

# De Kuhn a Latour: la investigación, la ciencia y los estudios sociales de la ciencia

ISMAEL LEDESMA MATEOS

La investigación es el proceso, la ciencia es el producto. Así, no todo investigador es en realidad un científico. Pero adicionalmente lo que se presenta como *la ciencia* es un producto abstracto, consecuente a una especie de “purificación” de las producciones de las ciencias. Muchos mitos se han planteado en torno a la investigación y la ciencia, algunos de los cuales, convertidos en lugares comunes, llegan a reproducirse en los libros de texto y en la enseñanza en todos los niveles, incluyendo los de licenciatura y posgrado. Incluso quienes se dedican a la actividad científica y no reflexionan sobre su propia práctica, muchas veces tienen una percepción confusa de la ciencia y de su propio papel como científicos. La falta de asignaturas o cursos donde se estudie la manera como se ha producido el conocimiento en la historia y se reflexione acerca de su práctica ha conducido a que, en los hechos, muchos científicos y estudiantes de ciencias tengan una visión extremadamente ingenua acerca de su quehacer.

Hablar de una ciencia o practicarla sin una visión de su génesis, conduce indefectiblemente al reduccionismo y a una visión tecnocrática y acrítica de la realidad. En consonancia, resulta del todo cuestionable que en las *curricula* de enseñanza de la ciencia, no se incluyan cursos en los cuales se busque un análisis y reflexión acerca del surgimiento de los conceptos y teorías fundamentales de las disciplinas de las que se trata. Es así que el estudiante, quien en el mejor de los casos llegará a ser un nuevo científico, se forma con una concepción de la ciencia incongruente con la realidad, dado que su desarrollo se le muestra en todo momento como algo idílico, lineal y acumulativo,<sup>1</sup> como “un conjunto de relatos de caballería”.<sup>2</sup>

La visión positivista, extremadamente acendrada en México –si bien no en la versión comteana, barrediana original, ni tampoco la spenceriana<sup>3</sup>, sino en una variante ingenua–, ha contribuido sin duda alguna a la consolidación de una concepción errónea de la investigación y la ciencia. Dicha concepción posee también una gran influencia en los Estados Unidos, cuyos modelos y patrones de investigación han impactado a nuestro país a partir de la posguerra, de manera tal que la simplificación y la ingenuidad se entronizaron de acuerdo al mito del llamado “método científico”. Estas concepciones tradicionalistas de la ciencia, su historia y sus relaciones con la sociedad constituyen lo que se ha dado en llamar la tradición heredada, o la leyenda (Kitcher),<sup>4</sup> se enfrentaron a una fuerte crítica a partir de los años sesenta, fundamentalmente a consecuencia de la publicación de la obra *La estructura de las revoluciones científicas* de T.S. Kuhn en 1962,<sup>5</sup> lo que marcó un parteaguas en la historia de los estudios acerca de la ciencia. A partir de ese momento, paulatinamente comenzaron a aparecer autores que criticaron la manera como se concebía a la ciencia y surgieron diferentes corrientes. En el ámbito de la filosofía de la ciencia, merece especial mención la obra de Paul K. Feyerabend *Contra el método, esbozo de una teoría anarquista del conocimiento* y su *Tratado contra el método*, y en el campo de la sociología de la ciencia, a partir de los setenta surgieron autores como Mulkay, Knorr-Cetina, Collins, Pinch, Bloor, Barnes, Dolby, MacKenzie, Pickering, Shapin, Garfinkel, Lynch, Livingston, quienes marcaron una ruptura con respecto a la sociología de la ciencia de corte funcionalista representada por Robert K. Merton.

