida que no son directamente resolubles ni derivables a partir de la observación y del raciocinio analítico» (Holton, 1998a, p. 8). Este aspecto representa por un lado un peligro para la objetividad del conocimiento científico, pero por otro lado es un componente fundamental e inevitable sin el cual el avance científico se vería paralizado.

En este análisis temático, Holton nos dice que hay un número pequeño de temas que han jugado un papel preponderante en los principales descubrimientos en la historia de la ciencia. Estos temas pueden aparecer en términos antitéticos (por ejemplo: atomismo/continuidad) o no, pero en todo caso son elementos que trascienden las revoluciones científicas y en ellos podemos incluir los siguientes ejemplos: búsqueda de principios de conservación, el carácter matemático de la explicación científica, principios de unidad, orientaciones de carácter teológico, acción a distancia, medios que llenan el espacio, mecanismos ocultos, los absolutos de espacio y tiempo, ciclos vitales, etc. Es claro que los temas no se prueban ni se refutan, sino que sólo sirven de guía al proceso de creación científica y son especialmente útiles cuando una ciencia es joven y por tanto no ha elaborado el complejo sistema

lógico y analítico que posteriormente la sostendrá en su modo de justificación.

Nos dice Javier Ordóñez que «para abordar el tema de la ciencia como cultura es necesario situarnos filosóficamente en una posición que no exija una división radical entre dos culturas distintas necesariamente alejadas: la ciencia y toda expresión cultural que no sea ciencia» (Ordóñez, 2001, p. 11). Creemos que la tesis de Holton apoya la idea de Ordóñez de la ciencia como cultura pues esta lamentable separación entre ciencias y humanidades se debe, en buena medida, a la excesiva simplificación que se hace de la ciencia al considerar que únicamente se desarrolla en el terreno de lo empírico y lo analítico (plano *x-y* de Holton). Las ciencias y las humanidades tienen cada una su identidad y su forma de desarrollarse y evolucionar, pero también tienen afinidades que es importante descubrir.

La rebelión contra la ciencia

Otro tema importante en el que incursiona Gerald Holton tiene que ver con las diferentes reacciones anticiencia de nuestros tiempos. A veces se ha esperado demasiado de la ciencia. Se nos olvida que la ciencia no puede darnos felicidad, sino únicamente bienestar; la ciencia no consuela ni explica el sentido de la vida. Por esa razón muchas personas reaccionan ante la aparente frialdad de la ciencia, rechazándola. Aunque encontramos este tipo de reacciones a lo largo de la historia, en los últimos quince años se ha acentuado considerablemente. Holton lo expresa así:

Algunos académicos, estudiantes, hombres de Estado, políticos, líderes religiosos y otros ciudadanos – que abrazan posiciones ideológicas muy diversas, y algunos de los cuales se sienten aterrados por los abusos de la ciencia y la tecnología como resultado de políticas corporativas y gubernamentales – están desafiando la propia legitimidad de la ciencia y la tecnología en nuestra cultura y nuestro tejido social. Desde hace una década aproximadamente, entre intelectuales influyentes ajenos a la ciencia y, poco a poco, entre segmentos de la población en general, se ha producido un desplazamiento sísmico en la creencia, defendida desde la Ilustración, de que la ciencia y la tecnología son en general fuerzas predominantemente positivas.

Irónicamente, este contramovimiento se está afianzando precisamente cuando la comprensión de los fenómenos naturales, los métodos de llegar a tal comprensión y el acuerdo entre los científicos sobre la conducta responsable están en su punto más alto. (Holton, 1998b, p. 12).

Desde luego es fácil reconocer que no es la primera vez que ocurren movimientos de esta naturaleza, sino que es un fenómeno histórico recurrente, denominado *Rebelión Romántica*, que actúa sistemáticamente contra nociones como la de racionalidad y objetividad. Sin embargo, creo que una cosa es reconocer las limitaciones del conocimiento científico y otra muy diferente pretender una ruptura total con la razón, que es lo que ocurre en algunas de estas manifestaciones.

Entre las fuerzas anticiencia de nuestros tiempos, encontramos sectores académicos claramente identificados. Encontramos por ejemplo el «programa fuerte» constructivista de sociología de la ciencia que afirma que las teorías científicas no son más que ficciones «socialmente construidas». También tenemos al sector de los postmodernos que gustan de expresiones como «el final de la era moderna» o «la crisis de la objetividad»⁸

Conclusiones

La ciencia es una actividad llena de peligros. Por un lado está la posibilidad siempre presente de que tenga resultados de carácter destructivo, ya sea planeado o no, como desgraciadamente la historia lo muestra: construcción de armas de destrucción masiva basadas en alta tecnología, daño de los ecosistemas al explotar los recursos naturales sin prever su regeneración, etc.

