

Rosalind Franklin o las trampas de la ciencia

Rosario Sosa, Daniela Bargardi *

1. Introducción

Los estudios recientes sobre la historia y la práctica de la ciencia han llevado los argumentos de Kuhn en direcciones que él no recorrió. En dónde la descripción de Kuhn trataba de presentar la imagen de una comunidad científica autónoma en aspectos bastante significativos, los estudios posteriores han intentado demostrar la coherencia de la ciencia con los proyectos intelectuales y políticos de las culturas en las que tiene lugar la ciencia como una más de las muchas actividades humanas.

No obstante, compartimos plenamente la siguiente idea de Harding (1996) de que la mayoría de los estudios sociales post-kuhnianos de las ciencias naturales, como sus antecesores filosóficos e históricos pre-kuhnianos, han evitado de forma sistemática examinar las relaciones entre *género y ciencia*, tanto en sus dimensiones históricas como sociológicas.

Desde hace poco tiempo se ha comenzado a trabajar el aporte de las mujeres en el campo de la historia del pensamiento biológico. Aquí como en otros campos, su papel fue relegado o mayoritariamente olvidado como co-protagonistas en su dimensión de participantes y contrastadoras de conocimiento.

Podemos afirmar que la complejidad del proceso de construcción de la ciencia y la controversia que plantea el caso de Rosalind Franklin son motivos importantes para reflexionar acerca de los valores.

Sirve de disparador la pregunta que formula Latour, en *Ciencia en acción* (1992): “¿Dónde podemos comenzar un estudio de la ciencia y la tecnología?” (Latour, 1992: 2) Utiliza la imagen mítica de las dos caras de Jano para representar la ciencia elaborada y la ciencia en proceso de elaboración. Ambas caras, hablan al mismo tiempo y dicen cosas distintas, creando confusión y controversias. De este modo, manifiesta el autor, que desde el punto de vista metodológico, lo más conveniente es ingresar por la puerta trasera de la ciencia, la que se encuentra en proceso de elaboración y no, por la más imponente entrada de la ciencia elaborada (cfr. ob. cit.: 4). Y más adelante en el texto, agrega Latour: “No intentaremos analizar los productos finales, un ordenador, una central nuclear, una teoría cosmológica, la forma de la doble hélice [...] en su lugar, seguiremos la pista a los científicos y a los ingenieros en los momentos y lugares en que planifican [...]” (ob. cit., 21). Es allí donde se puede obtener una visión integrada de los valores, analizar el modo como intervienen en una planificación, en la toma de decisiones o en la resolución de controversias. La ciencia como cualquier otra actividad humana nos ofrece modelos donde se intersectan distintos valores, de allí la importancia del caso que nos ocupa.

* Universidad Nacional de Salta

En síntesis, proponemos reflexionar, a partir del caso de Rosalind Franklin, sobre dos aspectos de raigambre epistemológica en el descubrimiento del DNA: el tema de los valores y la ciencia y, en segundo lugar, la relevancia de los aportes científicos de Franklin en dicho descubrimiento. Así, nos permite hacer una doble aproximación desde las prácticas científicas: por un lado, realizar consideraciones con respecto a qué valores entran en juego en un equipo de investigación y, por el otro, ensayar una respuesta a la pregunta sobre ¿qué significó y cuál fue la importancia de la imagen 51 que había logrado la científica inglesa?

2. En torno a las prácticas científicas de un laboratorio

Los estudios epistemológicos actuales presentan tesis que cuestionan aspectos centrales de la concepción tradicional. Entre ellas, encontramos la postura internalista de la ciencia, propia de la corriente positivista, que dio lugar a lo que se conoce como cientificismo. La ciencia es presentada como modelo de todo tipo de saber y, en consecuencia, de racionalidad. De este modo, por muchos años participamos de la visión de una ciencia objetiva, autorregulada por el valor de verdad, con valores, exclusivamente cognoscitivos, relacionados con la coherencia, la validez, la exactitud, entre otros. El presupuesto que funda el proyecto positivista consiste en sostener que sólo las cuestiones de justificación conciernen al pensamiento científico y reducen éste, al análisis lógico.