Sin embargo, en México y en muchos otros países Kuhn fue traducido tardíamente, lo que tuvo como repercusión que la visión del positivismo ingenuo siguiera enseñoreada de la enseñanza de la ciencia. La primera traducción de Kuhn al castellano se realizó en México por el Fondo de

Cultura Económica en el año de 1972, a partir de la segunda edición en inglés de 1970, que ya contiene la famosa “postdata 1969”, donde Kuhn entra en controversia con sus críticos. Una de las primeras repercusiones de la obra de Kuhn se dejó ver en los debates del Coloquio Internacional de Filosofía de la Ciencia, celebrado en Londres en 1965, cuyas actas se publicaron en 1970 en inglés, y que sin embargo apareció en castellano hasta 1975.<sup>6</sup> El mundo de los estudios acerca de la ciencia no era el mismo antes y después de Kuhn, pero tampoco fue lo mismo al mismo tiempo en diferentes países. Incluso en Francia, donde existía una gran tradición en los campos de la historia y la filosofía de las ciencias, Kuhn también fue traducido hasta la década de los setenta, por lo que prevaleció el enfoque racionalista y epistemológico desarrollado por Gaston Bachelard, Alexandre Koyré y Georges Canguilhem, quienes sostuvieron un enfoque distinto al positivismo y al positivismo ingenuo, pero que se centró en los aspectos epistemológicos de la ciencia, sin considerar los aspectos sociales.

Reconociendo estos retrasos en la introducción de los estudios críticos acerca de la ciencia y la investigación en México, en este texto pretendo hacer una recapitulación del camino transcurrido en los últimos años, y exponer una manera diferente de entender la investigación y la ciencia, que espero llegue a tener un mayor eco en nuestro país.

Evidentemente, las consideraciones que aquí se asientan corresponden fundamentalmente a las ciencias naturales, pues las ciencias sociales afrontan otras problemáticas que valdría la pena abordar con mayor extensión en otro texto, incluyendo la consideración que los estudios sociales de la ciencia, la historia y la sociología de la ciencia en tanto ciencias sociales deben ser sujetas de las propuestas que se aplican para el estudio de las demás ciencias.

Paradójicamente, a pesar del inmenso desarrollo de la ciencia durante el siglo XX, los científicos han operado de manera extremadamente mecánica y pocos han reflexionado con profundidad acerca de lo que hacen; es así que el mito del método científico, convertido en dogma e incorporado a una suerte de credo, ha formado parte de la enseñanza y el entrenamiento de los científicos naturales. Esto coincide con una visión de la historia de la ciencia que se denomina “internalista”, la cual se ocupa de los aspectos pretendidos como “auténticamente científicos”, distinguiéndolos de los llamados “factores extracientíficos”, donde se margina a lo social y que se pretenden como ajenos a la ciencia, como elementos que distorsionan y desvían la recta marcha de la investigación. Dicha tendencia surgió como una reacción en contra de la corriente conocida como “externalismo”, que sostenía que debía darse un mayor peso a los factores sociales, económicos y políticos en la historia de las ciencias. Tal orientación tuvo un enorme impacto a partir del I Congreso Internacional de Historia de las Ciencias celebrado en Londres en el año de 1965, al que acudió una delegación de la Unión Soviética, de la que uno de sus integrantes, Boris Hessen, presentó el ahora clásico trabajo: “Raíces socioeconómicas de la mecánica de Newton”. Uno de los más fuertes promotores de la reacción internalista fue precisamente Koyré, quien privilegió un enfoque epistemológico por encima de la consideración a los “agentes” externos.

Uno de los filósofos más gustados por los científicos propensos a las visiones simplificadoras es Karl Popper, quien planteó una distinción radical entre el denominado “contexto del descubrimiento” y “contexto de la justificación”. Encerrando los aspectos epistemológicos, lógicos y “estrictamente científicos” (intracientíficos) al “contexto del descubrimiento”, en tanto que los llamados factores extracientíficos quedarían marginados al “contexto de la justificación”. Esta distinción pone a salvo de los demonios de la exterioridad a una ciencia que se pretende resguardar como virginal e inmaculada. Sin embargo, la realidad no es así y quien ha practicado en alguna etapa de su vida los tortuosos procesos de la investigación científica, podría saber, reflexionando en forma crítica que las cosas no son así y que “la ciencia no es como la pintan”. No obstante, para

darse cuenta de esa realidad es necesario en la mayoría de las ocasiones dar un rodeo mental y aceptar que todas nuestras certidumbres, entre ellas la de la fuerza infinita de la ciencia, pueden desvanecerse en el aire.

