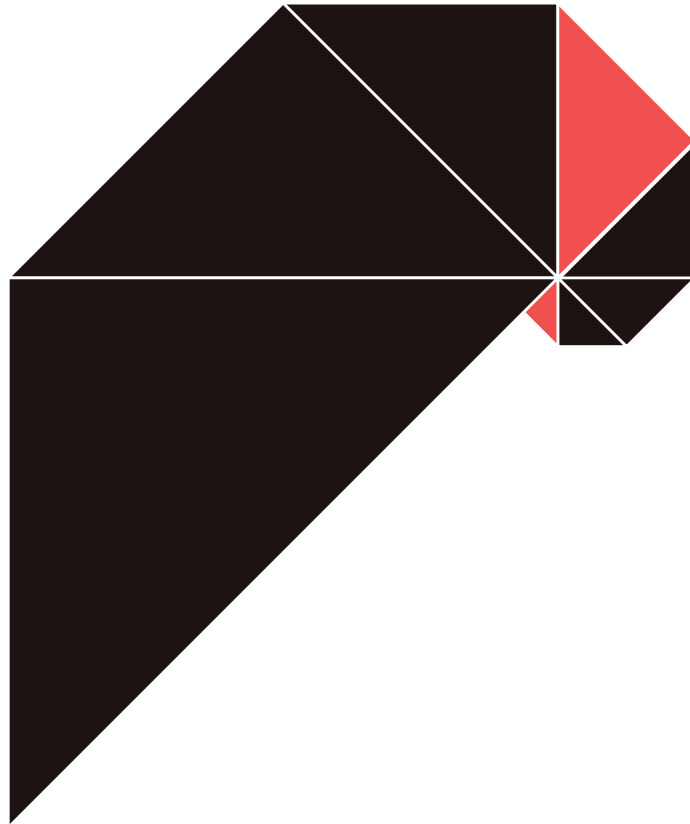


Gustavo Caponi

Determinismo y organización

**Fundamentos y límites del programa de
CLAUDE BERNARD**

Determinismo y organización · Gustavo Caponi



Gustavo Caponi

Nació en Rosario (Argentina) en 1961, se graduó como licenciado y profesor en Filosofía en la Universidad Nacional de Rosario en 1984, y allí comenzó su carrera en la enseñanza superior. En 1992 obtuvo el título de doctor en Lógica y Filosofía de la Ciencia por la Universidad Estatal de Campinas (Unicamp) de Brasil, y desde 1993 es docente en la Universidad Federal de Santa Catarina (UFSC), también de Brasil. Actualmente es becario del CNPQ y profesor titular del Departamento de Filosofía de la UFSC, en donde desarrolla actividades de investigación en las áreas de Filosofía e Historia de la Biología y ejerce la docencia tanto en pregrado como en posgrado.

Fue investigador visitante en el equipo Rehseis de París VII, en el Instituto de Historia y Filosofía de las Ciencias y Técnicas de La Sorbona, y en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. También ha sido profesor visitante en la Escuela de Altos Estudios en Ciencias Sociales de París, en la Universidad Nacional de Colombia, en la Universidad de Borgoña, y en la Universidad Autónoma Metropolitana de México (UAM-Cuajimalpa).

Gustavo Caponi

Determinismo y organización

Fundamentos y límites del programa de
CLAUDE BERNARD



© Universidad El Bosque
© Universidad Nacional de Colombia
© Gustavo Caponi

Determinismo y organización
Fundamentos y límites del programa de Claude Bernard

Rectora Universidad El Bosque
María Clara Rangel Galvis
Rectora Universidad Nacional de Colombia
Dolly Montoya

Editor de la publicación
Gustavo Silva Carrero
Dirección gráfica y diseño
Miller Alejandro Gallego Cataño
Corrección de estilo a cargo de
Liliana Ortiz

Primera edición, marzo de 2018
ISBN: 978-958-739-123-7 (Impreso)
ISBN: 978-958-739-124-4 (digital)
Bogotá, D. C., Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Hecho en Bogotá, D. C., Colombia
Editorial Universidad El Bosque
Dirección: Av. Cra. 9 n.º 131A-02, Bloque O, 4.º piso
Teléfono: +57 (1) 648 9000, ext. 1395
Correo electrónico: editorial@unbosque.edu.co
Sitio web: www.uelbosque.edu.co/editorial

Impresión
LB Impresos S.A.S.



120.1 C16d
CAPONI, Gustavo.
Determinismo y organización : fundamentos y límites del programa de Claude Bernard /
Gustavo Caponi -- Bogotá : Universidad El Bosque, Universidad Nacional de Colombia, 2018.
206 p.
ISBN 978-958-739-123-7 (Impreso) / ISBN 978-958-739-124-4 (Digital)

1. Teoría del conocimiento. 2. Investigación. 3. Epistemología evolutiva. 4. Filosofía de la ciencia.

Fuente. SCDD 23ª ed. – Universidad El Bosque. Biblioteca Juan Roa Vásquez (Julio de 2017).

Contenido

Introducción	13
CAPÍTULO I	
Materia que se irrita según medida	31
• Primera aproximación al determinismo bernardiano	34
• El determinismo como negación del vitalismo	42
• Invariantes cuantitativos	46
• La docilidad experimental de lo viviente.....	51
• La noción de causa próxima.....	57
• Irritabilidad y excitación	65
• Fisicalismo experimental.....	70
CAPÍTULO II	
El determinismo complejo de un mecanismo delicado	77
• Organicismo y vitalismo	80
• La teleología intraorgánica.....	90
• El concepto de función fisiológica	94
• La muerte le sienta bien.....	103
• La fe del fisiólogo.....	105

CAPÍTULO III

Los misterios de la organización	111
• Sobre la noción de causa primera.....	116
• Lo legislativo y lo ejecutivo	126
• Posibilidad y límites de una embriología experimental	131
• La fuerza de la ley	136
• La materialidad de la herencia	142
• El verdadero problema de Bernard	147
Colofón	151
• Otra respuesta posible al problema de Bernard.....	153
• Dos tipos de leyes	159
Referencias bibliográficas	163
Índice analítico	189
Índice onomástico	201

*A Jean Gayon:
Amigo querido,
colega respetado,
maestro admirado.*

CLAUDE BERNARD

[Saint Julien, 12 de julio de 1813 – París, 11 de Febrero de 1878]

Cronología sucinta*

- [1834] Comienza sus estudios de Medicina en París
- [1840] Se vincula con François Magendie, como alumno y asistente de su laboratorio, en el Collège de France.
- [1843] Obtiene su doctorado en Medicina con una tesis sobre el papel del jugo gástrico en la nutrición.
- [1847] Es nombrado suplente de Magendie en el Collège de France y comienza su carrera como investigador. A partir de ahí, a lo largo de más de dos décadas, sus resultados experimentales en Fisiológica comienzan a acumularse, dándole renombre internacional.
- [1853] Obtiene el doctorado en Ciencias Naturales. Coronación de Napoleón III.
- [1854] Asume como profesor de la Sorbonne.
- [1855] Es titularizado en el Collège de France.
- [1859] Charles Darwin publica *El origen de las especies*.
- [1865] Publica la *Introducción al estudio de la Medicina Experimental*.
- [1868] Renuncia a la Sorbonne y comienza a dictar clases en el Museo Nacional de Historia Natural. Ingresa a L'Académie française.
- [1870] Caída de Napoleón III.
- [1877] Dicta su última clase en el Collège de France.

* Datos biográficos provenientes de: Bert (1878); Canguilhem (2015[1957]); Dagonet (1984); Gross (1998); y De Loisy (2016).

Agradecimientos

Este libro es el resultado más importante de la labor realizada durante mi estancia en el *Institut d'Histoire et de Philosophie des Sciences et des Techniques* de la Sorbona, ocurrida entre septiembre de 2017 y febrero de 2018. Privilegio, ese, que no hubiese podido disfrutar sin por el apoyo de mi Universidade Federal de Santa Catarina.

Mi agradecimiento, entonces, para ambas instituciones. Pero también, y sobre todo, para la Universidad Nacional de Colombia y para la Universidad El Bosque. Porque sin su reconocimiento por mi trabajo, y sin su generosidad, yo no estaría escribiendo esta página. Y en lo que respecta a eso, no puedo dejar de mencionar al profesor Gustavo Silva, de la Universidad El Bosque, principal artífice y estratega de esta aventura editorial.

Tampoco quiero olvidarme de los plátanos de la *Rue Faidherbe*; que, con sus imprevistas nostalgias rosarinas, nos abrazaron, a Dixie y a mí, mientras escribíamos y mirábamos a París desde el nido de un gorrión.

Introducción

En el contexto de la *Historia epistemológica de la ciencia*, y como alguna vez Gaston Bachelard (1973[1951], p.134) supo subrayarlo, el pasado de cada disciplina científica debe ser evaluado y comprendido asumiendo las verdades que el estado actual del conocimiento deja “más claras y mejor coordinadas”. Si se procura identificar los vectores que pautaron el progreso conceptual de una ciencia, señalando también los obstáculos que esta tuvo que superar para llegar a su estado presente, entonces los presupuestos, resultados y valores cognitivos de ese estado actual del conocimiento deberán asumirse como los únicos criterios a ser considerados en esa operación de evaluación y comprensión epistemológica (*cf.* Fichant, 1971, p.92). Proceder de otra forma sería arrogarse un conocimiento superior al conocimiento de la propia ciencia y también implicaría aceptar que, en lugar de establecer y reformular —autónoma y permanentemente— sus propios principios y fundamentos, el conocimiento científico está sujeto a alguna autoridad epistemológica exterior a él. Una autoridad trascendente que permanecería ajena a las vicisitudes y convulsiones que jalonan la historia de cada disciplina científica, y a la cual podríamos remitirnos como corte de última instancia en toda cuestión epistemológica.

Entretanto, aunque ese compromiso y ese anclaje en el presente de la ciencia sean inherentes a la reflexión epistemológica, también

es cierto que el modo en el que Bachelard presentó esa idea puede llevarnos al error de pensar que ese presente sea algo transparente e inconcuso. Lejos de eso, el presente de una ciencia no se define solo por sus consensos y por aquello que, en ese momento, sea considerado como una conquista definitiva de nuestro saber: el presente de una ciencia también se define por sus problemas y polémicas. Por eso nuestra comprensión y nuestra evaluación del pasado estarán inevitablemente marcadas por esos problemas y sesgadas por nuestros posicionamientos ante las polémicas que esos problemas susciten. Pero, además de eso, también es preciso asumir que ese presente tampoco es epistemológicamente transparente; por el contrario, está regido por una gramática cuya elucidación también es problemática y polémica. El esfuerzo por avanzar en esa elucidación que genera los problemas y las discusiones que definen la agenda es lo que, habitualmente, se denomina “filosofía de la ciencia”¹.

En efecto, la filosofía de la ciencia tiene como objetivo elucidar las reglas metodológicas, las presuposiciones y los conceptos fundamentales, valores cognitivos y objetivos explanatorios que cada ciencia va instituyendo y siguiendo en su desarrollo (Caponi, 2007,

1 La distinción entre filosofía de la ciencia e historia epistemológica que estoy suponiendo se puede explicar por ejemplificación. Casos paradigmáticos de la primera serían las obras de Carnap, Popper y Hempel. Pero también podríamos citar, en el caso de la biología, los trabajos de Elliott Sober y Robert Brandon. Mientras tanto, en lo que atañe a la historia epistemológica, se pueden citar los ejemplos que nos dan las obras de Gaston Bachelard, de Alexandre Koyré, de Georges Canguilhem y de Jean Gayon; pero también las de Stephen Toulmin, de Edwin Burtt y del propio Thomas Kuhn, pensando incluso en las contribuciones que Michael Ruse y David Hull hicieron en el campo de la historia de la epistemología de la biología evolucionaria. En este sentido, los trabajos de Ruse y Hull dialogan, sin problema, con los de Gayon y los de Camille Limoges. Entiendo de todos modos que, en última instancia, filosofía de la ciencia e historia epistemológica son dos caras y dos momentos de un mismo emprendimiento cognitivo (*cf.* Caponi, 2007; 2013a).

p.76; 2013a, p.257), y podemos estar seguros de que esas elucidaciones son un auxilio insustituible para la reflexión histórico-epistemológica. En la medida en que ella consiga explicitar el encuadramiento metodológico y categorial que cada disciplina científica crea y recrea permanentemente para sí misma, la filosofía de la ciencia también permitirá una mejor comprensión de esa actualidad del conocimiento científico en la cual, necesariamente, habremos de afirmarnos para intentar alcanzar una comprensión epistemológica de la historia de las diferentes ciencias. Es decir: si se trata de interrogar *el pasado del presente de una ciencia*, entonces las elucidaciones y los instrumentos de análisis que la filosofía de la ciencia va generando en su empeño por entender la ciencia actual, ciertamente van a auxiliarnos en el estudio de los caminos que convergieron en ese presente en el cual estamos situados.