En la década del 60 importantes propuestas epistemológicas presentan criterios alternativos en la caracterización de la ciencia y se incluyen factores relacionados con lo social, político, económico, psicológico, comprometidos con el proceso de construcción de las teorías, ofreciendo nuevos conceptos acerca de lo que *es* la actividad científica. Comienza así a superarse la concepción de esta última como *logro*, en la cual lo que vale son los resultados, analizados en función de las consecuencias de su aplicación a la sociedad. Consecuencias que, ya sean buenas o malas, dejan abierta la discusión de si los valores provienen de la ciencia o si son fruto de las distintas decisiones humanas pero, en resumidas cuentas, se sigue considerando aquella como objetiva. Esta situación se complejiza cuando reconocemos que la ciencia como proceso incluye, por un lado, posiciones teóricas ligadas a los objetivos y fines a lograr y, por otro, la responsabilidad en el manejo de la realidad, de los instrumentos y las discusiones que se presentan en el trabajo diario. Kreimer en la “Introducción” del libro de Knorr Cetina (2005), *La fabricación del conocimiento*, expresa lo siguiente:

[...] el principal aporte de Knorr Cetina consiste en que rompe con la idea de que los científicos tienen -qua científicos- un solo modo de razonamiento, sustentado en algunas de las variantes del método científico, donde prima la racionalidad, [...] tanto en las prácticas como en los discursos.[...], esta autora desarrolla una rica sociología que muestra que los científicos pueden ser analizados según diferentes “lógicas” en movimiento: el científico como razonador “práctico”, “indicial”, “analógico”, “socialmente situado”, “literario” y “simbólico” (Knorr Cetina, 2005: 37-38).

Las observaciones que realiza les permiten decir que el científico es un sujeto social y, como

tal, sus razonamientos y sus prácticas no tienen diferencias sustanciales con otros razonamientos y prácticas sociales.

La nueva filosofía de la ciencia nos introduce así, en una imagen distinta de la ciencia, nos plantea formas de descubrimiento y justificación que nos acercan, por un lado, a las prácticas científicas referidas especialmente a las ciencias experimentales y, por otro, a la relación ciencia y sociedad.

Latour (1992) reconoce que el cuestionamiento de qué es la naturaleza y qué es la sociedad no pueden desligarse y, por lo tanto, es necesario replantearnos la posibilidad de articular las colectividades en las que estamos involucrados a través de una antropología comparada que nos permita ver la manera de cómo superar la dualidad naturaleza – sociedad. Así, podríamos hablar de una estructura distinta al referirnos a la ciencia en acción, en donde los científicos trabajan en *pro* de objetivos cognitivos y no cognitivos. Actividad que conocemos como “práctica científica”.

Sostiene Martínez (2005) que las prácticas científicas nos permiten retomar el estudio de la ciencia y la tecnología desde la perspectiva de los problemas metafísicos y epistemológicos que plantea. Por “práctica científica”, dice el autor, puede entenderse: “[...] como un complejo de normas y estructuras de razonamiento, [...] “estructuras heurísticas”, en las cuales se (re) presentan fines y valores de manera concreta, que llevan al descubrimiento de fenómenos y su estabilización como un recurso socialmente disponible en la tecnología” (Martínez, 2005:7-8).

Nos interesa introducir con Echeverría (2008), en el marco de la filosofía de la práctica científica, el *giro praxiológico*, por él iniciado, en los estudios de ciencia y tecnología. Según el cual, la axiología de la ciencia es uno de los aspectos relevantes. En palabras del autor:

Merton fue el primero en subrayar este componente axiológico de la ciencia, denominándolo ethos de la ciencia. Bunge, Kuhn, Putnam, Laudan, Agazzi, Olivé y muchos más han insistido en que la ciencia tiene sus propios valores: no hay ciencia value-free. La axiología de la ciencia se ocupa de investigar cuáles son los valores que guían u orientan las acciones científicas (Echeverría, 2008: 131).