Esta concepción dicotómica puede representarse con un el modelo que he dado en llamar “del huevo”, donde en el centro a manera de yema estaría un núcleo central (lo intracientífico) y en la periferia estaría la inmundicia extracientífica, modelo que por cierto coincide con la propuesta de explicación científica dada por Imre Lakatos, quien sostenía tratando de encontrar un punto intermedio entre la teoría kuhniiana y la teoría popperiana, donde la explicación de lo que ocurre en el núcleo tendría que ser acorde a los planteamientos de Popper (la falsación de las teorías, el método hipotético-deductivo) y la periferia exterior correspondería al ámbito de consecuencia de Kuhn (las comunidades científicas, la sociedad).

La dicotomía internalismo *versus* externalismo es un falso problema, el cual sin embargo ensombreció el panorama de los estudios de la ciencia durante muchos años –y en algunos ámbitos lo sigue haciendo–; la manera de remontar esa dicotomía es viendo a la ciencia de una manera diferente, incorporando otros elementos y articularlos de una manera compleja, lo cual es coincidente también con el desarrollo de una imagen de la sociedad entendida como una red compleja, con la totalidad de sus actores en interacción constante. De esa manera podemos desechar el modelo del huevo y plantear un modelo diferente de interacciones en el seno de la red social, que permita explicar cómo se da en realidad la investigación científica. Pero, para ello, es necesario tratar de ver “la ciencia tal como ella se hace”.<sup>7</sup>

Dentro de este panorama, la propuesta más radical fue la planteada por David Bloor y luego por Barry Barnes, conocida como “El programa fuerte de la sociología de la ciencia”, que pone el énfasis en los aspectos que podríamos considerar anclados en el externalismo. Ligado a este enfoque, aparece una corriente de historia de la ciencia, que se denomina “historia condicionamiento”, que parte precisamente de la idea de la primacía de los factores extracientíficos –ligados a lo social– en la determinación del curso de la práctica científica. Esta concepción conduce a una postura que se ha denominado como “sociologista” o “sociologismo radical”.

Entre todas las propuestas que han aparecido, destaca la que se ha derivado del trabajo del Centre de Sociologie de l’Innovation (CSI) de la Ecole Nationale Supérieure des Mines de París, donde Michel Callon y Bruno Latour desarrollaron una visión innovadora –hablando de innovación– respecto de la teoría de la ciencia, que remonta la falsa dicotomía entre internalismo y externalismo. Callon y Latour publicaron en 1990 el libro *La Science telle qu’elle se fait*, del cual ya hemos hecho mención<sup>8</sup> y que es una antología de textos de sociología de la ciencia, precedidos por una introducción que define la orientación que tomarían los compiladores. Por su parte, Bruno Latour realizó una investigación posdoctoral en el instituto Salk de San Diego, donde trabajando en el laboratorio de Roger Guillemin, hizo un estudio etnográfico que tuvo como resultado el controvertido libro *La vida en el laboratorio*, cuyo subtítulo explica la causa de las reacciones adversas de los científicos: *la construcción de los hechos científicos*, que publicó junto con Steve Woolgar en 1979, con una segunda edición en 1986, pero que se editó en castellano hasta 1996.<sup>9</sup>

*La vida en el laboratorio* nos da cuenta del verdadero proceso de la investigación científica, que no puede entenderse desde la trinchera especulativa donde quienes jamás han participado en los procesos de la investigación hablen de “la lógica de los descubrimientos” o de complicadas e inentendibles formulaciones ecuacionales acerca de lo que desconocen, sino de lo que realmente ocurre en los sitios donde se produce el conocimiento científico. El éxito de Kuhn, sin duda alguna, se derivó de su formación como científico. Él era físico, conocía el ámbito real de la ciencia y esa

condición le permitió percatarse de cosas que otros teóricos no habían podido advertir. En consecuencia a esta vertiente, Latour va más allá y estudia de manera vivencial, utilizando las herramientas de la antropología, a esa compleja etnia que es la de los científicos, en el lugar donde desempeñan su actividad, como si se encontrase “en medio de una tribu de caníbales”, observando “las interacciones y manipulaciones que ahí ocurrían.

