

# Un escrito clave de Claude Bernard: “Sobre el progreso en las ciencias fisiológicas”\*

A Key Text by Claude Bernard: “On Progress in the Physiological Sciences”

Gustavo Caponi†

## Resumen

Publicado en 1865, el mismo año de la publicación de la *Introduction a L'Étude de la Médecine Expérimentale*, el artículo “Du progrès dans les sciences physiologiques” discute aquellos presupuestos del de la Fisiología Experimental que más reticencias suscitaban en la comunidad de médicos y fisiólogos a los que Claude Bernard quería persuadir sobre la viabilidad y fertilidad de su programa de investigación. Claude Bernard pone en evidencia la raigambre vitalista de muchos de las suspicacias suscitadas por la experimentación con seres vivos; y también muestra que la organización funcional no es un obstáculo para el desarrollo de esa estrategia de investigación que él patrocinaba. Por el contrario, esa organización es un presupuesto indiscutible, aunque también inexplicable, de todo abordaje experimental de los seres vivos.

*Palabras clave:* Bernard - Bichat - Cuvier - fisiología experimental - organización funcional - vitalismo

## Abstract

Published in 1865, the same year of the publication of the *Introduction a L'Étude de la Médecine Expérimentale*, the paper “Du progrès dans les sciences physiologiques” discusses those presuppositions of Experimental Physiology that aroused most reluctance in the community of physicians and physiologists whom Claude Bernard wanted to persuade about the viability and fertility of his research program. Claude Bernard highlights the vitalist roots of many of the suspicions aroused by experimentation with living beings, and he also shows that functional organization is not an obstacle to the development of the research strategy that he sponsored. On the contrary, this organization is an indisputable, although inexplicable, presupposition of any experimental approach to living beings.

*Keywords:* Bernard - Bichat - Cuvier - experimental physiology - functional organization - vitalism

---

\* Recibido: 29 de octubre de 2020. Aceptado con revisiones: 28 de diciembre de 2020.

† CNPq/Departamento de Filosofia, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Brasil. Para contactar al autor, por favor, escriba a: [gustavoandrescaponi@gmail.com](mailto:gustavoandrescaponi@gmail.com).

*Metatheoria* 11(2)(2021): 25-31. ISSN 1853-2322. eISSN 1853-2330.

© Editorial de la Universidad Nacional de Tres de Febrero.

© Editorial de la Universidad Nacional de Quilmes.

Publicado en la República Argentina.

## Presentación

Claude Bernard (Saint-Julien, 11/07/1813–Paris, 10/02/1878) no fue el fundador de la Fisiología Experimental. En los siglos XVII y XVIII había comenzado a desarrollarse una ciencia experimental de los seres vivos y, allí, ya estaban germinando los primordios de esa Fisiología en la que Bernard descollaría (ver Grmek 1990, Salomon-Bayet 2008). Además, incluso sin considerar a pioneros como William Harvey, o el propio Antoine Lavoisier, se puede decir que ya existe una Fisiología Experimental en François Magendie (Morange 2017, p. 147): maestro y mentor de Claude Bernard (ver Canguilhem [1957] 2015, p. 758). Como también hubo una Fisiología Experimental en Johannes Müller: iniciador de esa tradición de la Fisiología alemana, cuyo desarrollo fue paralelo al crecimiento de la Fisiología francesa; y que dio lugar a figuras tan relevantes como Justus von Liebig, Carl Ludwig, Emil Du Bois-Reymond o Hermann Helmholtz (Holmes 1999). Fisiólogos, todos ellos, cuyos resultados experimentales no fueron menos relevantes, aunque quizá menos paradigmáticos, que los alcanzados por Bernard (ver Canguilhem [1957] 2015, pp. 758-759). En otras palabras, Claude Bernard no significó para la Fisiología lo que Darwin significó para la Biología Evolutiva.