Por lo tanto, aunque sepamos que la propia filosofía de la ciencia también es un ámbito transido por problemas y polémicas, que más que a cerrarse tienden siempre a reformularse y diversificarse indefinidamente, tenemos que aceptar que es desde ahí, desde esas polémicas y esos problemas generados por el esfuerzo de comprender la gramática de la ciencia presente, que tenemos que comprender y juzgar el pasado de cada región del conocimiento científico. Esto vale, sobre todo, en el caso de cualquier tentativa por explicitar y entender los presupuestos teóricos y los principios metodológicos más fundamentales que rigieron —o pugnaron por regir— el destino de esos dominios disciplinares en cualquier momento histórico. Aunque sea palmariamente cierto que la filosofía de la ciencia actual no podría brindarnos todos los instrumentos necesarios para esa tarea, será desde la discusión epistemológica del presente que tendremos que comenzar nuestra revisión del pasado.

Es decir: en la medida en que la propia comprensión de la actualidad de la ciencia exige una reflexión epistemológica, esta última también habrá de pautar, aunque sea solo implícitamente, nuestra vuelta sobre el pasado. Esta vuelta, para decirlo de otro modo, no solo estará pautada por las polémicas científicas del presente, sino que también estará marcada por las polémicas epistemológicas que ese presente suscita. Y es claro que la corrección de las distorsiones que

ese punto de partida nos imponga también forma parte del esfuerzo hermenéutico a ser realizado. De hecho, la eventual constatación de que algunos de esos instrumentos de análisis forjados en el análisis de la ciencia presente no son pertinentes o adecuados al estudio de algún aspecto de la ciencia pasada, puede ser uno de los resultados más relevantes de nuestros estudios histórico-epistemológicos. Pero para que eso sea posible es necesario conocer y tener en cuenta esos instrumentos de la filosofía de la ciencia actual; si no, nunca sabremos —con la debida precisión— cuáles son las verdaderas razones de su posible inadecuación para la comprensión del pasado.

Por otra parte es obvio que las indagaciones histórico-epistemológicas también habrán de brindarnos subsidios para comprender ese presente en el cual estamos situados. Si se trata de entender los presupuestos y los principios rectores de los modos vigentes de hacer ciencia, nada mejor que contrastarlos con esos otros modos de hacer ciencia que se vieron desplazados por aquellos que hoy imperan. Por eso es que es tan importante estudiar las coyunturas de la historia de una ciencia en las que ocurrieron esas grandes rectificaciones o rupturas, encrucijadas en las cuales los modos ahora permitidos de hacer ciencia se vieron efectivamente desafiados y después derrocados o revocados por las opciones epistemológicas que desembocaron en ese presente en el cual estamos parados. Así, entre pasado y presente se entabla una compleja dialéctica de mutua iluminación y problematización epistemológica que es tan inevitable como enriquecedora (Caponi, 2007, p.78). La filosofía de la ciencia y la historia de la ciencia se asisten mutuamente configurando un simbiote altamente integrado.

Parafraseando a Kant (*A51/B75*)², Imre Lakatos (1971, p.91) dijo: “la filosofía de la ciencia sin la historia de la ciencia es vacía; la

2 Como es habitual, citaré la *Crítica de la razón pura* refiriendo con la *A* a la primera edición de 1781, y con la *B* a la segunda edición de 1787. *La crítica de la facultad de juzgar*, de 1790, la citaré, como también suele hacerse, con la abreviatura *KU* de “Kritik der Urteilskraft”.

historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia es ciega”, y lo que estoy diciendo aquí se deja capturar por esa paráfrasis, aunque por “historia epistemológica” yo esté entendiendo algo un poco más rico y amplio que las *reconstrucciones racionales* lakatosianas. Estas últimas se limitaban al estudio de las decisiones y reglas metodológicas que guían las elecciones entre teorías; sin detenerse mucho en el análisis de los presupuestos sobre los que esas teorías se apoyaban, ni en los conceptos que las articulaban, atenerse a ese resabio de la distinción entre “contexto de descubrimiento” y “contexto de justificación” puede empobrecer la reflexión histórico-epistemológica. Esta no solo debe procurar elucidar las reglas que rigen las opciones teóricas que ocurran en un momento dado del desarrollo de una ciencia, sino que también debe tematizar los principios y nociones que les dieron forma a las teorías que allí se ofrecían, y que permitían que ellas ingresasen en el ámbito de lo discutible, tornándose opciones posibles. Por tanto, insisto, la indagación histórico-epistemológica debe partir de un presente cuya comprensión también nos exige una reflexión epistemológica que, a su vez, se verá enriquecida, rectificada y ampliada por lo que el pasado nos enseñe sobre el desarrollo del pensamiento científico.

Pero en ese contrapunto entre pasado y presente, la filosofía de la ciencia no solo opera como una pauta que orienta la comprensión del presente y desde ahí incide en la propia comprensión del pasado, sino que ella, para decirlo de otro modo, es una base y una guía para la indagación histórico-epistemológica, que también puede y debe ser tema de esa indagación. Aunque no siempre de modo explícito, y muchas veces de forma oblicua y poco sistemática, el desarrollo de toda investigación científica siempre suscita esfuerzos por definir y comprender las reglas, los presupuestos y los conceptos fundamentales que rigen dicha actividad (*cf.* Guillaumin, 2009, p.10-1). Es decir: la ciencia nunca deja de estar acompañada por un esfuerzo de autoconciencia epistemológica; y ese esfuerzo, que da lugar a la filosofía de la ciencia, suele poner en evidencia los valores y los objetivos epistémicos que pautan el desarrollo de una disciplina científica particular en un determinado momento histórico. Por eso el análisis de esas reflexiones epistemológicas, el estudio de la filosofía de la ciencia

que se desarrolla en determinado momento de la historia de una disciplina científica, también tiene que formar parte de la indagación histórico-epistemológica (cf. Guillaumin, 2009, p.13-4).

Un ejemplo clásico de lo que estoy diciendo lo podemos encontrar en *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna* de Edwin Burtt (1960). Pero refiriéndonos a un tema más próximo del que aquí nos ocupa, también podemos mencionar los muchos —y muy relevantes— estudios que se han hecho respecto del modo en que la filosofía de la ciencia inglesa de mediados del siglo XIX estuvo presente en la formulación y aceptación de la teoría darwiniana sobre el origen de las especies³. El estudio de las tesis epistemológicas de John Herschell (1846), de William Whewell (1837, 1847[1840], 1858) y, en menor grado, de John Stuart Mill (1851), sobre la naturaleza de la explicación causal y sobre la validación de teorías, se ha mostrado fundamental para entender tanto la articulación de la teoría darwiniana como su impacto en la comunidad científica de la época. Y nadie podrá poner en duda la relevancia que esos estudios tuvieron para la historiografía de la revolución darwiniana.

Se podrá discutir, por supuesto, cuál es la naturaleza de esa relación entre la ciencia y la reflexión epistemológica que sobre ella se realiza en una determinada coyuntura. Se puede pensar que esa reflexión ejerce un control efectivo sobre el desarrollo de la ciencia (cf. Guillaumin, 2009, p.10-1), pero también se puede pensar —y yo me inclino por esta segunda alternativa— que dicha reflexión solo expresa —explicitando de forma más o menos directa y adecuada— un plexo de reglas que ya están siendo acatadas; y que si ella ejerce,

3 Se trata de una literatura vastísima, en la que se destacan las contribuciones de David Hull (1973, 1979, 2000, 2003), Michael Ruse (1975, 1976, 1978, 1979, 2000) y Jonathan Hodge (1977, 1987, 1991, 1992, 2000). Pero sobre esa misma temática existen muchos otros trabajos, de otros autores, que también son de gran valor, como por ejemplo Kavaloski (1974), Thagard (1977), Schweber (1983), Recker (1987), Martínez (1997), Waters (2003), Lennox (2005), Lewens (2008), Guillaumin (2009) y Largent (2009).

en algún momento, cierta coerción sobre el desarrollo de las investigaciones y sobre la validación de sus resultados, es solo por el hecho de esa misma explicitación: hasta cierto punto, normas reconocidas pueden ser mejor atendidas que normas tácitas, aunque, llegado un punto, esa explicitación también propicie su desacatamiento. Pero, sea cual sea la posición que adoptemos a ese respecto, lo cierto es que esas reflexiones nos dejan ver las coordenadas epistemológicas y metodológicas más fundamentales de ciertos desarrollos científicos; y lo hacen con una claridad que no siempre encuentra parangón en la presentación y en la justificación de los desarrollos teóricos y los resultados empíricos que se obtienen en el marco de esas coordenadas.

En ocasiones, la reflexión epistemológica que los desarrollos de una ciencia van suscitando conforme estos últimos van ocurriendo, puede mostrarnos una trama de presupuestos teóricos fundamentales que puede ser difícil de entrever si nos limitamos a analizar las formulaciones y los desarrollos estrictamente científicos. Por eso, incluso, el interés que siempre han suscitado las reflexiones epistemológicas y metodológicas de Claude Bernard: ellas nos muestran, con claridad aun inigualada, cuál era el suelo de supuestos —pero también de disidencias fundamentales— sobre el que se delineó el programa de la fisiología experimental. Y será por eso que aquí volveré sobre esas reflexiones. Pero, si me permito insistir por un camino de lecturas por el que tantos ya se han aventurado, es porque estoy convencido de que los desarrollos de la filosofía de la ciencia nunca dejan de ampliar y renovar los instrumentos con los cuales analizar el presente de la ciencia, para desde ahí intentar revisar y profundizar nuestra comprensión epistemológica de su pasado.



Esto vale para todos los niveles en los que cabe desarrollar una reflexión histórico-epistemológica, aplicándose también a todos los ámbitos del conocimiento científico y a todas las subáreas de los estudios epistemológicos: desde la filosofía y la historia de la física, hasta la filosofía y la historia de *ciencias especiales* como la sociología, la economía o la geología. Además vale muy especialmente para el caso de la biología, porque las discusiones que ocurrieron en las últi-

mas dos décadas en los diversos campos de la filosofía de la biología posibilitaron el desarrollo y el refinamiento de toda una serie de instrumentos de análisis que, ciertamente, pueden ser muy útiles en la historia epistemológica de las *ciencias de la vida*. Así, valiéndose de esos instrumentos, esa rama de la historia de la ciencia puede llegar a una comprensión del pasado de la biología y de su devenir que, sin ninguna duda, también habrá de redundar en un mejor entendimiento del presente que sirve como anclaje inicial de dicha comprensión.

Debido al hecho de que la mayor parte de la filosofía de la biología contemporánea fue una filosofía de la biología evolucionaria, la comprensión epistemológica del devenir histórico de ese campo de las ciencias de la vida progresó sustancialmente, como ciertamente no lo hubiese hecho de haber carecido de los subsidios e instrumentos conceptuales que le brindó la filosofía de la ciencia. El propio estudio de la relación entre la revolución darwiniana y la filosofía de la ciencia *victoriana* ya se ha visto beneficiado por esos servicios que la filosofía de la ciencia *tout court* puede prestarle a la historia epistemológica. Pero existen otros campos de las ciencias de la vida que también fueron objeto de las reflexiones de la actual filosofía de la biología, aunque ciertamente nunca llegaron a ser tan frecuentados y estudiados como lo ha sido la propia biología evolucionaria. Tal es el caso de ese dominio de la investigación biológica que Marcel Weber (2004, p.3) llamó “biología experimental”, que no es otro que aquel que Mayr (1961, p.1502) englobó bajo el rótulo de “biología funcional” (*cf.* Caponi: 2001). Y ahí también puede ocurrir ese deseable enriquecimiento de la historia de la ciencia por la filosofía de la ciencia.