Ahora bien, aun pensando en el progreso científico en su forma más pura, como búsqueda de comprensión y de entendimiento, se corre otro peligro, más sutil, que es el del prejuicio temático, que puede hacer dudar de la objetividad de la ciencia. Como nos lo explica Holton, es algo que no se puede eliminar pues es parte del material de trabajo del científico, el terreno donde entra en juego la imaginación y la creatividad. Pero para que esto no mine las posibilidades de conocimiento objetivo de la ciencia, deben de actuar como contrapeso otros elementos del quehacer científico. Me refiero a la necesidad de que el científico esté consciente del carácter restringido y temporal de sus conocimientos de manera que esté siempre abierto a la crítica y a la

⁸ En su libro *Imposturas intelectuales*, Alan Sokal y Jean Bricmont (1999) denuncian el uso indiscriminado de terminología científica con que algunos de estos pensadores pretenden extrapolar conceptos de un campo del saber a otro sin una clara justificación.

puesta a prueba de las teorías, como elemento fundamental de la actitud científica.

Estos puntos débiles de la ciencia, a saber, su posible carácter destructivo y la duda de su capacidad de generar conocimiento objetivo han sido las herramientas de numerosas posiciones anticientíficas. Creo que ha faltado educación para que la percepción pública de la ciencia corresponda más fielmente al significado del trabajo científico. En la educación tradicional, el conocimiento científico se presenta en la mayoría de los casos de manera dogmática, lo cual tiene consecuencias contraproducentes. En alguna ocasión escuché a un profesor de humanidades comentar que él simplemente creía en los resultados de la ciencia. Lo decía con una expresión de hacerlo por fe porque no tenía herramientas para ir más allá de eso. Creo que esto ejemplifica lo que he dicho sobre la educación. No se trata de hacer creer sino de saber lo que significa el trabajo científico y su forma de operar y de esa manera convertirlo en una verdadera herramienta de pensamiento, que, junto con los demás tipos de expresión humana nos permita un mayor crecimiento espiritual y una mejor convivencia social.

Es necesario examinar los abusos y limitaciones de la ciencia, pero sin ir más allá de lo razonable cayendo en excesos inadmisibles. Terminamos este ensayo con una exhortación que Holton hace en uno de sus libros más recientes y con la cual me identifiqué plenamente: «mi mayor esperanza es que este volumen transmita la fuerza civilizadora del pensamiento científico, y con ello capacite al lector para participar más activamente y con más confianza en el debate cultural de hoy» (Holton, 1998b, p. 15).

Bibliografía

- Bernal, J. D. (1989): *La ciencia en la historia*, México, Nueva Imagen.
- Chalmers, A. F. (1976): *¿Qué es esa cosa llamada ciencia?*, Madrid, Siglo XXI.
- Feyerabend, P. (1997): *Tratado contra el método*, Madrid, Tecnos.
- Hacking, I. (2001): *¿La construcción social de qué?*, Barcelona, Paidós.
- Holton, G.: *Science and Antiscience*, Harvard University Press.
- Holton, G. (1998a): *La imaginación científica*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Holton, G. (1993b): *Introducción a los conceptos y teorías de las ciencias físicas*, Barcelona, Editorial Reverté.
- Holton, G. (1998c): *Einstein, historia y otras pasiones: la rebelión contra la ciencia al final del siglo XX*, Madrid, Taurus.
- Kuhn, T. S. (1971): *La estructura de las revoluciones científicas*, México, Fondo de Cultura Económica.
- Lakatos, I. (1988): *Escritos filosóficos*, Madrid, Alianza Editorial.
- Moya, E. (1998): *Crítica de la razón tecnocientífica*, Madrid, Biblioteca Nueva.
- Ordoñez, J. (2001): *Ciencia, tecnología e historia: relaciones y diferencias*, México, Ariel.
- Popper, K. (1984): *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*, Barcelona, Paidós.
- Preta, L. (1993): «Pensar imaginando», En L. Preta (Ed.), *Imágenes y metáforas de la ciencia* (pp. 11-28). Madrid, Alianza Editorial.
- Sokal, A. y Bricmont J. (1999): *Imposturas intelectuales*, Barcelona, Paidós.