Antes de la publicación de *Sobre el origen de las especies* (Darwin 1859), hubo, como lo sabemos, muchos naturalistas que enunciaron tesis evolucionistas. Pero, con anterioridad a la obra de Darwin, no existió un dominio disciplinar articulado por el objetivo de reconstruir y explicar procesos evolutivos (ver Bowler 1996, Caponi 2011). Si hubo, como acabo de decir, una Fisiología Experimental anterior a los trabajos de Bernard. Estos últimos fueron contribuciones, indiscutiblemente cruciales, a una ciencia ya existente. Nadie como Bernard, entretanto, comprendió tan pronto, y con tanta claridad, cuáles eran los supuestos teóricos más básicos, los objetivos cognitivos específicos, las reglas metodológicas más importantes, y los conceptos articuladores más generales y centrales, de ese campo disciplinar. Bernard no fundó la Fisiología Experimental, pero no cabe duda de que, además de contribuir de forma decisiva al progreso de esa disciplina, él nos permitió comprender sus fundamentos y principios rectores con una precisión y perspicacia sin precedentes y que, incluso hasta ahora, no ha tenido muchos émulos de su misma excelencia. Claude Bernard no fue el fundador de la Fisiología Experimental, pero fue el precursor de ese capítulo no siempre bien atendido de la Filosofía de la Biología que, siguiendo a Mayr (1961), podríamos denominar “Filosofía de la Biología Funcional”.

Reflexionando sobre la Fisiología, Claude Bernard pudo señalar los fundamentos de todo ese campo de las ciencias de la vida que Mayr (1961) distinguió de la ‘Biología Evolutiva’; y ahí está su *Introduction a l'étude de la médecine expérimentale* (Bernard [1865] 1984) para mostrarlo: no el único, pero sí el más completo y sistemático, de sus escritos metodológicos (ver Lorenzano 1980, 2016). En ese sentido, el texto que aquí presentamos no llega a equipararse con la *Introduction*. Pero, aun así, “Du progrès dans le sciences physiologiques” (Bernard 1865) presenta un interés muy particular: se centra en las cuestiones relativas a los fundamentos de la Fisiología Experimental que mayor interés, y más polémicas, suscitaban, en el momento en el que Bernard desenvolvía sus trabajos. Sin abordar las cuestiones epistemológicas y metodológicas más generales que con tanta lucidez son examinadas en *Introduction a l'étude de la médecine expérimentale*, este otro texto Bernard parece más “datado”; y eso es así porque su foco está en esos aspectos y presupuestos de la Fisiología Experimental que más resistencias generaban a mediados del siglo XIX.

Esos puntos polémicos, que hacen a la condición de posibilidad y a los límites de esa ciencia, también son discutidos en la *Introduction*. Pero, en “Du progres...”, Bernard nos permite visualizarlos con mayor claridad; y eso facilita la comprensión de su *tour de force* con los defensores de una Medicina, y también de una Fisiología, todavía aferradas a modos de pensar cuya expresión más clara aún podía encontrarse en las obras de Xavier Bichat. Ambos trabajos, de todos modos, fueron publicadas en el mismo año; y,

desde un punto de vista conceptual, no hay conflicto, ni diferencias apreciables, entre ellos: sólo una diferencia de énfasis o de foco. “Du progres...” (Bernard 1865), en efecto, fue publicado originalmente en 1865, en la *Revue des deux mondes*; y luego reeditado, ya póstumamente, en la *La science expérimental* (Bernard [1865] 1878). Pero, por el hecho de estar más comprometido con polémicas de esa época, su lectura puede exigir algunas aclaraciones previas que podrían resultar menos necesarias en el caso de la *Introduction*. Y, entre esas aclaraciones, la más importante sería la que atañe a esa discusión sobre la “espontaneidad” de los fenómenos vitales con la que Bernard inicia su argumentación.