3. ¿De qué valores hablamos cuando hablamos de valores en la actividad científica?

Los cambios planteados en la imagen de la ciencia producen una nueva perspectiva de análisis en la axiología de la ciencia. Al considerar que la ciencia es un complejo de prácticas y que los valores cognitivos, son simplemente modos en los que se realiza la actividad científica, resulta esperable que entre ciencia y valores haya una interacción más amplia. De este modo, no tiene sentido hacer una distinción entre valores cognitivos y no cognitivos.

Los valores inciden en la ciencia en la medida que un cierto tipo de prácticas incide en otras, y la ciencia incide en la formación o cambio de valores de la misma forma, [...] La ciencia puede verse desde esta perspectiva como una manera de administrar y promover cierto tipo de instituciones y prácticas que se consideran importantes para dirigir los cambios sociales

en ciertas direcciones y no otras, de acuerdo a ciertos valores (Martínez, 2005: 8).

Nicholas Rescher (1999) en *Razón y valores en la Era científico- tecnológica*, señala que los valores en la ciencia funcionan de modos diferentes y propone una clasificación en la cual destacamos la de los “Valores de la ciencia en cuanto proceso de producción”:

Ciertos factores de valor representan los desiderata del trabajo científico y de quienes lo realizan. Éstos incluyen rasgos tales como perseverancia y persistencia, veracidad y honradez, actuación a conciencia y cuidado por el detalle. En este ámbito también se encuentran los valores afectados en el problema de la elección; los asuntos particulares y las cuestiones a las que uno dedica sus esfuerzos. Y estos también están incluidos al gestionar un sistema de incentivos y premios (Rescher, 1999: 94-95).

Como podemos observar la creencia de una ciencia valorativamente neutra es un ideal que se remonta al concepto de ciencia teórica y está relacionada con la tesis de la autonomía de la ciencia, que según Martínez, es una versión de la ciencia que apunta claramente a un ideal político, a la idea de que la ciencia debe ser administrada por los científicos (Cfr. Martínez, 2005: 2).

4. Rosalind Franklin y el descubrimiento del DNA

Comencemos haciendo un poco de historia de quien era y qué formación tenía Rosalind Franklin. Nació en una familia judía de Londres en 1920, fue la segunda de cinco hijos. Obtuvo un título universitario en Física, Química y Matemática en el colegio mayor femenino de la Universidad de Cambridge. En una época donde las mujeres no se les otorgaba el grado de Licenciado, no se las consideraba parte del claustro y se limitaba el número de doctorandas. Ingresa a los Archomedanas, y en una de las conferencias de la Sociedad, conoce al Profesor William Bragg, ganador del Premio Nobel en 1915 por demostrar que los rayos X permiten descubrir las estructuras de los cristales. Así, Rosalind, entra en contacto con la cristalografía y el mundo de lo extraordinariamente pequeño en tres dimensiones.

A pesar de la Guerra, en 1941, Franklin concluye su carrera con buenas calificaciones y consigue una beca, entrando a trabajar con un futuro Premio Nobel, el físico-químico Ronald Norrish. Al año siguiente acepta un trabajo para estudiar el carbón a las órdenes de Donald Bangham. Luego de investigar sus diferentes tipologías, Rosalind presenta cinco publicaciones y consigue doctorarse.

En 1946 Franklin decide salir de Inglaterra y logra entrar a trabajar como físico-química junto a Marcel Mathieu, que gestiona un centro de investigación en París. A su lado, Rosalind aprende y desarrolla importantes e innovadoras técnicas, entre las que se destacan las de difracción de rayos X o cristalografía de rayos X. Esta era una técnica compleja y poco conocida, que pretende aplicar el método de la cristalografía a materias no cristalinas. En aquella oportunidad, perfecciona dichos procesos y publica varios estudios sobresalientes.