En efecto, el estudio de la historia de esos otros dominios disciplinares también se puede ver beneficiado y enriquecido por esos desarrollos de la filosofía de la biología a los que estoy aludiendo. De las reflexiones epistemológicas sobre esos otros campos de las ciencias biológicas surgen recursos de análisis que también se pueden usar en estudios históricos sobre diferentes aspectos y momentos del desarrollo de disciplinas como la embriología, la inmunología y la genética, y en esa lista debe incluirse, por supuesto, la propia fisiología, máxime si pensamos en lo que será el tema de este libro: los presupuestos epistemológicos que pautaron el delineamiento del

programa que Claude Bernard impuso en el ámbito de la fisiología experimental. Abordar estas reflexiones teniendo en cuenta los desarrollos de la filosofía de la biología actual puede resultar algo altamente instructivo, y cuando digo esto pienso en las derivaciones más recientes de algunas polémicas clásicas de ese campo de la filosofía de la ciencia. Pienso, particularmente, en las últimas discusiones sobre la estructura y el fundamento de las explicaciones causales propias de las ciencias biológicas, y también en las discusiones relativas al posible carácter teleológico de algunas de dichas explicaciones.

De ahí emergen claves y planteamientos que pueden permitir una comprensión más nítida y una evaluación mejor ponderada de algunas opciones teóricas y algunos compromisos epistemológicos que fueron cruciales en el desarrollo de la fisiología experimental. Pero esas opciones ya habían sido objeto de las lúcidas reflexiones epistemológicas que el propio Bernard se permitió para establecer la legitimidad de sus emprendimientos teóricos, y es por eso que vale releerlas a la luz de la última reflexión de la filosofía de la biología. Esta puede darnos claves para terminar de entender lo que Claude Bernard realmente quería mostrar en tales consideraciones. Pero además de eso, la filosofía de la biología actual también puede darnos los recursos conceptuales y terminológicos que Bernard no tuvo a su disposición en el momento de ensayar sus propias indagaciones epistemológicas. La ciencia pasada —conforme ya vimos que Bachelard decía— debe ser evaluada y comprendida partiendo de las verdades que el estado actual del conocimiento deja “más claras y mejor coordinadas”, lo que no excluye a la propia filosofía de la ciencia que hemos desarrollado para situarnos mejor en ese presente desde el que, inevitablemente, iniciamos nuestra *démarche* histórico-epistemológica.

Claude Bernard siempre fue, en efecto, sorprendentemente perspicaz y sumamente cuidadoso en lo que atañe a los compromisos y presupuestos fundamentales de su programa de investigación. Él fue su propio Whewell y su propio Herschel. Pero aunque él le haya dedicado muchas páginas al tratamiento de esas cuestiones de fundamentos, su modo de explicar y justificar la naturaleza de los posicionamientos ahí defendidos no siempre fue lo suficientemente claro. Eso fue así por la simple y sencilla razón de que en el siglo XIX

no estaban disponibles los recursos de análisis epistemológico y la terminología de la que hoy disponemos. Esos recursos y esa terminología suponen la plena articulación y consolidación de un modo de hacer las ciencias del viviente que Bernard recién estaba ayudando a configurarse, y cuyos contornos aún no estaban plenamente definidos. Pero, además de eso, también es preciso decir que algunas reflexiones epistemológicas de Claude Bernard acabaron pareciendo más opacas de lo que en realidad eran, y eso fue así porque —en la mayoría de los casos— las claves de lectura con las que estas fueron abordadas no resultaron del todo adecuadas.

Frecuentemente, cuando recorremos la literatura secundaria sobre la obra de Claude Bernard, percibimos que dicha literatura suele estar animada por una filosofía de la biología aún inmadura, e incluso precaria, y eso acaba comprometiendo la precisión y el alcance de los análisis allí desarrollados, cosa que se agrava precisamente en el examen de las reflexiones epistemológicas que el propio Claude Bernard se permitía cuando quería dejar más claros los contornos y los presupuestos del programa de investigación que él estaba delineando. Muchos trabajos, no solo merecedores de elogio sino también de mucha consideración en cualquier tentativa de profundizar en el análisis histórico-epistemológico de la obra de Bernard, podrían haber llegado más lejos de lo que de hecho consiguieron llegar, si sus autores hubiesen podido, sabido o querido, recurrir a algunos desarrollos de la última filosofía de la biología. Esta nos da una comprensión del presente de las ciencias de la vida que facilita entender las tensiones y los clivajes de aquel momento fundacional en el que Bernard desarrollaba sus propias reflexiones epistemológicas.

Quiero decir: gran parte de los análisis de dichas reflexiones que hasta aquí se hicieron habrían ganado mucho si hubiesen podido —y en ocasiones aceptado— tener como referencia algunas polémicas y algunos desarrollos recientes de la filosofía de la biología⁴. Por eso,

4 Es posible que la poca familiaridad con los desarrollos de la filosofía de la biología actual que se insinúa en algunos estudios sobre la obra de Claude Bernard tenga que ver, justamente, con el hecho de que gran parte de ese capítulo de

en las próximas páginas tendré en cuenta esas polémicas y esos desarrollos para, con base en ellos, articular y proponer una reconstrucción unitaria del modo en el que Claude Bernard entendía no solo las explicaciones causales y funcionales propias de la fisiología, sino también la relación íntima que existía entre esas explicaciones y lo que él llamaba “determinismo físico-químico”. Pero dicha reconstrucción sobre el modo en el cual entendía la explicación del *cómo* de los procesos biológicos también dejará en evidencia algunas limitaciones en la comprensión que Bernard tenía de la biología en general, sobre todo en lo atinente al *porqué* del diseño biológico, entendiendo por esto último el hecho de que las estructuras biológicas sean adecuadas a los desempeños funcionales exigidos para posibilitar la viabilidad de los seres vivos. Defenderé, así, cuatro tesis que quiero formular desde el inicio, aunque sea de una forma un poco cruda y sumaria.

La primera de esas tesis se limita a afirmar que Claude Bernard sustentaba una *concepción experimentalista* de la explicación causal; la segunda es que su crítica al vitalismo y su defensa del determinismo eran perfectamente compatibles con el desarrollo de una fisiología que aludiese a propiedades específicamente biológicas. La tercera te-

la filosofía de la ciencia haya sido, como ya lo dije, una filosofía de la biología evolucionaria. Debido a eso, estudiosos interesados en el desarrollo de la biología funcional (o “experimental” *sensu* Weber), y no en el desarrollo de la biología evolucionaria, pudieron considerar que esa filosofía de la biología era poco relevante para sus intereses. Pero eso envuelve dos errores: uno es el de haber individualizado y aprovechado los brotes de una filosofía de la biología funcional que crecían en el bosque de la filosofía de la biología evolucionaria, y el otro, el más grave, es el de no percibir que la biología evolucionaria es un elemento demasiado central en el presente de la biología. Por eso es sumamente arriesgado, incursionar en el pasado de cualquier disciplina biológica ignorando ese hecho, y sobre todo desconociendo la reflexión epistemológica sobre la teoría de la selección natural. Es muy posible que terminemos haciendo preguntas impertinentes y enredándonos en cuestiones epistemológicas ya superadas. No hace falta que cite a Dobzhansky.

sis, mientras tanto, es que el entendimiento que Bernard tenía de las imputaciones funcionales responde perfectamente a la concepción de la función como papel causal. Y la cuarta tesis será, sin duda, la más polémica: sostendré que el recurso que Bernard hace a supuestas leyes morfológicas que guiarían el desarrollo orgánico solo responde a su incapacidad de vislumbrar la posibilidad de una explicación naturalista, científica, del diseño biológico, una explicación que Darwin estaba proponiendo en el mismo momento en el que Claude Bernard parecía presuponer su total imposibilidad. Por otra parte, entre mi discusión de la segunda y la tercera tesis me detendré en un análisis de la noción de *medio interno*. Ese análisis no solo nos permitirá comprender mejor la concepción bernardiana de la explicación funcional, sino que también nos ayudará a identificar lo que podría caracterizarse como el *ideal de orden natural* de la fisiología experimental. A continuación balizo el camino que seguiré en mi argumentación.



Lo primero que procuraré mostrar es que la idea de *ley* a la que alude Claude Bernard en sus escritos no remite necesariamente a enunciados nómicos como los supuestos en el modelo nomológico-deductivo de explicación. Dicha idea remite, más bien, a los *invariantes estables bajo intervenciones* que James Woodward puso en el centro de su concepción experimental de la explicación causal, y es a ese mismo entendimiento experimentalista del término “ley” que tenemos que remitirnos para entender las referencias que Bernard hacía a “leyes fisiológicas”. Él, sostendré, hablaba de “leyes fisiológicas” porque entendía que el desarrollo de la fisiología experimental ponía en evidencia invariantes que debían ser considerados como *específicamente fisiológicos*. Y la razón para considerarlos así era que ellos aludían a cambios ocurridos en variables cuyos estados eran descritos en términos de propiedades cuyo correlato o sustrato físico-químico aún no había sido establecido: propiedades que, en todos los casos, eran consideradas como modalidades de esa propiedad fisiológica general que es la *irritabilidad*.

Por eso, aun reconociendo que el mundo natural está sujeto a un estricto determinismo físico como aquel que Bernard siempre

postuló, esos invariantes *puramente* fisiológicos debían considerarse como conocimiento causal efectivo y legítimo. Eso era así porque dichos invariantes establecían relaciones entre variables que eran satisfactoriamente estables en intervenciones experimentales. Aunque Bernard considerase que la trama causal del mundo era de naturaleza físico-química, él también sabía que, en muchos casos, el diagrama de esas relaciones causales podía y debía escribirse en un lenguaje que aludiese a propiedades biológicas, o *vitales*, aún no reducidas a propiedades físicas o químicas. No hacerlo así habría puesto a la fisiología delante de desafíos cognitivos casi imposibles de enfrentar, y nos hubiera obligado a conformarnos con un conocimiento fisiológico carente de cohesión teórica.

Para Bernard, el determinismo físico, que implicaba la exclusión de toda forma de vitalismo, era condición de posibilidad de cualquier conocimiento experimental que pudiese venir a surgir. Eso era así porque, conforme espero poder mostrar, dicho determinismo postula la estricta correlación, o invariancia, entre la intervención experimental y la respuesta del sistema intervenido. Para Bernard, el éxito en el establecimiento de invariantes estables en intervenciones experimentales que aludían a variables cuyos estados eran descritos en términos de propiedades específicamente fisiológicas era prueba suficiente de que la fisiología producía un conocimiento causal efectivo, y cuando él desarrollaba esas reflexiones dicho éxito ya había sido alcanzado en diferentes desarrollos experimentales. Ese éxito nos indicaba que la fisiología proveía de un conocimiento causal compatible con una ontología fisicalista, y que solo era posible dentro de ella.

El hecho de que esas intervenciones fuesen realizadas por medios técnicos que operaban sobre la materialidad físico-química de los fenómenos estudiados, y el hecho de que los resultados de esas intervenciones fuesen registrados y medidos por instrumentos que también eran usados en el registro y en la observación de fenómenos físico-químicos, corroboraba ese compromiso y esa compatibilidad que existía entre la fisiología experimental y la ontología fisicalista a la que Bernard aludía cuando hablaba de *determinismo*. Un *input* físico o químico sobre el viviente siempre redundaba en un *output* estricto-

tamente proporcional a ese *input*, y la fisiología debía descubrir esa proporcionalidad, expresándola en esos invariantes a los que Bernard llamaba “leyes fisiológicas”. La insistencia de Bernard en la capacidad de control de los fenómenos biológicos a que nos daba acceso la *fisiología experimental* expresaba ese compromiso ontológico suyo con el fisicalismo. Bernard profesaba, para decirlo de algún modo, un *fisicalismo experimental*. Un fisicalismo basado en la presuposición de que si algo está al alcance del control experimental entonces no es algo que escape al orden físico, aunque nuestra conceptualización de ese control pueda no estar formulada en el lenguaje de la física o de la química.