En sus *Principios metafísicos de la ciencia natural*, Kant ([1786] 1989, p. 135) había dicho que “la inercia de la materia no significa otra cosa que la *carencia de vida* como materia en sí misma”; y la *vida* no sería otra cosa que “la facultad de una *sustancia* de determinarse por sí misma para actuar a partir de un principio interno –de una *substancia finita* que se determina a sí misma para el cambio– y de una *substancia material* para determinarse a sí misma en el movimiento o en el reposo como cambio de su estado”. En este sentido, un cuerpo es inerte porque carece de cualquier capacidad de darse movimiento por sí mismo, o de resistirse –sólo desde sí–, a cualquier agente exterior que lo empuje a moverse; y esa capacidad sería la vida: una cualidad que Kant le niega a la materia en general pero que Bichat ([1800] 1994, pp. 121-123) le atribuía a los seres organizados en particular. Éstos, diría Bichat, no son seres inertes: son, justamente, seres vivos. Y sería justamente por esa vida, por esa capacidad de abstraerse a cualquier proporción constante entre la intensidad de sus respuestas y la intensidad de los agentes que las suscitan, que esos seres no sólo escaparían a cualquier legalidad que pudiese permitir prever y calcular sus reacciones, sino también serían recalcitrantes a cualquier experimentación que pudiese permitir conocer esa legalidad (ver Caponi 2018, pp. 48-49).

Lo que no es inerte, porque tiene vida, actúa espontáneamente sin respetar ninguna proporción entre sus reacciones y aquello que lo afecta o deja de afectarlo. Lo que no es inerte, lo que tiene vida, es imprevisible y difícilmente controlable. No hay ahí leyes, como las de la Física, que permitan calcular la reacción a partir de la acción; y, como no hay proporción contante entre lo que afecta al viviente y su reacción o respuesta, tampoco hay ahí posibilidad de control experimental: porque nunca descubriremos ninguna relación invariante entre nuestras intervenciones y el comportamiento del sistema intervenido. Lo que se sustrae a cualquier regularidad próxima de lo que Bernard entendía por “ley”, también escapa al conocimiento experimental (ver Caponi 2018, p. 51).

Por eso, para legitimar el abordaje experimental de la Fisiología, Bernard ([1865] 1984, p. 99, 1878 p. 26) precisaba negar esa supuesta espontaneidad del viviente (Bognon-Küss 2012, p. 414, Lorenzano 2016, p. 157). Él precisaba suponer que: “los fenómenos de la vida no son las manifestaciones espontáneas de un principio vital interior” (Bernard 1878, p. 242). Dicha espontaneidad sólo podía ser una apariencia resultante de nuestra incapacidad para discernir una determinación de los fenómenos, un “determinismo complejo”, decía Bernard (1878, p. 19), que suponía articulaciones de variables más intrincadas que las que determinaban los fenómenos de los seres no-organizados: esos a los que él llamaba “cuerpos brutos”. Una vez superada esa dificultad, por la insistencia en la propia experimentación, la determinación, el “determinismo” de cada fenómeno estudiado, se rebelaría, y así sabríamos cómo controlar las reacciones del viviente graduando la intensidad y la duración de las intervenciones sobre él. Si la mediación de una inasible fuerza vital estaba descartada, eso era perfectamente factible (ver Bernard 1878 p. 57, 1947, p. 150); y el efectivo establecimiento de algunos invariantes fisiológicos, tanto como la obtención de diversos resultados experimentalmente reproducibles, ratificaba esa posibilidad (ver Caponi 2018, p. 55 y ss.).

Pero, aunque el contrapunto predilecto y privilegiado de la crítica bernardiana del vitalismo siempre fue la formulación que Bichat le dio a esta última posición, en “Du progres...” también se alude a las tesis de Buffon. Antes de que Bichat escribiese sus obras aludiendo a las fuerzas vitales, el autor de la *Histoire Naturelle Générale et Particulière* ya había recurrido, en varias oportunidades, a una distinción entre dos tipos de materia: una compuestas por las moléculas inorgánicas y otra compuesta por las

moléculas orgánicas (ver Caponi 2010, p. 101). Estas últimas, según Buffon (1749, pp. 37-40) sostenía, presentaban características, y modos de comportamiento peculiares, cuya consideración permitía explicar las particularidades de los cuerpos organizados: entre ellas la tendencia a aglomerarse según principios propios (Buffon 1764, p. iv); y también la capacidad de reproducirse (Buffon 1749, p. 17). De hecho, cuando Kant subrayaba el carácter inerte de toda materia, lo que él estaba haciendo era impugnar ese peculiar vitalismo buffoniano, al que Bernard no dejará de aludir caracterizándolo como una especulación ya totalmente superada.