*La vida en el laboratorio* marcó un nuevo parteaguas en la teoría de la ciencia, que generó ásperas reacciones de los científicistas formados en el tradicionalismo; el subtítulo es sin duda lo que más les irritaba. ¿Cómo?, ¡hablar de construcción de los hechos científicos!, como si tales hechos no estuvieran ahí, en la realidad. A diferencia de la ingenua idea de que la investigación conduce al descubrimiento de los hechos, Latour revela la manera como éstos son construidos en un proceso social, que en el caso de las ciencias experimentales ocurre en un espacio privilegiado: el laboratorio.

Con este enfoque, Latour publicó uno de sus artículos más conocidos: “Give me a laboratory and I will raise the world” (Dádme un laboratorio y moveré el mundo),<sup>10</sup> en el cual analiza otras facetas de la acción científica pasteuriana.

El hablar de construcción no significa que los hechos científicos sean una invención de los investigadores, sino da cuenta de un proceso en el cual el científico debe llevar el mundo hasta su laboratorio y a sí mismo y debe realizar una serie de procesamientos, donde una solución donde existen muchas moléculas se convierta, por ejemplo, en un registro gráfico, tal como el trazo de un espectrofotómetro –lo que en el aparato conceptual de Latour se denomina *inscripción*– que llevará a la construcción de un nuevo objeto que finalmente será presentado en una publicación especializada, esto es, en un artículo.

Esta visión de la ciencia, basada en el estudio de la práctica científica por sí misma, siguió siendo trabajada por Latour en otras obras, como *Ciencia en acción*<sup>11</sup> y posteriormente llevada al estudio del pasado, al analizar la obra de Louis Pasteur en *Microbes: Guerre et Paix*.<sup>12</sup> En esta última, da cuenta de la transformación conjunta de una sociedad y una ciencia en surgimiento: la microbiología. El enfoque latouriano representa una novedosa orientación a los estudios sociales de la ciencia, incluyendo a la historia, que es planteada como una *historia construcción*, diferente a las formas de hacer historia planteadas con anterioridad. Para Latour la historia construcción es la *historia a secas*, pero extendida a las cosas y no sólo a lo que se refiere al hombre. Es la historia provista de toda su historicidad, a diferencia de la *historia descubrimiento*, la *historia condicionamiento* y la *historia formación*.

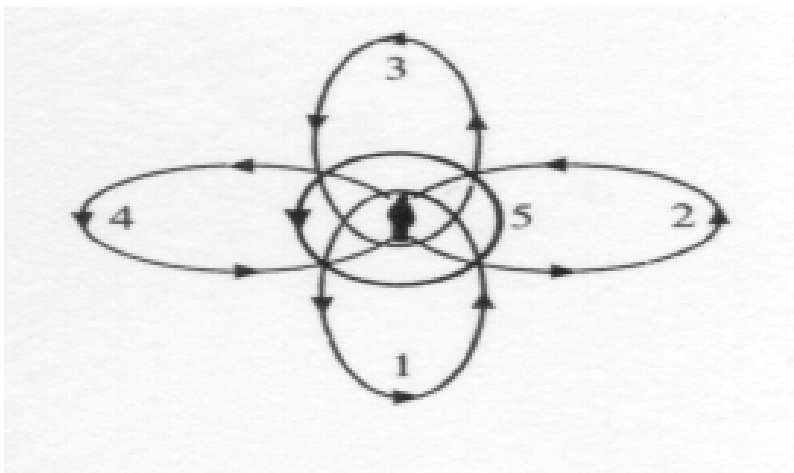
La exposición de este planteamiento apareció publicada en un trabajo donde aborda la controversia entre Pouchet y Pasteur, respecto a la generación espontánea,<sup>13</sup> en el que muestra cómo la historia descubrimiento está vinculada con la visión internalista, siendo una historia carente de historicidad, en tanto que la historia condicionamiento se encontraría en el otro extremo, acorde con el externalismo y proclive al sociologismo. Por su parte, la historia formación considera el repertorio completo de actores participantes, tratando de hacer evidente su disposición, su acomodo, tal como la formación de una página en una editorial, o en el sentido de conjunto que da el término formación en geología, enfoque que permite darse cuenta de los puntos de bifurcación en un camino; sin embargo, a pesar de ser un avance con respecto a los dos primeros enfoques, no llega a dar cuenta plena de todas las interrelaciones articuladas, actores humanos y no humanos, incertidumbres y certezas. Por ello, la historia construcción es una historia de las ciencias que al pretender esta consideración del total de componentes de un mundo plural, no se circunscribe a lo