Hasta ahí, entonces, es lo que diré en el capítulo 1 sobre la manera en la que Claude Bernard entendía el conocimiento estrictamente causal de los fenómenos fisiológicos. Eso, sin embargo, solo nos daría una visión apenas parcial del modo en el que él consideraba la fisiología. Nos estaría faltando considerar su reconocimiento de la forma compleja en la que se manifestaba el determinismo en los procesos fisiológicos. Y también nos estaría faltando considerar su recurso a la noción de *medio interno* para, con base en ella, explicar ciertas evidencias que, *prima facie*, parecían ratificar las presunciones vitalistas sobre la espontaneidad de lo viviente. Esa cuestión, además, también es interesante porque nos permitirá explicitar ese *ideal de orden natural* de la fisiología que es la muerte, un ideal de orden natural que contrapone la fisiología experimental al vitalismo. Para este, la vida es parte de las causas explanantes; para la fisiología experimental ella se inscribe en el orden de los efectos a ser explicados. Pero antes de examinar esa cuestión me detendré a analizar el modo en que Claude Bernard entendía ese discurso funcional que él sabía inherente a la fisiología.

En efecto, Claude Bernard sabía que el conocimiento causal de los fenómenos fisiológicos era incompleto si no estaba complementado con una perspectiva funcional, y es ahí en donde aparece su idea de *teleología intraorgánica*. Bernard apela a ella para caracterizar la integración funcional de los fenómenos orgánicos, mostrando además que esta es perfectamente compatible con el determinismo y con la impugnación del vitalismo. Esa finalidad interna es efecto de

una articulación causal que solo puede ser entendida a partir del determinismo que Bernard postula al caracterizar la dimensión causal de la explicación fisiológica, y es en esas coordenadas que debemos situar la noción de *función* supuesta en sus escritos. Esta remite a esa teleología intraorgánica compatible con el determinismo causal y se puede considerar como una especificación de la noción de función como *papel causal*. Pero ahí también llegaremos al límite de la epistemología bernardiana, cuya identificación y explicación será el asunto del capítulo III.

Porque, si importa decir que Bernard había comprendido la integración que existía entre las perspectivas causal y funcional supuestas en el desarrollo de la fisiología, también es necesario subrayar que, en su modo de ver las cosas, dicha integración constituía una frontera y un presupuesto más allá del cual la ciencia experimental podía ir. Eso era así porque el límite de la reflexión epistemológica de Claude Bernard coincidía con el límite de la propia fisiología experimental, y esta 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 descritas como “ideas rectoras del desarrollo”— cuyo estudio escapaba a la ciencia experimental, que era prácticamente como decir que escapaba a toda ciencia genuina. Claude Bernard no conseguía ver que había más biología que aquella que cabía en la fisiología experimental.

Eso que la fisiología experimental ciertamente no consigue explicar, y que en realidad Bernard siquiera consigue delimitar con nitidez, es el origen del *diseño biológico*, esa adecuación entre estructura y función que exhiben los seres vivos a la que ya me referí y a la que Claude Bernard designaba con el término de “organización”. Dicho cometido explicativo, que el programa bernardiano para la fisiología experimental dejaba del lado de los porqués inaccesibles, tendría que ser alcanzado —solo podía ser alcanzado—, por la biología evolucionaria, y particularmente por la teoría de la selección natural. Una

ciencia y una teoría cuya existencia Bernard mal vislumbró, aunque ella estuviese emergiendo en el mismo momento en el que él establecía las bases de la fisiología experimental. Comprendiendo eso, aceptando esa quizá inevitable limitación en el alcance de la reflexión epistemológica de Claude Bernard, también se llega a concluir que esas leyes morfológicas a las que él aludía no estaban llamadas a suplir la falta de una teoría de la herencia aún por venir, y tampoco expresaban un compromiso o resabio de vitalismo.

Dichas leyes solo pretendían suplantar lo que solo a la teoría de la selección natural le cabía proveer: una explicación natural del diseño biológico. Y digo “suplantar” antes que “brindar” porque la postulación de esas leyes morfológicas expresa la renuncia de Claude Bernard a cualquier tentativa de conseguir una explicación del diseño biológico, que él llamaba “organización”, en la que ese ajuste de estructura y función que exhiben los seres vivos —que tan “justificadamente suscita nuestra admiración” (Darwin, 1859, p.3)— fuese pensado como efecto de procesos biológicos y no como presupuestos de estos. Bernard no pudo ver que en *Sobre el origen de las especies* (Darwin, 1859) se había desvendado un mecanismo causal, la selección natural, que resultaba en el diseño biológico y que, de cierta manera, explicaba el porqué de las estructuras y fenómenos biológicos. Un mecanismo que, como remarcó George Gaylord Simpson (1947, p.489), no producía la adecuación entre estructura y función por un mero accidente, sino que estaba estrictamente pautado por las exigencias de la lucha por la vida (Caponi, 2011, p.49), exigencias que, en el marco de la teoría de la selección natural, suplantaban a las exigencias de las *condiciones de existencia* (Caponi, 2011, p.54) postuladas en la obra de Cuvier (1817, p.6).

Ensayando una descripción rápida de lo que aquí habré de hacer, puede decirse entonces que en estas páginas asumiré el referencial conceptual desarrollado en *Função e desenho na biologia contemporânea* (Caponi, 2012a) y en *Leyes sin causa y causas sin ley en la explicación biológica* (Caponi, 2014a) para, con base en él, analizar presupuestos fundamentales del programa bernardiano para la fisiología experimental. Entiendo, sin embargo, que la lectura de estas últimas obras no es condición para la lectura de la presente. Solo marco esa

continuidad para enfatizar, otra vez, la ya aludida complementación y entrelazamiento que puede y debe existir entre filosofía e historia de la ciencia. Complementación y continuidad que, infelizmente, no suelen ser reconocidas —por lo menos en lo respecta a mi medio académico— en el ámbito de la filosofía de la ciencia ni en el ámbito de la historia de la ciencia. Más allá de sus méritos, pocos o nulos, *Função e desenho na biologia contemporânea* y *Leyes sin causa y causas sin ley en la explicación biológica* son casos claros —no digo “brillantes”, no digo “ejemplares”— de lo que habitualmente se llama “filosofía de la ciencia”, y creo que aquí muestro cómo es que ese tipo de estudio puede derivar y continuarse en indagaciones histórico-epistemológicas. Indagaciones, estas últimas, que también sirven para ratificar, rectificar y perfeccionar los análisis típicos de la filosofía de la ciencia.



CAPÍTULO I

Materia que se irrita según medida

Claude Bernard, importa recordarlo antes de comenzar nuestro derrotero por su pensamiento, no fue el fundador de la fisiología experimental. En los siglos XVII y XVIII se desarrolló una ciencia experimental de lo viviente en la que ya se vislumbra la producción de un conocimiento fisiológico⁵, y, aún sin contar a pioneros clave como William Harvey (Morange, 2017, p.71)⁶ y el propio Antoine Lavoisier (Morange, 2017, p.110)⁷, se puede decir que ya hay una fisiología experimental en François Magendie (Morange, 2017, p.147), maestro e inspirador de Claude Bernard⁸. Como

5 Al respecto, ver Grmek (1990), Salomon-Bayet (2008) y Morange (2017).

6 Recuérdese el capítulo decimoprimeros de *De motu cordis* (Harvey, 1970[1628]). Sobre la naturaleza de los experimentos fisiológicos allí expuestos, ver Albarra-cín Teulón (2001, p.68-71).

7 Los experimentos de Lavoisier sobre la respiración y la transpiración de anima-les producen conocimientos fisiológicos muy significativos y novedosos sobre ambos fenómenos orgánicos (*cf.* Lavoisier, 1892[1777], Lavoisier & Laplace, 1892[1780], Lavoisier & Séguin 1892[1789] y Lavoisier & Séguin 1892[1790]).

8 Sobre la relación entre Bernard y Magendie, ver Bert (1878, p.19), Dumas (1878, p.7-8), Espina y Capo (1880, p.9-10), Gross (1998, p.380), Canguilhem (2015[1957], p.758), Limoges (2015[1943], p.138 n.1) y Morange (2017, p.148).

también la había, aunque quizá no tan claramente delimitada, en Johannes Müller, iniciador de esa fisiología alemana (*cf.* Grmek, 1965, p.237) que, desarrollándose paralelamente a la francesa, dio lugar a figuras tan relevantes como lo fueron Justus von Liebig, Carl Ludwig, Emil du Bois-Reymond o Hermann von Helmholtz⁹, fisiólogos cuyos resultados experimentales no fueron menos relevantes, aunque quizá sí menos paradigmáticos que los obtenidos por Bernard (*cf.* Canguilhem, 2015[1957], p.758-9). Claude Bernard, para decirlo de otro modo, no significó para la fisiología lo mismo que Darwin significó para la biología evolucionaria.

Antes de la publicación de *Sobre el origen de las especies* (Darwin, 1859), hubo, claro, quienes formularon tesis transformistas; y desde 1859 en adelante se ha desarrollado una copiosa e irregular literatura tendiente a recordarnos y a examinar las tesis de los *precursores de Darwin*. Pero antes de esa publicación no existía un espacio disciplinar, un espacio de *cooperación baconiana* podríamos decir, tendiente a reconstruir y a explicar los procesos evolutivos (*cf.* Bowler, 1996; Caponi, 2011). Sí existía, en cambio y como ya dije, una fisiología experimental anterior a los trabajos de Bernard: estos últimos fueron contribuciones, indiscutiblemente cruciales, a una ciencia ya existente. Nadie como él, sin embargo, comprendió tan tempranamente, y con tanta claridad, cuáles eran los supuestos teóricos fundamentales, los objetivos cognitivos específicos y las reglas metodológicas rectoras de ese campo disciplinar. Bernard no fundó la fisiología experimental, pero la fundamentó y señaló sus principios y objetivos cognitivos fundamentales como nadie supo hacerlo antes de él (*cf.* Canguilhem, 2015[1957], p.762 y Morange, 2015, p.148).

Es más: creo que la sagacidad epistemológica de Claude Bernard trasciende a la propia fisiología. Él no solo llegó a demarcar la senda por la que ya se estaban dando, y se continuarían dando,

9 Al respecto de la fisiología alemana del siglo XIX, ver Canguilhem (1961a; 1961b), Albarracín Teulón (1983a), Pichot (1993), Holmes (1999) y Morange (2017).

los primeros pasos de la fisiología experimental¹⁰, sino que incluso consiguió mostrar la dirección que llevaría al desarrollo de todo ese ámbito de la biología que —en la introducción y siguiendo a Ernst Mayr (1988, 1998)— ya llamé “biología funcional”. Pero es claro que no aludo aquí al modo en que Claude Bernard entendía el proceso de generación, test y validación de hipótesis al que tantos autores se han referido¹¹ y que ciertamente prefiguraba la dialéctica popperiana de las “conjeturas y las refutaciones” (cf. Popper, 1983[1953])¹²; a lo que me refiero es a lo que él entendía por “determinismo” (cf. Gayon, 1996). Allí está cifrada esa actitud metodológica atomista o reduccionista que —en *La lógica de lo viviente*— François Jacob (1973, p.14-6) contrapuso a la actitud integrista o evolucionista (cf. Caponi, 2001, p.30). Esta última sería la que pauta a la biología evolucionaria, y la primera, esa que Bernard avizoró, sería la que pauta a la biología funcional (cf. Caponi, 2001, p.29). Actitud reduccionista, esta última, que está en la base de la biología molecular y cuyo éxito parece ratificar esto que Claude Bernard decía en la *Introducción al estudio de la medicina experimental*:

Si el físico y el fisiólogo se distinguen por el hecho de que el primero se ocupa de fenómenos que ocurren en la materia bruta y el segundo de fenómenos que se cumplen en la materia viviente, ellos no difieren, sin embargo, en lo que atañe al objetivo que ambos quieren alcanzar. En efecto, el uno y el otro se proponen por objetivo común remontarse a la causa próxima de los fenómenos que estudian. Y eso que llamamos la causa próxima de un fenómeno no es otra cosa que

10 Sobre el desarrollo de la fisiología experimental en el siglo XIX, ver Caullery (1961), Coleman (1985) y Holmes (1999).