Lo que sin embargo Bernard no podía hacer era negar, o ignorar, los fenómenos que daban pábulo a esas tesis vitalistas. Las respuestas que un organismo dan a los cambios de su entorno, parecían escapar a cualquier regularidad físico-química, y sólo parecían explicables por la postulación de una espontaneidad propia de lo viviente. Así, mientras la temperatura de una piedra siempre tiende a equipararse con la temperatura de su entorno, un perro sano y bien alimentado puede mantener sus “reglamentarios” treintaiocho grados de temperatura corporal no obstante la temperatura de su entorno sea mucho mayor o mucho menor que su propia temperatura. Pero, conforme Bernard bien argumentaba, para explicar esa “resistencia” a los cambios del entorno, no era necesario postular la intervención de “fuerzas vitales”, ni tampoco postular una peculiaridad inherente a la materia orgánica. En lugar de ello, era suficiente con reconocer que el “determinismo”, la determinación, de los fenómenos fisiológicos podía ser más compleja, y mediada por variables y sistemas de variables, mucho más difíciles de desentrañar, que aquellos que intervenían en la determinación, o en el “determinismo”, de los fenómenos que ocurrían en los “cuerpos brutos”.

Y es para comprender ese “determinismo” complejo que Bernard ([1865] 1984, pp. 103-104) introduce su noción de *medio interno*, que puede considerarse como equivalente a la de homeostasis (Lorenzano 2016, p. 56). Ese concepto será el recurso por el cual Bernard podrá dar cuenta de esa apariencia de sublevación al orden físico a la que ciertamente daba espacio el funcionamiento orgánico (Bernard 1878, p. 19). Pero lo hará sin concederle nada al vitalismo (ver Canguilhem 1983, p. 150, Goodfield 1987, p. 143). Conforme sus resultados experimentales comenzaban a mostrarlo, al abrir la *caja negra* del medio interno, el fisiólogo se encontraba con una trama de sistemas de regulación que, *determinando* las variables físico-químicas específicas del organismo, permitían entender su articulación con las variables del medio externo (Jacob 1973 p. 210, Canguilhem 1988, p. 96). Siendo sólo el conocimiento y el control de esas variables lo que permitía explicar, y reducir, esa *aparente* espontaneidad de los seres vivos en la que el vitalismo se regodeaba maravillado, pero también impotente (ver Bernard [1865] 1984, p. 149). Donde Bichat veía un obstáculo infranqueable para la ciencia experimental (Huneman 1998, p. 101), Claude Bernard sólo reconocía una dificultad a ser superada (Canguilhem 1965, p. 26, 1983, p. 158).

Así, la condición de *vivo*, la condición de *estar vivo*, que reconocemos en ciertos cuerpos, ya no sería entendida como el efecto de una fuerza particular, la fuerza vital; sino como el corolario de cierta organización: como el resultado de cierta convergencia en la operación de los diferentes componentes del sistema orgánico. La vida, para decirlo de otro modo, ya no sería causa o principio explicativo; sino resultado o efecto a ser explicado por ese determinismo complejo al que Bernard reiteradamente alude. Sería esa organización de variables la que estaría encargada de producir y preservar esa condición de estar vivo que puede describirse como la generación y la manutención de la distinción entre un medio interno y un medio externo: un medio interno cuyos estados son relativamente independientes de los estados del medio circundante. Y ahí queda expresado el eje sobre el que gira el trabajo del fisiólogo: explicar cómo es que esa autonomía, esa condición de *estar vivo* puede producirse y preservarse, no obstante su relativa improbabilidad (ver Caponi 2018, p. 103).