que tradicionalmente se ha considerado la historia de las ciencias, y por ello Latour hace la afirmación de que se trata en verdad de la historia y de ahí que diga que es la historia “a secas”.

La historia de las ciencias que propone Latour es una historia social, en el sentido más amplio del término –el sentido latouriano– que considera a todos los actores, tanto humanos como no humanos, como los integrantes de una enorme red de asociaciones que se llama sociedad, a diferencia del sentido clásico de la palabra, donde lo social atañe exclusivamente a lo humano y sus productos. En esta nueva visión de la sociedad, los actores no humanos son vistos en sus relaciones entre sí y con respecto al hombre, y por lo tanto se conciben de una forma diferente a la propia de las ciencias naturales.

Un magistral trabajo de Latour es el referente a Joliot,<sup>14</sup> en el cual plantea su propuesta de historia social de las ciencias. De acuerdo a ello, para hacer la historia de la ciencia es importante considerar dos aspectos fundamentales: por un lado, es necesario hacer un listado, un repertorio, que contenga los personajes que actúan sobre política, derecho, economía, las instituciones y las pasiones, esto es, los actores humanos, en tanto que el otro listado sería el de las ideas, principios, conocimientos, procedimientos, instrumentos de laboratorio, instrumentos militares, seres vivientes –como los microbios– o seres no vivientes –como los “tamagochis”–, artículos, patentes, cartas o discursos, que de acuerdo con Latour son los actores no humanos. Para analizar todo lo anterior, él considera que ambas columnas no pueden ser analizadas de manera separada si es que se desea hacer una historia social de las ciencias; en lugar de seguir dos rutas paralelas, la historia social de las ciencias pretende formar dos brigadas que abran un túnel, acometiendo el problema por extremos opuestos, con la esperanza de encontrarse a medio camino. Esta serie entramada de hilos debe ser seguida por el razonamiento del historiador libre de prejuicios.<sup>15</sup>

En este proceso de desmontar la visión de la ciencia que parte de la división entre lo interno y lo externo, tal como se muestra en lo que he llamado “el modelo del huevo”, Latour propone lo que ha llamado el *modelo de la rosácea* –nombre que alude a la imagen de una rosácea vista desde arriba– que da cuenta de cinco procesos en interrelación, representados como órbitas que deben imaginarse en movimiento: 1) Movilización del mundo, 2) Autonomización, 3) Alianzas, 4) Representación pública y 5) Vínculos y elementos vinculantes, tal como se ve en el esquema:



La movilización del mundo es la órbita que representa la actividad normalmente conocida como la investigación en sentido estricto, el trabajo de laboratorio, de campo, la recolección de datos, la obtención de información. En este primer campo de acción, se da también la puesta en contacto con las controversias. En esta primera órbita, también denominada del *desplazamiento*, se trata de desplazarse hacia el mundo, de dotarlo de movilidad, de encauzarlo hacia los puntos controvertidos, de protegerlo y adaptarlo a un uso retórico. En lugar de girar en torno a los objetos del mundo, el sabio los hace girar a su alrededor.<sup>16</sup>