11 Por ejemplo: Bergson (1938), Houssay (1941), Schiller (1973) y Grmek (1991a).

12 Esa semejanza entre Popper y Bernard ha sido señalada por muchos autores, entre ellos Medawar (1974), Lorenzano (1980) y Malherbe (1981).

la condición física y material de su existencia o de su manifestación (1984[1865], p.106)¹³.

| 34 |

Primera aproximación al determinismo bernardiano

Es interesante ver, por otra parte, que además de haber entendido de modo semejante la dialéctica entre hipótesis y observación, Popper y Bernard también parecen aproximarse, de alguna manera, en lo que respecta al modo de entender la explicación científica. En la *Introducción al estudio de la medicina experimental* aparecen algunas referencias al papel de las leyes en las explicaciones causales de la fisiología, que parecen anticipaciones, no del todo precisas, al modelo nomológico-deductivo de explicación delineado por Karl Popper (1962[1934]) y muy pregonado por Carl Hempel (1979[1942]) en el siglo xx¹⁴. Según se puede leer en la introducción, “el fin en la experimentación es el mismo en el estudio de los fenómenos de los cuerpos vivos que en el estudio de los fenómenos de los cuerpos inorgánicos”: en uno y otro caso, la meta y el límite de las investigaciones “consiste en hallar

-
- 13 Las obras de Claude Bernard serán referidas mencionando solo el año de publicación, y cuando la edición citada no sea la primera, el año de esta última será añadido entre corchetes. Este recurso también será usado al referir otras obras, de otros autores, cuya fecha de edición original sea significativamente distinta de la fecha de la edición efectivamente citada. De la *Introducción al estudio de la medicina experimental* existe una vieja edición castellana prologada por Antonio Espina y Capo, que también es el responsable de la traducción (*cf.* Bernard, 1880).
- 14 Se suele atribuir a Hempel la formulación estándar del modelo nomológico-deductivo de explicación (*cf.* Salmon, 1990, p.12; Papineau, 2003, p.304 y Psillos, 2009, p.148), pero hacer eso implica ignorar la presentación, totalmente clara y explícita, que Popper ya había hecho de ese modelo en 1934. En 1937 Hempel reseñó *La lógica* de Popper (*cf.* Popper, 1977, p.120).

las relaciones que unen el fenómeno con la causa inmediata, o, expresándolo de un modo diferente, consiste en definir las condiciones necesarias a la aparición del fenómeno” (Bernard, 1984[1865], p. 106). Pero para Claude Bernard ese vínculo causal solo podía entenderse en virtud de la mediación de una ley: para conocerlo era menester superar la mera constatación de una sucesión de acontecimientos e intentar el establecimiento de una correlación constante (Grmek, 1965, p.58). Por eso, nos decía, “toda la filosofía natural se resume en esto: conocer la ley de los fenómenos” (Bernard, 1984[1865], p.93); ese es “el objetivo en el que se detiene toda ciencia” (Bernard, 1984[1865], p.108). Y una ley, conforme pensaba Bernard,

es esa relación establecida por la observación que le permite al astrónomo prever los fenómenos celestes; y es esa misma relación, establecida por la observación y por la experiencia, que le permite al físico, al químico, al fisiólogo, no solamente predecir los fenómenos de la naturaleza, sino también modificarlos a voluntad y con seguridad, siempre que no se aparten de las relaciones indicadas por la experiencia (1984[1865], p.128).

De tal modo que

cuando tenemos la ley de un fenómeno, no solo conocemos absolutamente las condiciones que determinan su existencia, sino que tenemos también las relaciones que se aplican a todas sus variaciones, de forma que podemos predecir las modificaciones del fenómeno en cualquier circunstancia dada (Bernard, 1984[1865], p.108).

Eso, insistía Bernard (1984[1865], p.128), era así tanto en el dominio de la astronomía, de la física y de la química, como en el dominio de la fisiología. En los tres casos, explicar y predecir un fenómeno particular es subsumirlo en una ley que nos lo muestra como un cambio en una variable que resulta del cambio ocurrido en otra variable o configuración de variables. Por otra parte, en el caso de la física, de la química y de la fisiología, el conocimiento de las leyes no solo permitía explicar y predecir, sino que también permitía gobernar los

fenómenos estudiados (1984[1865], p.128). La ley nos dice qué tenemos que hacer con las variables de control para así obtener tal o cual resultado con las variables controladas. Y es claro que Bernard sabía que esa subsunción del fenómeno particular en la ley general, sobre todo en el caso de los fenómenos orgánicos, nunca llegaba a realizarse plenamente.

Se trataba, en todo caso, de un ideal metodológico inmune a cualquier fenómeno de explicación difícil y problemática. “Cada caso individual y cada forma individual”, dijo alguna vez Ernst Cassirer (1967[1918], p.399), “envuelve una complicación ilimitada”; pero, aun así, decía también él, la exigencia de la subsunción nómica se debe considerar *en principio* realizable, “a menos que se quiera que el objeto de que se trata quede en absoluto fuera de los dominios de la naturaleza encuadrada dentro de la ley general de la conservación y sus corolarios”. Nada muy diferente de lo que hubiese dicho el propio Bernard: aunque nunca podamos cumplir acabadamente, en ningún caso real, con ese ideal, no por eso habremos de desconocer la exigencia de que cualquier referencia a una relación de causación inmediata entre dos conjuntos de fenómenos sea, por lo menos en principio, justificable en términos de alguna regularidad aceptable. Más aún: Claude Bernard también podría haber dicho que la aceptabilidad de nuestras hipótesis causales es inversamente proporcional a la distancia que nos separa de esa justificación basada en lo que él llamaba “ley”.

Fuera cual fuese la complejidad de los fenómenos estudiados, la investigación científica no podía detenerse en su esfuerzo por establecer esas conexiones regulares ni en su empeño por revisar y criticar nuestras conjeturas sobre estas. Y decir eso no es más que insistir en la tesis de que las ciencias de la vida, al igual que la física y la química, debían someterse a ese principio, o axioma, que Bernard (1984[1865] p.87) llamaba “critérium experimental”, o “principio general del determinismo” (1947, p.264)¹⁵, según el cual “todo fe-

15 Lo que hoy conocemos como *Principios de medicina experimental* son las notas preparatorias de una obra de dos tomos que Bernard nunca llegó a concluir.

nómeno se sigue de algún otro según lo establecido por alguna ley”, un principio que no era una simple teoría sobre la trama causal del mundo sino un presupuesto que pautaba nuestro modo de interrogar el mundo, definiendo también cuál era la naturaleza de las respuestas que debíamos buscar para esas preguntas (1865, p.647; 1878, p.18)¹⁶. Según Bernard, existe, en efecto, una clara distinción entre los *principios* que pautan la formulación de nuestros problemas científicos y las teorías que formulamos como alternativas de solución para estos (1947, p.219):

Los principios son los axiomas científicos; son verdades absolutas que constituyen un *critérium* inmutable. Las teorías son generalidades o ideas científicas que resumen el estado actual de nuestros conocimientos; constituyen verdades siempre relativas y destinadas a modificarse por el progreso mismo de las ciencias. Luego, si planteamos como conclusión fundamental que no hay que creer de modo absoluto en las fórmulas de la ciencia, hay que creer, por el contrario, de una manera absoluta en los principios (1984[1865], p.243).

Por eso, incluso reconociendo la actitud crítica como fundamental para el desarrollo de la ciencia, debemos aun asumir que esa crítica es siempre una crítica fundada y orientada por principios: si rechazamos una teoría por *insatisfactoria*, o si la consideramos como *preferible* a otra, deben existir *criterios* o *principios* que nos digan en qué sentido dicha teoría no es *satisfactoria*, o en qué sentido ella es *mejor* que otra que aparece como su alternativa. El investigador, decía Claude Bernard (1984[1865], p.87-8) pensando en esa dirección, debe dudar

Estas fueron redactadas entre 1858 y 1877 y permanecieron inéditas hasta que Léon Delhomme las ordenó y publicó en 1947 (*cf.* Riese, 1950, p.87; Dagonet, 1984, p.6; Mazliak, 2002, p.305 y Prochiantz, 2016, p.78).

16 La referencia “1878” remite a las *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales*, dictadas por Bernard en 1876 y publicadas poco después de su muerte. Algunas veces aludiré a esa obra denominándola *Lecciones*, a secas.

de “la exactitud de su sentimiento o de sus ideas, en cuanto experimentador”; es decir: debe dudar siempre de sus hipótesis o teorías. Debe dudar también del “valor de sus medios de investigación”, es decir de sus recursos e instrumentos de observación. Pero de lo que jamás puede dudar es del determinismo: ese es “el principio mismo de la ciencia experimental” y, en cuanto tal, él funciona siempre como criterio para la evaluación de la satisfactoriedad de nuestras teorías y del rigor de nuestras observaciones (*cf.* 1984[1865], p.111; 1865, p.656; 1878 p.379).

Puede ocurrir, de hecho, que “un experimentador, después de haber efectuado una experiencia en condiciones que él creía determinadas, no obtenga en una nueva serie de búsquedas el resultado que se había mostrado en su primera observación”; e incluso, “repitiendo su experiencia después de haber tomado nuevas precauciones, puede ocurrir aún que, en lugar de encontrar el resultado primitivamente obtenido, dé con otro completamente diferente” (1984[1865], p.112). Pero, ni aun así, sería el caso de admitir o declarar que estamos ante hechos *indeterminables*. En lugar de eso “habrá que admitir simplemente que las condiciones de la experiencia que se creían conocidas no lo son. Habrá que estudiar mejor, que buscar y precisar las condiciones experimentales, porque los hechos no pueden ser opuestos los unos a los otros; no pueden ser más que indeterminados”, nunca *indeterminables*. Tanto en la fisiología como en la química o la física, “si las condiciones experimentales son idénticas, el resultado es unívoco: si el resultado es diferente es porque alguna condición cambió” (1878, p.18). Por eso

si un fenómeno se presentara en una experiencia con una apariencia tan contradictoria que no se llega a ligar de una manera necesaria a condiciones de existencia determinadas, la razón debería rechazarlo considerándolo un hecho no científico. Habría que esperar saber o buscar por experiencias directas cuál es la causa de error que ha podido deslizarse en la observación. Porque es preciso, en efecto, que haya habido error o insuficiencia en la observación, pues la admisión de un hecho sin causa, es decir indeterminable en sus condiciones de existencia, no es ni más ni menos que la negación de la ciencia (1984[1865], p.90).

Pero no la ciencia entendida como conjunto de teorías establecidas, sino la ciencia entendida como modo de indagación. Para esta última solo hay dos clases de fenómenos: aquellos cuya causa está *actualmente* determinada, y aquellos cuya causa está *aún* indeterminada (1984[1865], p.194). Estos no pueden jamás constituirse en límite o fin de la investigación, sino que siempre deben ser su punto de arranque, su disparador. La indeterminación de un fenómeno nunca puede ser respuesta o conclusión, debe ser siempre pregunta: problema y no solución. Podemos, por eso, reconocer un cierto valor dialéctico o polémico en el vitalismo: su función sería la de plantearle problemas al biólogo experimental agendando desafíos cruciales para su programa. Esa fue la importancia de Xavier Bichat para Claude Bernard, y esa fue la importancia que los trabajos de embriólogos como Hans Driesch o Paul Weiss han tenido para el desarrollo de la biología contemporánea (*cf.* Goodfield, 1983, p. 98 y ss.). Sin la desconfianza vitalista, la investigación experimental puede amodorrarse en la certeza de un determinismo generalizado pero nunca especificado.