El vitalismo no era, sin embargo, el único “enemigo” de la Fisiología Experimental al que Bernard quiere impugnar. También hay que considerar ese organicismo extremo, con el que el vitalismo suele entrar en sinergia, y cuya expresión más clara estaba en ciertos textos de Georges Cuvier destinados a

desestimar la posibilidad de una ciencia experimental de lo viviente. Para Cuvier (1805, p. iii), en efecto, el método de la Fisiología no podía ser otro que la Anatomía Comparada (Guillo 2003, p. 55). Ajeno a cualquier tesis evolucionista, Cuvier no podía considerar a la Anatomía Comparada como fuente de conocimiento sobre la filiación de los seres vivos: ese modo de entender dicha disciplina fue resultado de su posterior cooptación por el darwinismo. Para Cuvier, la Anatomía Comparada estaba destinada, primariamente, a develar las leyes que regían a la economía orgánica; es decir: el funcionamiento del organismo individual (Caponi 2008, p. 28); y la principal razón que él daba para la atribución de esa responsabilidad epistémica era la imposibilidad de valerse del experimento en el estudio de esa intrincada integración funcional en la que se entrelazaban las estructuras orgánicas (Caponi 2008, p. 29).

Según Cuvier, siempre que la naturaleza y la complejidad de los fenómenos analizados impidiesen que su estudio se pautase por la experimentación y el cálculo, la comparación era el único método a ser utilizado; y ése sería el caso de los seres organizados (Cuvier 1817, p. 7). “Las máquinas que constituyen el objeto de nuestras investigaciones”, decía incluso Cuvier (1805, p. v), “no pueden ser desmontadas sin ser destruidas”. Por eso, “no podemos conocer lo que resultaría de la ausencia de uno o de varios de sus engranajes, y, por consecuencia, no podríamos saber cuál es la parte que cada uno de esos engranajes toma en el efecto total” (Cuvier 1805, p. v). Es decir: no sabríamos cuál es la función de ese elemento en la constitución y el funcionamiento del organismo. Por eso, en el estudio de la Fisiología, había que limitarse a examinar, por la vía comparativa, todos los experimentos naturales que la propia naturaleza, ofreciéndose a sí misma como un genuino laboratorio, nos mostraba (Caponi 2008, p. 27). Ahí, decía Cuvier (1805, p. v), debíamos saber buscar “los medios de suplir esa imposibilidad de hacer experimentos sobre los cuerpos vivos”. Pero Bernard sabía que esa promesa de Cuvier no se estaba cumpliendo. Por eso él proponía asumir la vía experimental como vía regia para el desarrollo de la Fisiología (Caponi 2018, p. 80).

Con todo, para que ese abordaje experimental fuese realmente fructífero, era imprescindible que, al seguirse, no se desconociese el innegable núcleo de verdad que había en el organicismo cuvieriano; y me refiero, justamente, al reconocimiento de esa armónica organización funcional de las estructuras orgánicas que quedaba consignada en el *principio de la correlación de las partes en los seres organizados*: “todo ser organizado forma un conjunto, un sistema único y cerrado, en el cual todas las partes se conectan mutuamente, y convergen a la misma acción definitiva por una reacción recíproca” (Cuvier [1812] 1992, p. 97). Y, para descubrir esa conexión funcional, para develar esas convergencias de acciones y reacciones que resultaban en la preservación del sistema viviente, era necesario que el conocimiento causal de los fenómenos fisiológicos estuviese siempre complementado, y orientado, por una perspectiva funcional capaz de desentrañar esa “finalidad armónica” en la que converge la operación de todos los órganos (Lorenzano 2016, p. 56). Esto Bernard lo sabía, y así lo consigna en “Du progres...”; como también lo hizo en otras obras (ver Caponi 2018, p. 90).