El historiador de esta primera órbita debe ocuparse de las expediciones, de las inspecciones, de los instrumentos y de los grandes equipos, pero también de los lugares que reúnen y mantienen unidos todos los objetos del mundo que le interesan. Poseer datos es indispensable para convencer, pero para ello debemos contar con alguien a quien convencer. El objetivo de los historiadores de la segunda órbita consiste en demostrar cómo un investigador se rodea de colegas. Ésta es la órbita de la *autonomización*, pues atañe al esfuerzo por el cual una disciplina, profesión, una camarilla o un colegio invisible se independizan, crean sus propios criterios de evaluación y de aptitud. Además de la historia de las profesiones y de las disciplinas, esta órbita engloba la historia de las instituciones científicas, cada una con sus medios, normatividad y estatutos destinados a mantener unida esa multitud de colegas. Estas instituciones son de gran importancia, porque en ellas se efectuarán y resolverán las controversias.<sup>17</sup>

Es importante resaltar que ningún desarrollo de instrumentos, ningún proceso de autonomización, ninguna creación de instituciones puede llevarse a cabo sin el tercer círculo, denominado de las *alianzas*. Sin esta labor de incitación no es posible continuar, pues no habría colegas, institutos y ningún medio en general para continuar la labor del científico. En este círculo entran complejos procesos de traducción que pueden abarcar la connivencia, traición, contratos, entusiasmos, etc. Estas alianzas adoptan innumerables formas de acuerdo a las circunstancias, pero las alianzas más productivas y que abarcan la mayor parte de la historia de las ciencias son: las alianzas con el Estado, con el ejército, con la industria y con el sistema de enseñanza; de todas estas alianzas más importantes y prácticamente indisociables son las establecidas con el ejército y con la industria, pues sin ellos no hay ciencia. La alianza con la enseñanza es la menos espectacular, pero es igual de importante que las otras para la reproducción y la expansión de los demás círculos.<sup>18</sup>

Aunque todos los instrumentos estuvieran disponibles –señala Latour–, los colegas formados y disciplinados, las instituciones estuvieran bien equipadas y existieran alianzas con el Estado, el ejército, la industria y la enseñanza, y en conjunto apoyaran de modo prosélito a las ciencias, aún sería insuficiente. Todas las controversias surgidas llegan a trastocar las creencias y surgen intercambios de opiniones; los mismos científicos que tuvieron que movilizar el mundo para convencer a sus colegas y establecer alianzas estratégicas, ahora deben normalizar sus relaciones con el público. Esto es el objeto de estudio de la historia de la cuarta órbita, llamada de la *representación pública* o escenificación. En ella encontramos la historia de las representaciones que las sociedades se han creado sucesivamente acerca de las certezas científicas, dentro de su epistemología espontánea. ¿Qué confianza hay en la ciencia, cómo se mide esta confianza? Ésta es una interrogante importante, pero otra interrogante aún intacta concierne a la resistencia de millones de personas ante la expansión, los privilegios, las pretensiones de las disciplinas científicas. Esto implica un intenso trabajo, necesario para difundir los conocimientos generados por los científicos, pero nunca se contempla la idea de la resistencia que pueden oponer las multitudes al respecto. Por eso la historia de las ciencias, desde el punto de vista de aquellos que rechazan activamente, todavía no se ha escrito, aunque por definición forme parte del sistema de investigación.<sup>19</sup>

Como señala Latour, hasta el momento se han explicado las cuatro primeras órbitas, pero cada una cuenta con elementos particulares que la diferencian de los demás, a este nivel es necesario dar consistencia a las historias tratadas en cada una de las órbitas anteriores. La quinta órbita —representada en círculo—, órbita de los *vínculos y elementos vinculantes*, consiste en mantener todos los recursos movilizados en los otros cuatro círculos, pero a la vez fungir como amalgama de esa heterogeneidad. En este círculo la historia social no sólo es más fuerte que las historias a las que pretende sustituir, une con más firmeza la inteligencia y el trabajo, es más razonable, y lo más importante, es capaz de comprender los acontecimientos que los provocan y las razones de ello. Ésta es la forma de dar unicidad a la historia social de las ciencias.<sup>20</sup>

Este modelo aparece como una alternativa para la visualización de la ciencia, más acorde con la realidad de los procesos de investigación. Pensado, por supuesto, para la ciencia en los países desarrollados, donde se produce la mayor cantidad de hechos científicos y conocimientos al respecto de ellos. Vale la pena reflexionar y debatir acerca de la pertinencia de pensar la ciencia en los países periféricos con un modelo como éste, y cuáles son sus alcances y limitaciones. Hasta el momento mi grupo de investigación ha venido trabajando en el análisis de un caso mexicano desde esta perspectiva: el de Alfonso Luis Herrera y la teoría de la plasmogénia,<sup>21</sup> que ha rendido planteamientos interesantes.