Con todo, el modo en que tales desafíos “vitalistas” serán afrontados no puede ser otro que aquel pautado por el propio programa experimental, porque si esa desconfianza se transforma en resignación ante la *complejidad* o la *espontaneidad* de lo viviente, el resultado no es mejor. En uno y otro caso la investigación se detiene porque se acaba prefiriendo las respuestas a las preguntas. En realidad, cuando el discurso vitalista se empeña en mostrarnos los obstáculos o los supuestos límites que debe enfrentar el enfoque experimental-determinista de los fenómenos orgánicos, lo que de hecho hace es recordarnos uno de los presupuestos básicos de esa perspectiva: el reconocimiento de que la determinación no es un dato primitivo sino un resultado obtenido tras una laboriosa indagación (*cf.* Canguilhem, 1965, p.90). El fenómeno nunca se encuentra determinado, y, parafraseando a Gaston Bachelard, podemos decir que siempre damos con la determinación en estado de arrepentimiento: es decir, solo la establecemos cuando asumimos que los factores, parámetros y relaciones a considerar eran otros o eran más que los que inicial e *ingenuamente* habíamos pensado.

Cuando el biólogo corrige o amplía la trama de factores que deben ser considerados para establecer la determinación de un fe-

nómeno, lejos de estar multiplicando hipótesis *ad hoc*, o de estar recurriendo a *estratagemas convencionalistas* para proteger el programa experimental frente a evidencia contraria, lo que está haciendo es trabajar en la dirección propuesta por ese programa, y, de ese modo, nos muestra su fertilidad y realiza sus potencialidades. En realidad, si la descripción del viviente se torna cada vez más compleja e intrincada es porque la biología funcional presume la determinación “a la Bernard” de los fenómenos. Esta, en lugar de ser discutida y contrastada, sirve de marco y de motivación para la investigación experimental: presuponiendo que todo fenómeno orgánico se sigue de algún otro según lo establecido por alguna correlación causal general, el biólogo experimental deberá formular y contrastar hipótesis sobre tales factores sin nunca cuestionar su existencia.

Así, la discriminación entre lo que debe ser discutido y lo que debe ser presupuesto es introducida por un principio incontrastable que funda lo que podríamos llamar un *programa de investigación*. Pero que no se vea aquí una actitud dogmática: se trata, en realidad, de preferir un principio que nos obliga a seguir investigando en detrimento de un presunto hecho que nos exonera de esa *obligación*, y a eso era que aludía John Watkins (1974, p.86) cuando decía que

en cualquier ciencia se requiere usualmente un cuerpo considerable de premisas para que se puedan derivar lógicamente predicciones refutables. Generalmente no será demasiado difícil reemplazar una premisa existente sin disminuir la refutabilidad empírica del sistema. Sin embargo también puede haber premisas de las que parezca prácticamente imposible prescindir sin que disminuya seriamente la refutabilidad del sistema o sin que se convierta incluso en un sistema incontrastable. A tales premisas se les puede llamar principios, es decir, componentes privilegiados que se consideran como irrefutables en interés de la refutabilidad de todo el sistema.

Sobre el estatuto de estos principios puede discutirse mucho. Una alternativa sería pensarlos como *principios metafísicos* en un sentido pre o poscrítico, es decir a la manera de Leibniz o la manera de Kant. Pero, en última instancia, también cabría recurrir a las nociones de

presuposición absoluta (Collingwood, 1940, p.34), *proposición paradigmática* (Brown, 1983, p.115), o aun *presupuesto* (Rescher, 1994, p.35). Todas ellas serían más o menos aptas para caracterizar esos principios que, al mismo tiempo en que guían la formulación de la agenda de preguntas que pautan nuestra investigación, también establecen la forma que habrán de tener nuestras respuestas para estas. Es posible, incluso, que Bernard, lector directo o indirecto de Kant¹⁷, haya pensado el determinismo como algo próximo a la *segunda analogía de la experiencia*. Lo cierto, sin embargo, es que su valoración de este principio es fundamentalmente metodológica (cf. Grmek, 1965, p.58 y Lecourt, 1999, p. 299), y, tal como Popper (1962[1934] p.61) lo apuntó, en el marco de una reflexión metodológica, en vez de recurrir a cualquier principio metafísico o trascendental para justificar la exigencia generalizada de explicaciones nomológico-causales, nos basta con aceptar una regla que, para todo fenómeno natural registrado, nos conmine a procurar una descripción de este tal que nos permita considerarlo como efecto de algún otro fenómeno conocido conforme a lo establecido por una ley a ser también determinada (cf. Delsol, 1989, p.19).

Así, lejos de pretender ofrecernos una guía para resolver problemas científicos, esta regla “hace explícito un objetivo generalizado de la investigación y formula en términos generales una condición que se exige de las premisas propuestas como explicaciones” (Nagel, 1978, p.298), es decir que expresa, como máxima, el objetivo de obtener explicaciones deterministas en el sentido de que “dado el estado de un sistema en un instante inicial, la teoría explicativa establece lógicamente un estado único del sistema para cualquier otro instante” (Nagel, 1978, p.299). Por otra parte, y dado el carácter general de esa regla, es evidente que aunque ciertas formulaciones especiales de esta puedan ser eventualmente abandonadas por resultar inaplicables, ningún experimento o serie de experimentos podría nunca forzarnos

17 Sobre el posible conocimiento que Bernard tenía de la obra de Kant, ver Grmek, 1991a, p.63 y 1997, p.99.

a su derogación (*cf.* Nagel, 1978, p.298). Es que, al ser una directiva que nos propone la búsqueda de explicaciones con características tan ampliamente delimitadas, “los repetidos fracasos en encontrar tales explicaciones para un dominio dado de hechos no constituyen un obstáculo lógico para continuar la búsqueda” (Nagel, 1978, p.298).

El determinismo como negación del vitalismo

Aunque esa lectura del determinismo que acabo de bosquejar no pueda ser desestimada, y deba ser tomada en consideración para entender muchos pasajes de los escritos metodológicos de Bernard, creo que también es necesario vincular esos compromisos epistemológicos de Claude Bernard con las opciones teóricas que él, efectiva y explícitamente, estaba proponiendo y desarrollando en sus investigaciones fisiológicas. Se puede considerar que allí Claude Bernard no solo estaba intentando mostrar las reglas que debían pautar el desarrollo de la ciencia experimental en general, sino que también estaba reforzando la impugnación del *vitalismo* supuesta en su programa para la fisiología experimental (*cf.* Reiss, 2009, p.118). Para ver eso tenemos que superar la simple analogía que ciertamente se puede hacer entre el modelo nomológico-deductivo de explicación y el modo en que Bernard entendía la explicación causal, yendo también más allá de la analogía, que tampoco hay por qué dejar de hacer, entre el *critérium experimental* y las justificaciones metodológicas de la persistencia en la búsqueda de explicaciones causales que encontramos en la filosofía de la ciencia del siglo xx.

Para entender cabalmente la forma en que se contraponen vitalismo y determinismo es necesario centrarse más en lo que Claude Bernard realmente entendía por *ley*, que es algo distinto de lo que hoy se designa con ese vocablo. Si lo hacemos, no solo veremos que la anticipación de Hempel y Popper es menos clara de lo que puede parecer a primera vista, sino que también veremos que, al insistir en la idea de *ley*, Bernard estaba menos interesado en una caracterización general de lo que debía entenderse por explicación científica que en el establecimiento de la propia condición de posibilidad de una ciencia

experimental de lo viviente. Y, a ese respecto, el primer indicio a ser considerado es la importancia que Bernard le da al carácter matemático de esas leyes que la fisiología debía buscar¹⁸, una importancia que contrasta —muy significativamente— con la nula importancia que él mismo le da al posible carácter universal de esas leyes, condición esta que sí es central en la caracterización del modelo nomológico-deductivo de explicación propuesto por Popper y Hempel.

Para Bernard, meras correlaciones cuantitativas constantes entre variables particulares —como aquellas que pueden existir entre la producción de una hormona y una determinada reacción metabólica— no eran menos merecedoras del calificativo de “ley” que lo que podían serlo el principio de Arquímedes o el principio gravitacional (1984[1865], p.185). La ley, decía Bernard, “nos da la relación numérica del efecto con su causa, y ese es el objetivo en el que se detiene la ciencia” (1984[1865], p.108). Así, cuando conocemos una correlación entre dos magnitudes x e y de forma tal que controlando o graduando a x podamos determinar o graduar el valor de y , podemos decir que conocemos la ley que establece su vínculo causal (*cf.* Ravaisson, 1868, p.121). Lo podemos decir porque “la ley de los fenómenos no es otra cosa que esa relación establecida numéricamente que nos permite prever la relación de la causa con el efecto en todos los casos dados” (1984[1865], p.128 y 1865, p.654), y eso nos permite dar esta formulación del *critérium experimental* en la que no aparezca ninguna referencia al carácter universal de la correlación establecida:

Dado el registro C de un cambio M” en una magnitud Y, se debe formular y testar un conjunto de hipótesis [coherente con el cuerpo del conocimiento aceptado] tal que contenga: (1) la descripción B de otro cambio M” en otra magnitud X; y (2) la formulación de una relación matemática mínimamente constante y necesariamente asimétrica entre X e Y tal que cada valor de la segunda magnitud sea considerado como resultante del valor de la primera.

18 Al respecto, ver Thom (1986, p.15), Prochiantz (1990, p.23) y Gendron (1992 p.30).

Si se quiere llamar “ley” a esa correlación constante, que era lo que Bernard hacía, solo es necesario recordar que allí no hay embutida ninguna exigencia de universalidad. Pero creo que también importa decir que Bernard está pensando en algo más próximo a los invariantes estables en intervenciones a los que James Woodward (2003) alude en su concepción experimental, o manipulativa, de la explicación causal (cf. Caponi, 2014a): un invariante estable en intervenciones es una correlación mínimamente constante entre dos variables tal que nos permite determinar, o controlar, los estados de una de esas variables por la mediación de una manipulación de la otra. El principio de Arquímedes es un invariante estable en intervenciones porque nos permite determinar o controlar el empuje que padece un cuerpo sumergido en un líquido por la mediación de intervenciones en el volumen de dicho cuerpo, o por la mediación de intervenciones en la densidad del líquido. Pero solo se trata de un caso muy especial: se trata de un invariante que por su universalidad también puede ser considerado como una genuina ley causal, en el sentido más hempeiliano o popperiano de esa palabra.

Hay, entretanto, invariantes experimentales menos conspicuos que ese. Invariantes a los que, pensando en el sentido que Hempel y Popper le daban a la palabra “ley”, nadie les concedería estatuto nómico: tal el caso de la correlación entre las posiciones de un control de volumen y el volumen de sonido efectivamente emitido por un aparato de audio, aunque Claude Bernard no hubiese visto ninguna dificultad en decir que sí se trata de una ley. Sin embargo, más allá de estas disquisiciones sobre el significado de la palabra “ley”, lo que más debe importarnos aquí es que esa formulación del *critérium experimental* que acabo de proponer indica, con toda claridad, cuál es la primera y principal diferencia existente entre el programa experimental de Bernard y su contrapunto privilegiado: el programa de una fisiología vitalista propugnado por Bichat (1994[1800]). Para este último, la vida se sustraía a toda regularidad que permitiese *calcular* las reacciones orgánicas en función de una descripción numérica de fenómenos que pudiésemos considerar como sus causas, y por eso su

estudio no podía responder al mismo tipo de estrategia metodológica que guiaba a la física¹⁹.

Mientras tanto, en oposición directa a eso, la concepción y el desarrollo del programa de la fisiología experimental exigía aceptar que los *cuerpos organizados* estaban desprovistos de cualquier espontaneidad que los hiciese refractarios al conocimiento y al control experimental: en ellos, al igual que en los fenómenos propios de los *cuerpos brutos*, la respuesta del sistema sometido a una intervención experimental debía ser siempre estrictamente proporcional a la magnitud y a la intensidad de dicha intervención, y lo que Bernard entendía por ley no era otra cosa que la expresión de esa proporcionalidad que podía ser descubierta midiendo la relación constante que existía entre la magnitud de la intervención experimental y la magnitud de la respuesta dada por el organismo. Que pudiesen descubrirse leyes fisiológicas así entendidas, ratificaba la legitimidad y la viabilidad de la vía experimental que Bernard proponía para la fisiología, y en la medida en que ese descubrimiento fuese considerado como el objetivo último de la investigación fisiológica, eso también aseguraba la suficiencia de dicha vía.