Pero ese reconocimiento de que la perspectiva funcional era una condición necesaria para el desarrollo de la Fisiología, también marca una de las limitaciones más notorias del programa bernardiano: su interdicción de cualquier búsqueda destinada a explicar el origen de esa integración funcional que caracteriza a las estructuras biológicas (Caponi 2018, p. 147). Según Bernard consideraba, el fisiólogo debía admitir la ya mencionada finalidad armónica de las estructuras orgánicas como si ella fuese un dato básico e inexplicable. Ella constituía una frontera y un presupuesto más allá del cual la ciencia experimental no podía ir; y es por eso que él atribuye la “evolución” de la máquina orgánica, su configuración, a una misteriosa e inescrutable “causa primera”, “creadora”, “directiva”, “legislativa”, que sería inaccesible para la ciencia experimental. Así, entendiendo por “evolución” eso que nosotros hoy describiríamos como “desarrollo”, u “ontogenia” (ver Grmek 1965, p. 231, Duchesneau 2013, p. 41), Bernard asumía que la construcción de la máquina orgánica seguía un plan de organización cuyo origen nosotros nunca podríamos explicar. Esa notoria adecuación de estructura y función que vemos en los

seres vivos, que Darwin (1859, p. 3) había asumido como uno de los desafíos explicativos centrales de su teoría, era, para Bernard, algo que escapaba al alcance del método científico (ver Caponi 2018, p. 148).

Eso era así porque el límite de la reflexión epistemológica de Claude Bernard coincidía con el límite de la propia Fisiología Experimental; y ésta no puede explicar el origen de la articulación causal que genera la finalidad interna de los seres vivos. Es decir: la Fisiología puede explicar el *cómo* de esa finalidad interna, considerándola efecto de una interacción de elementos cuya articulación tiene un origen, un *porqué*, que ella no consigue, ni precisa, explicar; y Claude Bernard, que no llegaba a comprender esa limitación, atribuía dicha articulación a ciertas leyes morfológicas –a veces descriptas como “ideas rectoras del desarrollo”– cuyo estudio escapaba a la ciencia experimental. Que era prácticamente como decir que escapaba a toda ciencia genuina (ver Bernard 1878, p. 334). Claude Bernard no conseguía ver que había más Biología que aquella que cabía en la Fisiología Experimental. Y eso que la Fisiología Experimental ciertamente no conseguía explicar, y que en realidad Bernard siquiera conseguía delimitar con nitidez, no era nada menos que el origen del *diseño biológico*. Dicho cometido explicativo, que el programa bernardiano para la Fisiología Experimental dejaba del lado de los porqués científicamente inescrutables, tendría que ser alcanzado, sólo podía ser alcanzado, por la Biología Evolucionaria y por la Teoría de la Selección Natural en particular. Una ciencia y una teoría que Bernard no consideró en sus análisis sobre las ciencias de la vida; aun cuando ella estuviese emergiendo en el mismo momento en el que él establecía las bases de la Fisiología Experimental.