Como vemos, esta visión de la ciencia en sociedad es mucho más fértil que el “modelo del huevo” o las falsas dicotomías planteadas por explicaciones de la ciencia elaboradas por quienes desconocen en realidad cómo es la ciencia, ¡tal como ella se hace!

#### NOTAS

<sup>1</sup>Ismael Ledesma-Mateos, *Historia de la biología*, AGT Editor, 2000, p. VII.

<sup>2</sup>Jean Senent-Josa, “Prologo” a Jacob, François, *La lógica de lo viviente*, Editorial Laia, Barcelona, 1977.

<sup>3</sup>Ana Barahona e Ismael Ledesma-Mateos, “El positivismo y los orígenes de la biología en México”, *Archives Internationales d’Histoire des Sciences*, Vol. 52 (149): 277-305, 2002.

<sup>4</sup>Philip Kitcher, “El legado de la leyenda”, en *El avance de la ciencia*, IIF, Paidós-UNAM, México, 2001, pp. 13-23.

<sup>5</sup>Thomas S. Kuhn, *La estructura de las revoluciones científicas*, FCE, México, 1971.

<sup>6</sup>Imre Lakatosy Alan Musgrave (Eds.), *La crítica y el desarrollo del conocimiento*, Editorial Grijalbo, Barcelona, 1975.

<sup>7</sup>Retomando el título del libro de Callon y Latour que se cita a continuación.

<sup>8</sup>Michel Callon y Bruno Latour (Eds.), *La science telle qu’elle se fait*, Éditions La Découverte, París, 1990.

<sup>9</sup>Bruno Latour y Steve Woolgar, *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Alianza Editorial, Madrid, 1995. (Traducido de la segunda edición en inglés de 1986. La primera edición es de 1979.)

<sup>10</sup> Bruno Latour, “Dadme un laboratorio y moveré el mundo”, en Iranzo, J.M. *et al.* (Comp.).

<sup>11</sup>Bruno Latour, *Ciencia en acción*, Labor, Barcelona, 1992.

<sup>12</sup>Bruno Latour, *Les Microbes, Guerre et Paix, suivi des Irreductions*, A-M. Métalíe, París, 1984.

<sup>13</sup>Bruno Latour, “Pasteur et Pouchet: La heterogénesis de la historia de las ciencias”, en Serres, Michel (Ed.). *Historia de las ciencias*, Editorial Cátedra, Madrid, 1991, pp. 477-501.

<sup>14</sup>Bruno Latour, “Joliot: punto de encuentro de la historia y de la física”, en Serres, Michel, *Op. cit.*, 1991, pp. 553-573. Una variante del mismo texto es “El flujo sanguíneo de la ciencia. Un ejemplo tomado de la inteligencia científica de Joliot”, capítulo 3 de Latour, Bruno, *La esperanza*

*de Pandora. Ensayos sobre la realidad de los estudios de la ciencia*, Gedisa. Barcelona, 2002, pp. 99-136.

<sup>15</sup>*Ibidem*

<sup>16</sup>*Idem.*

<sup>17</sup>*Idem.*

<sup>18</sup>*Idem.*

<sup>19</sup>*Idem*

<sup>20</sup>*Idem.*

<sup>21</sup>Liliana Adela Gutiérrez Leal, “Alfonso L. Herrera y la teoría de la plasmogenia: un ejemplo de historia social de la ciencia”. Tesis para obtener el grado de bióloga, UNAM Campus Iztacala, México, 2004. Director de la tesis: Dr. Ismael Ledesma-Mateos.