Como lo ha subrayado Cécilia Bognon-Küss (2012, p.413), para Bernard el determinismo era la propia condición de posibilidad de la ciencia experimental, y ahí residía el principal motivo de su combate en contra de lo que Rostand (1966, p.84-5) llamó “el fantasma obstinado de la fuerza vital”. Bernard consideraba que para poder desarrollar la fisiología experimental era preciso admitir “que en los seres vivos, al igual que en los cuerpos brutos, las condiciones de existencia de todo fenómeno están determinadas de una manera absoluta” (1984[1865], p.109), y eso significaba que: “una vez conocida plenamente la condición de un fenómeno, este debe reproducirse siempre y necesariamente conforme la voluntad del experimentador. La negación de esa proposición no sería otra cosa que la negación de

19 Al respecto de este aspecto del pensamiento de Bichat, ver Pichot (1994, p.39), Rey (1996, p.120) y Huneman (1998, p.24).

la ciencia misma” (1984[1865], p.109), y el vitalismo no era más que esa negación. “Los vitalistas [decía Bernard] niegan el determinismo porque, según ellos, las manifestaciones vitales tendrían por causa la acción espontánea eficaz, voluntaria y libre, de un principio vital” (1878, p.56-7); y esa supuesta espontaneidad, esa putativa capacidad de autodeterminarse que tendrían los fenómenos vitales, además de inviabilizar la experimentación por hacer a los fenómenos orgánicos incontrolables, también llevaría a que el estudio de dichos fenómenos fuese indefectiblemente inexacto y mayormente refractario a la cuantificación (1878, p.57). Así por lo menos lo había entendido el propio Bichat (1994[1801], p.231-2)²⁰, y Bernard siempre insistió en la negación de esa supuesta excepcionalidad de los fenómenos orgánicos (1856, p.17).

Invariantes cuantitativos

Para evitar posibles malentendidos, vale recordar que en sus *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales*, Claude Bernard (1878) distingue dos tipos de factores que siempre habría que considerar, sin nunca confundir, en el estudio experimental de lo viviente: [1] las leyes preestablecidas que rigen la forma y el orden interno de los seres orgánicos, y [2] las condiciones físico-químicas determinadas que son necesarias a la aparición de los fenómenos que en ellos ocurren²¹. Pero no es a esas “leyes preestablecidas que rigen la forma y el orden interno de los seres orgánicos” que me estoy refiriendo en este primer capítulo. Lo haré, sí, y largamente, en el capítulo III, que está dedicado a esclarecer la naturaleza del problema que ese primer conjunto de leyes estaba supuestamente llamado a resolver. Aquí solo me estoy refiriendo a esas leyes, o invariantes,

20 Al respecto, ver Coleman (1985, p.263) y Huneman (1998, p.30).

21 Bernard introduce esa distinción en la página 63 de las *Lecciones*, y la reitera en las páginas 66, 345 y 379.

que son pertinentes a las *condiciones necesarias a la aparición de los fenómenos biológicos*. Estas leyes, cuya naturaleza Bernard consideraba ciertamente poco problemática, tenían que ver, precisamente, con las condiciones físico-químicas necesarias para la efectiva ocurrencia de los fenómenos que se dan en los seres vivos, y son ellas las que se deben considerar, como de hecho estoy haciendo, para poder comprender lo que Claude Bernard entendía por “determinismo”.

Estas últimas, las que aquí nos están ocupando, son leyes concernientes al orden de las *causas próximas*: las únicas causas que, conforme insistía Bernard (1984[1865], p.106), debían interesarle al físico y al fisiólogo. Estas quieren darnos a conocer el cómo de los fenómenos, nunca el *porqué*. Este, siempre según Bernard, yacía escondido en el orden de las *causas primeras*²², y con este las otras leyes, las morfológicas, estaban –de algún modo– más inmediatamente vinculadas²³. Pero insisto en que esa cuestión, y la propia noción de “causa primera”, son asuntos que solo serán tratados en el capítulo III, aunque sí dedicaré una sección de este mismo capítulo a la noción de *causa próxima*. Por ahora, sin embargo, solo diré que esta última noción alude a factores que, dentro de ciertos límites, y en ciertas proporciones, son experimentalmente manipulables; y, dada la idea de que una ley (*sensu* Bernard) es una correlación cuantitativa constante entre dos variables, eso nos lleva, otra vez, a la exigencia de una representación cuantitativa de esas causas y de los efectos que de ellas resultan. Bernard asume eso con toda claridad:

En las ciencias experimentales la medida de los fenómenos es fundamental, porque es por la determinación cuantitativa de un efecto relativamente a una causa dada que la ley de los fenómenos puede ser establecida. Si en biología queremos llegar a conocer las leyes de la vida, es necesario no solo observar y constatar los fenómenos vitales,

22 Ver: 1984[1865], p.107; 1865, p.647; 1869, p.27.

23 Ver: 1865, p.646; 1878, p.331; 1879, p.xv. También: Gayon (1991, p.181) y Grmek (1991a, p.130; 1997, p.111).

sino también fijar numéricamente las relaciones de intensidad en las cuales ellos están en relación los unos con los otros (1984[1865], p.185).

Según Bernard (1878, p.18), a una magnitud o intensidad de la causa debe corresponderle una y solo una magnitud o intensidad del efecto; y si eso no se verifica inmediatamente, debe inferirse que se están ignorando otros factores intervinientes que contribuyen a disminuir o a aumentar la magnitud, o intensidad, del efecto registrado (1984[1865], p.89). Y ahí reaparece ese determinismo del cual el experimentador jamás puede dudar (ver 1984[1865], p.109; 1865, p.656; 1878, p.379; 1879, p.51), determinismo del cual las leyes aludidas por Claude Bernard serían la expresión más cabal²⁴, o como insistía el propio Bernard:

La ley nos da la relación numérica del efecto con su causa y ese es el fin en el que la ciencia se detiene. Una vez que tenemos la ley de un fenómeno, conocemos no solo el determinismo absoluto de las condiciones de su existencia, sino que también tenemos las relaciones referentes a todas sus variaciones, de manera tal que podemos predecir las modificaciones de ese fenómeno en todas las circunstancias dadas (1984[1865], p.108).

Ahí podemos ver, muy claramente enunciado, el principal punto de ruptura entre Bernard y el vitalismo de Xavier Bichat (1994[1800], p.123)²⁵. Para este, la fisiología no podía esperar demasiado del método experimental (Bichat, 1994[1798], p.290) y debía desarrollarse, fundamentalmente, por la vía de la observación clínica (Grmek, 1999, pp.148-9). La razón de ello estribaba, precisamente, en la distancia existente entre la constancia de las *leyes físicas* y la inestabilidad de las *fuerzas vitales* (Bichat, 1994[1800] p.120):

24 Ver Halpern (1966, p.104), Roll-Hansen (1976, p.75) y Pepin (2012, p.56).

25 Ver Roll-Hansen (1976, p.81) y Huneman (1998, p.29).

Esa inestabilidad de las fuerzas vitales, esa facilidad que ellas tienen de variar a cada instante, disminuyendo o aumentando, imprimen a todos los fenómenos vitales un carácter de irregularidad que los distingue de los fenómenos físicos, caracterizados por su uniformidad (p.121)²⁶.

Las fuerzas vitales, consideraba Bichat (1994[1800]), son

permanentemente variables en su intensidad, su energía, su desarrollo, pasan a menudo con rapidez del último grado de postración al punto más alto de exaltación, se acumulan y se debilitan alternativamente en los órganos, y toman, bajo la influencias de menores causas, mil modificaciones diversas (p.121).

En cambio, las leyes físicas “son fijas, invariables, constantemente las mismas en todos los tiempos”, y “son la fuente de una serie de fenómenos siempre uniformes” (Bichat, 1994[1800], p.121). Y para corroborar esa diferencia, Bichat (1994[1800], p.121) pedía comparar “la facultad vital de sentir con la facultad física de atraer”. Él decía que “La atracción está siempre en razón de la masa del cuerpo bruto en la que se la observa, mientras que la sensibilidad cambia sin cesar de proporción en la misma parte orgánica y en la misma masa de materia” (Bichat, 1994[1800], p.121). Es decir:

Diferentemente de la regularidad que impera en los fenómenos físicos, todas las funciones vitales son susceptibles de múltiples variaciones. Ellas se apartan frecuentemente de su grado natural, escapando a toda suerte de “calculo”; se harían necesarias tantas fórmulas cuantos casos se presentan. No se puede prever nada, nada se puede predecir ni calcular en esos fenómenos: lo único que tenemos al respecto de ellos son aproximaciones, y en general inciertas (Bichat, 1994[1801], p.231-2).

26 Al respecto, ver también Pichot (1994 p.38) y Huneman (1998 p. 29).

Por lo mismo, mientras la matematización era un objetivo perfectamente factible y legítimo para la física, ella podía resultar engañosa en el caso de la fisiología:

La invariabilidad de las leyes que rigen los fenómenos físicos permite someter al cálculo todas las ciencias que los tienen como objetos, mientras que aplicadas a los actos de la vida, las matemáticas jamás pueden ofrecer fórmulas generales. Calculamos la órbita de un cometa, la resistencia de un fluido que recorre un canal inerte, la velocidad de un proyectil, etc., pero calcular, con Borelli, la fuerza de un músculo, con Keil la velocidad de la sangre, con Jurine, Lavoisier, etc. la cantidad de aire entrando en un pulmón, es asentar sobre arena movediza un edificio en sí mismo sólido, pero que se cae cuando falla su base. (Bichat, 1994[1801], p.232).

No debe pensarse, por otra parte, que en el momento en el que Bernard desarrollaba sus trabajos, y ensayaba su fundamentación de la fisiología experimental, el vitalismo fuese un *perro muerto* (cf. Waisse-Priven, 2009, p.103; Lavabre-Bertrand, 2011, p.67). A mediados del XIX esas ideas estaban aún muy presentes (cf. Lemoine, 1864, p.16), y una figura tan influyente en la época, como lo era Johannes Müller (1851, p.25), también sostenía tesis vitalistas (cf. Albarracín, 1983b, p.92; Waisse-Priven, 2009, p.113). De hecho, y como puede verse en *L'espèce humaine*, de Armand Quatrefages (1878, p.4-8), más de una década después de la publicación de *Introducción al estudio de la medicina experimental* el vitalismo continuaba siendo parte de lo decible, y así continuó siendo hasta las primeras décadas del siglo XX: exigiendo impugnaciones como las de Ralph Lillie (1914) y Herbert Spencer Jennings (1918). La idea de *entelequia* sostenida por Hans Driesch (1908, p.143) y James Johnstone (1914, p.329) es el ejemplo más claro y conocido de esa persistencia del vitalismo, y esta todavía era seriamente discutida a mediados del siglo XX (cf. Hartmann, 1960[1947], p.124).

La docilidad experimental de lo viviente

Aquí puede ser oportuno un paréntesis para introducir una aclaración terminológica sobre qué es lo que estoy entendiendo por “vitalismo”. En su *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, André Lalande (1947, p.1214) distingue dos acepciones de ese término: una estrecha, que remite exclusivamente a las tesis de la escuela de Montpellier, y a Paul-Joseph Barthez en particular (cf. Bognon-Küss, 2012, p.415; Morange, 2017, p.93)²⁷, y otra amplia que, por ser aquella que Bernard considera e impugna en sus textos (cf. Lalande, 1947, p.1214-5), es la que estoy adoptando aquí. Según esa acepción amplia, es vitalista toda posición que admita que “los fenómenos de la vida poseen caracteres sui géneris, por los cuales ellos se diferencian radicalmente de los fenómenos físicos y químicos, manifestando así la existencia de una fuerza vital irreductible a las fuerzas de la materia inerte” (cf. Lalande, 1947, p.1214). En este sentido Bichat sería la expresión más clara de esa forma de entender los fenómenos vitales.

En él aparece con toda claridad, la postulación de una fuerza vital entendida como un agente causal específico que produce efectos en el orden de las causas próximas o segundas, sin someterse a la legalidad física. Esa fuerza, sin ser nada sobrenatural²⁸, no solo es ajena al orden físico, sino que además se le resiste y subleva (cf. Bichat, 1994[1800], p.59). Bichat (1994[1800], p.57) había dicho que “la vida es el conjunto de funciones que resisten a la muerte”, y para él morir no era otra cosa que subordinarse al orden de lo inerte: el orden físico. Por eso, para evitar esa subordinación, era preciso que

27 En realidad, este sentido más estrecho del término “vitalismo” acaba siendo menos claro de lo que podría parecer, y esto es así porque la escuela de Montpellier fue muy heterogénea (cf. Raynaud, 2011, p.52-3 y Lavabre-Bertrand, 2011, p.61-2).