En 1950 sus avances en dicha disciplina son conocidos por John Randall, director del

laboratorio del *King's College* de Londres, quien la invita a sumarse a su unidad de investigación en la que sólo trabajarían ella y el que sería su mano derecha, Raymond Gosling. Éste había sido hasta ese momento ayudante de un físico neozelandés, Maurice Wilkins, que había trabajado en el DNA, aunque las imágenes que había obtenido eran confusas. Rosalind acepta la propuesta y vuelve a Inglaterra al año siguiente. Monta su laboratorio cubriendo las carencias que su antecesor, Wilkins, no había sido capaz de cubrir. Éste al volver de sus vacaciones se molesta por las mejoras en su laboratorio y, porque su ayudante Gosling, ahora asiste a Rosalind. Estas cuestiones las marcan algunas biografías y manifiestan que Wilkins tenía una mala predisposición hacia ella.

En mayo de 1952, la científica inglesa, consigue, con el difractor de rayos X, fotografiar la cara B del DNA hidratado, logrando la famosa foto 51.

Dejemos en suspenso la historia de Rosalind y expliquemos algunas cuestiones del contexto de la investigación del DNA a fin de entender la relevancia del descubrimiento de Franklin.

Como narra Gribbin (2005) Gran Bretaña, después de la Guerra, financiaba en forma limitada la investigación científica. Sólo había dos grupos capaces de abordar el problema de la estructura del DNA: uno dirigido por Max Perutz en el *Cavendish Laboratory* y, otro que dirigía John Randall en el *King's College* de Londres. Ambos financiados por la misma organización, además, había razones obvias para evitar una duplicación de esfuerzos que supondría derrochar unos recursos limitados. Se llegó a un acuerdo, no formal sino entre caballeros, por el que el equipo del *King's College* tendría prioridad en el intento de develar la estructura del DNA. En palabras de Gribbin (2005):

La pega, [...], era que el equipo del King's College, dirigido por Maurice Wilkins (1916-), no parecía tener mucha prisa para terminar el trabajo, y además tenía la desventaja de que Rosalind Franklin (1920-1958), una joven investigadora que realizaba unas excelentes fotografías del ADN mediante la difracción de rayos X y tenía que haber sido colaboradora de Wilkins, se vio ampliamente marginada del trabajo por el propio Wilkins a causa de una discrepancia de caracteres que, según parece, pudo haber estado basada, al menos en parte, en prejuicios contra ella por ser mujer (Gribbin, 2005: 459-460).

Y continúa este autor en el siguiente apartado:

Fue el desorden existente dentro del equipo del King's College ("equipo" sólo de nombre) el que abrió una ventana de oportunidades para un temerario y joven estadounidense, James Watson (1928-), que [...] estaba firmemente decidido a investigar la estructura de ADN y no sabía nada sobre pactos entre caballeros ingleses, ni le importaban (Gribbin, 2005: 460).

A Watson se le asignó un espacio para trabajar con un estudiante inglés del doctorado, Francis Crick, quien poseía una formación y planteamiento coincidentes con respecto a los de Watson.

Bragg advirtió en dos ocasiones a Crick que dejara el estudio del ADN al equipo del *King's College* y en ambas ocasiones Crick las ignoró.

Aunque la idea teórica y la construcción práctica de modelos eran importantes, todo dependía de las fotografías realizadas mediante la difracción de rayos X, y era Astbury el que había obtenido las primeras imágenes de este tipo en 1938. Fotografías que no fueron superadas hasta la década de 1950, cuando se hizo cargo del tema el equipo de Wilkins, en particular Rosalind con la ayuda de Gosling.

Solís y Sellés (2005) relatan el descubrimiento del ADN del siguiente modo:

Las placas de difracción que obtuvo Maurice Wilkins [...] en 1950 apuntaban hacia una estructura helicoidal, y entonces probó con un modelo constituido por una sola hélice; por su parte, Pauling probó con un modelo de tres. Pero fueron Francis [...] Crick [...] y James [...] Watson [...] quienes en 1953 dieron con el modelo correcto: una doble hélice. Las principales claves para el descubrimiento, además de las excelentes imágenes de refracción obtenidas por Rosalind E. Franklin [...], quien trabajaba con Wilkins, [...] (Solís y Sellés, 2005: 1145).