## Bibliografía

---

- Bernard, C. (1865), “Du progrès dans les sciences physiologiques”, *Revue des deux mondes* 58(35): 640-663.
- Bernard, C. (1878), *Leçons sur les Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Paris: Baillière.
- Bernard, C. ([1865] 1878), “Du progrès dans les sciences physiologiques”, en *La science expérimentale*, Paris: Baillière, pp. 38-98.
- Bernard, C. (1947), *Principes de Médecine Expérimentale*, Paris: PUF.
- Bernard, C. ([1865] 1984), *Introduction a L'Étude de la Médecine Expérimentale*, Paris: Flammarion.
- Bichat, X. ([1800] 1994), *Recherches physiologiques sur la vie et la mort, 1<sup>o</sup> partie*, Paris: Flammarion.
- Bognon-Küss, C. (2012), “Le vitalisme est-il un indéterminisme? ”, *Matière première* 2: 413-422.
- Bowler, P. (1996), *Life's Splendid Drama*, Chicago: University of Chicago Press.
- Buffon, G. (1749), *Histoire Naturelle Générale et Particulière*, Tome 2, Paris: L'Imprimerie Royal.
- Buffon, G. (1764), *Histoire Naturelle Générale et Particulière*, Tome 12, Paris: L'Imprimerie Royal.
- Canguilhem, G. ([1957] 2015), “Claude Bernard”, en Limoges, C. (ed.), *Georges Canguilhem: résistance, philosophie biologique et histoire des sciences 1940-1965* (Œuvres complètes: Tome IV), Paris: Vrin, pp. 757-764.
- Canguilhem, G. (1965), *La Connaissance de la Vie*, Paris: Vrin.
- Canguilhem, G. (1983), *Études d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, Paris: Vrin.
- Canguilhem, G. (1988), *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*, Paris: Vrin.
- Caponi, G. (2008), *Georges Cuvier: un fisiólogo de museo*, México: Limusa.
- Caponi, G. (2010), *Buffon*, México: UAM.
- Caponi, G. (2011), *La segunda agenda darwiniana*, México: Centro Lombardo Toledano.

- Caponi, G. (2018), *Determinismo y organización: fundamentos y límites del programa de Claude Bernard*, Bogotá: Universidad El Bosque/Universidad Nacional de Colombia.
- Cuvier, G. (1817), *Le règne animal*, Tome 1, Paris: Deterville.
- Cuvier, G. (1805), "Lettre à Jean-Claude Mertrud", en *Leçons d'Anatomie Comparée*, Paris: Baudouin, pp. i-xxii.
- Cuvier, G. ([1812] 1992), *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupèdes: discours préliminaire*, Paris: Flammarion.
- Darwin, C. (1859), *On the Origin of Species*, London: Murray.
- Duchesneau, F. (2013), "Théorie cellulaire et synthèse morphologique", en Duchesneau, F., Kupiec, J. y M. Morange (eds.), *Claude Bernard: la méthode de la Physiologie*, Paris: Éditions Rue d'Ulm, pp. 33-48.
- Goodfield, J. (1987), *El desarrollo de la fisiología científica*, México: UNAM.
- Grmek, M. (1965), "Commentaires", en Bernard, C., *Claude Bernard, Cahier de Notes 1850-1860* (Presenté et commenté par M. D. Grmek, Preface de R. Courrier), Paris: Gallimard, pp. 203-295.
- Grmek, M. (1990), *La première révolution biologique*, Paris: Payot.
- Grmek, M. (1991), "Claude Bernard entre le matérialisme et le vitalisme", en Michel, J. (ed.), *La nécessité de Claude Bernard*, Paris: Méridiens Klincksieck, pp. 117-139.
- Grmek, M. (1997), *Le legs de Claude Bernard*, Paris: Fayard.
- Guillo, D. (2003), *Les figures de l'organisation*, Paris: PUF.
- Holmes, F. (1999), "La physiologie et la médecine expérimentale", en Grmek, M. (ed.), *Histoire de la pensée médicale en Occident*, Tome 3, Paris: Seuil, pp. 59-98.
- Huneman, P. (1998), *Bichat, la vie et la mort*, Paris: PUF.
- Jacob, F. (1973), *La lógica de lo viviente*, Barcelona: Laia.
- Kant, I. ([1786] 1989), *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, Madrid: Alianza.
- Lorenzano, C. (1980), "Dos racionalismos críticos: Claude Bernard y Karl Popper", *Teoría* 1(1): 223-245.
- Lorenzano, C. (2016), "La epistemología médica de Claude Bernard", *Metatheoria* 6(2): 49-63.
- Mayr, E. (1961), "Cause and Effect in Biology", *Science* 134: 1501-1506.
- Morange, M. (2017), *Une Histoire de la Biologie*, Paris: Seuil.
- Pichot, A. (1993), *Histoire de la Notion de Vie*, Paris: Gallimard.
- Salomon-Bayet, C. (2008), *L'institution de la science et l'expérience du vivant*, Paris: Flammarion.