En la búsqueda bibliográfica acerca de cómo se narra el descubrimiento del ADN, hay dos versiones: en textos más antiguos de Historia de la Ciencia, sólo se menciona que Rosalind contribuyó (en algunos casos en forma conjunta con Wilkins) con la imagen 51, que llevó a Watson y a Crick al modelo correcto de la molécula de ADN. Pero, la segunda versión, como la de Maddox (2002), Sayre (2000) o, por ejemplo, la de Casado Ruiz (2006), quien relata que Watson, quería conocer los resultados del King's. Porque sabía que Rosalind tenía lo que ellos necesitaban, por el hecho de que ella había dado algunas charlas en el King's College. Wilkins, a espaldas de Rosalind, le enseñó a Watson las fotos concluyentes que ésta había obtenido y cuyos resultados aún no había publicado. Watson atribuye a Wilkins la idea de que ella no sabía aportar nada nuevo a lo que ya se sabía. Y añade que Wilkins vio la foto de la forma B y pudo ver claramente la forma helicoidal, pero que ella se negaba rotundamente porque *era antihelicoidal*.

Casado (2006), citando a la biógrafa de Rosalind, Anne Sayre (2000) sostiene que las notas manuscritas que deja Rosalind para sus conferencias no dejan lugar a dudas que ella tenía muy claro lo que significaban las imágenes que había obtenido y sabía interpretarlas. Había conseguido fotografiar las claves del retrato de la molécula de ADN y sus medidas. Dicen las anotaciones de Rosalind: «Conclusión. Una gran hélice en muchas de las cadenas, los fosfatos en el exterior, puentes fosfato-fosfato entre las hélices, interrumpidos por moléculas de agua. Hay enlaces disponibles para proteínas» (Casado, 2006).

Watson y Crick demuestran a la comunidad científica que sus especulaciones tienen una base experimental con la investigación de Rosalind, de la que se van a servir de nuevo. En una conversación con el director de la revista científica *Nature* se pacta cómo se dará a conocer el gran descubrimiento de la estructura del ADN con un protocolo de artículos. El 25 de abril de 1953, *Nature* publica tres artículos con los grandes hallazgos de la biología con el único título de «Estructura molecular de los ácidos nucleicos». El primero, es el de Crick y Watson; el segundo es un artículo de Wilkins y el tercero, el de Rosalind, quien ya lo tenía escrito semanas antes de la construcción del modelo, y en esta publicación conjunta parece simplemente que

ratifica con su experimentación las teorías de los primeros.

Rosalind murió en 1958 a los 37 años, seguramente su enfermedad tuvo que ver con el hecho de haber trabajado con rayos X, al igual que le ocurrió a Marie Curie por la manipulación de sustancias radiactivas. A Watson, Crick y Wilkins les otorgaron, en 1962, el Premio Nobel de Fisiología y Medicina por su descubrimiento de la estructura del ADN.

En el momento de la premiación, dice Amguet (2013): “El nombre de Rosalind Franklin no se mencionó ni se reconoció su contribución en dicho avance científico sin precedentes” (Amguet, 2013: 2).

Watson (1968) en su libro *La doble hélice*, se expresa en estos términos:

Maurice[Wilkins] [...] reveló que, se había dedicado a reproducir discretamente parte del trabajo de rayos X hecho por Rosy y Gosling. [...] Rosy tenía pruebas que hablaban de una nueva forma tridimensional del ADN. Aparecía cuando las moléculas de ADN estaban rodeadas por una gran cantidad de agua. Cuando le pregunté qué forma tenía, Maurice fue a [...] coger una copia impresa de la nueva forma, que denominaban estructura B. En cuanto vi la foto quedé boquiabierto [...]. La forma era increíblemente más sencilla que las obtenidas anteriormente (forma A). Además, la cruz negra de imágenes que dominaba la fotografía sólo podía indicar una estructura helicoidal. Con la forma A, el argumento en favor de una hélice nunca estaba claro, y existía bastante ambigüedad sobre cual era el tipo exacto de simetría helicoidal presente. En cambio, con la forma B, bastaba examinar sus fotografías de rayos X para distinguir varios parámetros helicoidales cruciales.[...] El verdadero problema era la ausencia de una hipótesis estructural que les permitiera agrupar las bases de forma regular en el interior de ella. Por supuesto, eso quería decir que se daba por buena la idea de Rosy de que las bases estaban en el centro y el esqueleto en el exterior. Aunque Maurice me dijo que estaba bastante convencido de que ella tenía razón, yo seguía siendo escéptico, [...] (Watson, 2007: 73).

Y más adelante Watson (2007) especifica:

[...] ya no existía el temor de que fuera incompatible con los datos empíricos. Ya lo habíamos comparado con las mediciones exactas de Rosy [Rosalind Franklin]. Por supuesto, ella no nos había proporcionado directamente sus datos. En realidad, en King's [College de Londres] nadie se había dado cuenta de que los teníamos. Los habíamos conseguido gracias a Max [Perutz] [...] (Watson, 2007:78).

A partir de estos fragmentos del libro de Watson, podemos reconocer – además de que Watson y Wilkins conocían el valor de los trabajos de Franklin- tres recursos lingüísticos que utiliza el autor para desviar la atención y ocultar la posible pregunta de cómo había llegado la información que había obtenido Rosalind, a sus manos y a las de Crick. Primero, da a entender que ella tuvo una actitud “mezquina” al no ofrecerles su descubrimiento a ellos (aunque él mismo aclare que “nadie” sabía lo que ellos investigaban). En segundo lugar, se refiere a ella con un diminutivo, “Rosy”, como si hubiera de parte de él hacia ella cierto afecto o familiaridad (que

no existía). Finalmente, el nombre de Rosalind como “Rosy” aparece en medio de comentarios personales y banales, como algo casual, sin gran importancia. De este modo, Watson, tapa intencionalmente la manera cómo había obtenido la imagen 51 que le permitió a él y a Crick formular el modelo correcto de la molécula.

En 1995, Crick publica su libro *ADN: una historia de cooperación* en donde aclara lo siguiente:

En primer y más importante lugar, debo recordar a Rosalind Franklin, cuyas contribuciones no han sido suficientemente reconocidas en estas reuniones del cuarenta aniversario de su descubrimiento. Fue Franklin quien demostró claramente la existencia de dos formas de ADN –la forma A y la B-. Fue Rosalind quien con gran esfuerzo determinó la densidad, las dimensiones celulares exactas y la simetría de la forma A, evidencia que sugirió muy firmemente que la estructura tenía dos cadenas (y no sólo una), que circulaban en direcciones opuestas (Crick cit por Sánchez Ron, 1999: 271).

5. Conclusiones

Se utiliza con frecuencia el ejemplo de Rosalind Franklin a fin de graficar las dificultades y prejuicios que deben afrontar las mujeres científicas para ver reconocido su trabajo. No pudo disfrutar en vida del reconocimiento que ella mereció. Sufrió la “invisibilidad” de otras muchas científicas y quizá no llegó a entrever hasta qué punto su contribución iba a ser importante. Sin embargo, vivió lo suficiente para disfrutar con su trabajo y lograr otros resultados.

Nos interesa puntualizar dos cuestiones: la primera, recordar la *falacia naturalista* de Moore que consiste en confundir lo que *es* con lo que *debe ser*. Los escritos epistemológicos parecen hablar de una comunidad científica ideal en donde los científicos/as trabajan con total normalidad, buscando la verdad y trabajando en equipo. Mientras que al leer casos de historia de la ciencia y sobre todo, de cualquier científica, aparece una realidad personal e institucional muy diferente. Y, en segundo lugar, remarcar la idea de que el “camino a la doble hélice” resultó de la convergencia de distintas líneas de investigación en donde el descubrimiento constituyó el punto culminante.

Por otra parte, en la actualidad la teoría de género pone en el tapete el debate teórico sobre el poder, la identidad y la estructuración de la vida social. Esto equivale a decir que el género no se restringe a una categoría para denotar las relaciones sociales de hombres y mujeres, al contrario, va más allá del análisis empírico y descriptivo de estas relaciones, abarcando también a la ciencia. Nos ofrece elementos para una comprensión sistémica, procesual e histórica de la estructuración de las diferenciaciones y de las jerarquías sociales. Tanto en sus dimensiones simbólico- culturales como normativas e institucionales. En ese momento sus colegas varones, que eran mayoría, se sintieron con el suficiente poder y derecho para discriminar a Rosalind Franklin y silenciar su trabajo y aportes a la ciencia.

A fin de concluir, nos interesa citar al Premio Nobel de Medicina (2000), Eric Kandel:

A veces, las polémicas que comienzan como diferencias científicas adquieren un matiz de

encono personal, [...]. Lo único que demuestran esas situaciones es que las cualidades que acompañan la competencia –ambición, orgullo y afán de venganza– son tan innegables entre los científicos como la generosidad y la capacidad de compartir. Hay una razón clara para que así sea. El objetivo de la ciencia es descubrir la verdad, lo que implica prioridad, la capacidad de llegar primero (Kandel, 2000:91).

Bibliografía

- AMIGUET, T. M. (2013) Rosalind Franklin, la descubridora desconocida del ADN en *Hemeroteca* (31/05/2013).
- CASADO, M.J. (2006) *Las damas del laboratorio*. Barcelona: Ed. Debate.
- ECHEVERRÍA, J. (2008) Propuestas para una filosofía de las prácticas científicas.
- EN ESTEBAN, M. Y MARTÍNEZ, S. *Normas y prácticas en la ciencia* (pp. 129-149). México: UNAM.
- GRIBBIN, J. (2005) *Historia de la Ciencia*. 1543-2001. Barcelona: Crítica. Traducción Mercedes García Garmilla.
- HARDING, S. (1996). *Ciencia y feminismo*. Madrid: Ediciones Morata. Compuesto por Ángel Gallardo.
- KANDEL, E. (2007) *En busca de la memoria*. Buenos Aires: Katz. Traducción Elena Marengo.
- KNORR CETINA, K. (2005) *La fabricación del conocimiento*. Bs. As. : U.N de Quilmes. Traducción María Isabel Stratta.
- KUHN, T. (2007) *La estructura de las revoluciones científicas*. México: Fondo de Cultura Económica. Traducción de Carlos Solís.
- LATOUR, B. (1992). *Ciencia en acción*. Barcelona: Editorial Labor. Traducción Eduardo Aibar, Roberto Méndez y Estela Ponisio.
- MADDOX, B. (2002) *Rosalind Franklin. The Dark lady of DNA*. New York: Harper Collins Publishers Inc.
- MARTÍNEZ, S. (2005) Ciencia, valores y prácticas científicas. En Erazun, F. y MUDROVICIC, M. I. (comp.). Actas del XII Congreso Nacional de Filosofía. AFRA/ Universidad Nacional del Comahue (pp. 1-9). Nuequén: EDUCO.
- RESCHER, N (1999) *Razón y valores en la Era científico- tecnológica*. Barcelona: Paidós. Traducción Wenceslao J. González y Víctor Rodríguez (cap. 1); Leonardo Rodríguez Duplá (cap. 2); Juan Carlos León (caps. 5 y 6); y Wenceslao J. González (caps. 3, 4, 7, 8 y 9).
- SÁNCHEZ RON, J.M. (1999) *Como el león por sus garras*. Madrid: Editorial Debate.
- SAYRE, A. (2000). *Rosalind Franklin and DNA*. New York: Norton.
- SOLÍS, C. Y SELLÉS, M. (2005) *Historia de la Ciencia*. Madrid. Espasa Calpe.
- WATSON, J. (2007) *La doble hélice*. Madrid: Alianza Editorial (1968). Traducción Ma. Luisa Rodríguez Tapia.