28 Al respecto, ver Bernard (1856, p.24), Lemoine (1864, p.13) y Andrault (2013, p.25). Bichat, decía Bernard, “comprendió que la razón de los fenómenos vitales no debía buscarse en un principio inmaterial de orden superior, sino [...] en las propiedades de la materia” (2016[1875], p.16).

los seres vivos estuviesen animados por una fuerza que, aun siendo natural, fuese distinta de las fuerzas físicas y les permitiese resistir a estas. Los seres vivos, lo decía claramente Bichat (1994[1800], p.58), “sucumbirían si no poseyesen un principio permanente de reacción”, y “ese principio es el de la vida, cuya naturaleza es desconocida, pudiéndose apreciar solo por sus manifestaciones”.

Sin la fuerza vital, sin la vida entendida como agente causal y no como efecto o resultado, los fenómenos biológicos seguirían mansamente la dirección impuesta por los agentes de su entorno. La sequedad del ambiente los deshidrataría irremediablemente, y su temperatura siempre se equipararía con la de los *medios circundantes*. Más aún: la intensidad de esos procesos de deshidratación y de incremento o pérdida de temperatura sería siempre estrictamente proporcional a la de las condiciones imperantes en esos medios. A cada grado de temperatura ganada o perdida en el entorno correspondería una cantidad siempre proporcional de temperatura ganada o perdida por el organismo. Que eso no fuese así, Bernard lo explicaba en virtud de mecanismos de regulación interna tendientes a mantener la constancia del medio interno (*cf.* 1984[1865], p.103; 1865, p.644; 1878, p.112)²⁹ a los que ya volveré a referirme en el capítulo II; pero Bichat lo explicaba por la intervención de la fuerza vital.

Ella era la responsable de que las reacciones orgánicas nunca fuesen proporcionales a los estímulos que afectaban a los seres vivos, y eso es como decir que, por la mediación de esa fuerza, tales seres desobedecían al *principio de inercia*: la magnitud o la intensidad de la respuesta que ellos daban a los agentes causales que los afectaban no era proporcional a la magnitud o a la intensidad de dichos agentes. Por el contrario, esa respuesta obedecía a ese factor interno que era la fuerza vital, y no a la perturbación advenida desde el entorno. Ese

29 Al respecto, ver Canguilhem (1983a, p.149), Goodfield (1987, p.137), Holmes (1991, p.55), Jeannerod (1991, p.147), Pichot (1993, p.692), Grmek (1997, p.108), Gross (1998, p.383), Ledesma Mateos (2000, p.333), Mazliak (2002, p.286) y Pepin (2013, p.13).

era el principio que hacía que la reacción del viviente no fuese pasible de predicción, no obstante el eventual conocimiento y la ponderación del factor que lo perturbaba. Ese principio, siempre voluble e inestable, actuaba espontáneamente, sin ajustarse a ninguna regla o proporción definida.

En sus *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*, Kant (1989[1786], 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 *sustancia finita* que se determina a sí misma para el cambio— y de una *sustancia 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 —solo desde sí—, a cualquier agente exterior que lo empuje a moverse; y esa capacidad sería la vida que Kant le niega a la materia en general y que Bichat le atribuye a los seres organizados en particular. Estos no son seres inertes: son, justamente, seres vivos. Pero sería justamente por esa vida, por esa capacidad de sustraerse a cualquier proporción constante entre la intensidad de sus respuestas y la intensidad de los agentes que las suscitan, que esos seres se hurtarían, no solo a cualquier legalidad que pudiese permitir prever y calcular sus reacciones, sino también a cualquier experimentación que pudiese permitir conocer esa legalidad.

Todo es parte de lo mismo: 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 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. Bernard podría haber hecho suyas estas

palabras de Kant (1989[1786], p.135-6): “toda materia en cuanto tal está [...] *privada de vida*”; es decir: toda materia es inerte, en sí misma carente de vida (*cf.* Grmek, 1991b, p.124). Y esa inercia, esa pasividad de la materia, esa disponibilidad para ser determinada desde afuera, era una condición sin la cual el método experimental nunca podría abrirse camino en el estudio de lo viviente (1878, p.18-9).

Por eso, para legitimar el abordaje experimental de la fisiología, Bernard (1984[1865], p.99; 1878 p.26) precisaba negar esa supuesta espontaneidad del viviente (Bognon-Küss, 2012, p.414). Precisaba suponer que: “los fenómenos de la vida no son las manifestaciones espontáneas de un principio vital interior” (1878, p.242). Dicha espontaneidad solo podía ser una apariencia resultante de nuestra incapacidad para asir un *determinismo* demasiado complejo (1984[1865], p.111; 1878, p.19)³⁰. Una vez superada esa dificultad, por la insistencia en la propia experimentación, la ley involucrada en cada fenómeno estudiado se rebelaría, y 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 posible (1865, p.643; 1878 p.57; 1947, p.150), y el efectivo establecimiento de algunos invariantes fisiológicos y la obtención de diversos resultados experimentalmente reproducibles ratificaba esa posibilidad.

Contrariando explícitamente lo que Cuvier (1805, p.v) había dicho al respecto en la “Carta a Mertrud”, que prologaba las *Lecciones de anatomía comparada* (*cf.* Caponi, 2008, p.29), Bernard (1984[1865], p.100) ya negaba que la complejidad organizacional del ser vivo fuese un obstáculo infranqueable para el desarrollo de la fisiología experimental. Para él, la fisiología, *malgré* Cuvier (1805, p.v-vi), no tenía por qué limitarse a lo que la anatomía comparada, o el conocimiento anatomo-clínico pudiesen enseñarle (*cf.* Caponi, 2008, p.30), sino todo lo contrario: su *via regia* hacia la verdad debía ser la experimen-

30 Ver Dastre (1906, p.48), Goodfield (1987, p.138), Pichot (1993, p.692) y Huneman (1998, p.101).

tación. Pero ya volveré sobre ese asunto en el próximo capítulo. Lo que más me importa aquí es que Bernard también negase, de modo terminante, que esa supuesta espontaneidad, ilusoria en definitiva, pudiese impedir el desarrollo de una fisiología experimental. En contra de ese reparo, Bernard (1984[1865], p.120) dirá que: “tanto en las ciencias biológicas como en las ciencias físico-químicas el determinismo es posible porque tanto los cuerpos vivos como en los cuerpos brutos la materia no puede tener ninguna espontaneidad”³¹. O dicho con mayor claridad aún:

La materia viviente, al igual que la materia bruta, no puede darse actividad y movimiento por sí misma. Todo cambio en la materia supone la intervención de una relación nueva, es decir de una condición o de una influencia exterior. El papel del sabio es intentar definir y determinar para cada fenómeno las condiciones materiales que producen su manifestación. Una vez conocidas esas condiciones el experimentador deviene amo del fenómeno, en el sentido en que él puede darle o quitarle movimiento a la materia (1984[1865], p.122)³².

Pero, dado que —para Bernard (1984[1865], p.107)— “determinar” no puede significar otra cosa que el establecimiento de una relación invariante entre magnitudes tal que, registrada o producida cierta intensidad de la causa, podamos calcular o producir cierta intensidad del efecto, entonces la postulación de esa inercia, o *ausencia de espontaneidad*, de la materia viva resulta, al mismo tiempo y como ya lo señalé, idéntica a la postulación de su subordinación a leyes, y es también idéntica a la postulación de la docilidad, o disponibilidad,

31 Ese es el octavo subtítulo del capítulo primero de la segunda parte de la Introducción.

32 La forma en que Bernard entiende la idea de inercia parece seguir lo que al respecto decía Paul Janet (1877[1864], p.53-4) en *El materialismo contemporáneo*.

de esa materia para la experimentación (cf. Grmek, 1997 p.105-6). El viviente puede ser experimentalmente controlado porque su modo de comportarse se ajusta a regularidades contantes, y esto es así porque en él nada escapa a la inercia que también reina en el orden de los cuerpos brutos.

La negación del vitalismo, podríamos entonces también decir, implica el pleno encuadramiento de lo viviente en el marco de la legalidad física. O por lo menos eso es lo que Bernard parecía querer indicar cuando, en el *Informe sobre los progresos y la marcha de la fisiología general en Francia*, y en *Sobre la fisiología general* decía que:

La materia viviente de los elementos orgánicos no tiene, por ella misma, ninguna espontaneidad; como la materia bruta, ella solo reacciona bajo la influencia de agentes y de excitantes que le son exteriores. Los excitantes generales, aire, calor, luz, electricidad, etc. que provocan las manifestaciones de los fenómenos físico-químicos de la materia bruta también suscitan de una manera paralela la actividad de los fenómenos propios de la materia viviente. De donde resulta que la fisiología debe, para conocer la materia organizada, estudiar las condiciones físico-químicas de su actividad (1867, p.134; 1872, p.190).

Cosa que queda ratificada cuando, en una y otra obra, Bernard agrega que:

El error de los vitalistas fue creer que los fenómenos de los seres vivos no eran en nada semejantes, y hasta eran opuestos, por su naturaleza y por las leyes que los rigen, a aquellos que ocurren en los cuerpos brutos. Los fisiólogos físico-químicos o mecanicistas sostuvieron, por el contrario, y sobre ese punto tienen toda la razón, que las manifestaciones de los organismos vivientes no tienen nada de especial en su naturaleza, y que ellas entran todas en las leyes de la físico-química general (1867, p.134-5; 1872, p.190).

Idea, esa, que reaparecerá en las *Lecciones de fisiología operatoria*, en las que podemos leer que “la explicación de los fenómenos vivientes debe

ser siempre remitida a leyes, a propiedades, a condiciones, a fenómenos físico-químicos. Solamente que esos fenómenos físico-químicos son de naturaleza especial. Ellos tienen instrumentos especiales, aunque entren en las leyes físico-químicas generales” (1879, p.xiii). Pero sobre ese asunto de las leyes físico-químicas subsisten algunas ambigüedades que Bernard no llega a despejar plenamente. Queda claro, sí, que los fenómenos biológicos no solo no están en contradicción o conflicto con la legalidad que rige los fenómenos inorgánicos, sino que ellos se pautan por esa misma legalidad: el rechazo del vitalismo por parte de Bernard, insisto, siempre fue terminante. Pero lo que no llega a quedar del todo claro es si él afirma una plena identidad entre las leyes fisiológicas y las leyes físicas, o si él supone que existen leyes específicamente fisiológicas. Si uno se pregunta si la explicación causal de un fenómeno biológico debe estar necesariamente estructurada con base en leyes físico-químicas, o si es legítimo construir explicaciones causales que supongan leyes específicamente fisiológicas, la respuesta que encontraremos en los textos de Bernard no llega a ser del todo nítida. Pero creo que eso se debe a un déficit de la exposición que el análisis puede permitirnos paliar.

La noción de causa próxima

En la *Introducción*, Bernard (1984[1865], p.109) afirmaba que “los fenómenos de la vida tienen leyes especiales justamente porque hay un determinismo riguroso en las diversas circunstancias que constituyen sus condiciones de existencia”, y eso parece no dejar ningún margen de dudas sobre la existencia de una legalidad específicamente biológica que sobredeterminaría a la legalidad física, aunque sin derogarla nunca (*cf.* Prochiantz, 1990, p.51; Pichot, 1993, p.705). Lejos de creer que la vida tuviese que ser comprendida en el horizonte de un determinismo más laxo que aquel que rige los fenómenos inorgánicos, Claude Bernard nos hace pensar en un determinismo más complejo (1865, p.653; 1984[1865] p.136); y esa mayor complejidad puede ser entendida en virtud de esas otras leyes que se agregan a las física-químicas en la determinación de los fe-

nómenos vitales³³. Leyes que, lo aclaro, no tendrían la universalidad del principio de Arquímedes, o del principio de gravitación, sino que serían invariantes de aplicación mucho más restricta, en no pocos casos solo aplicables a organismos de un único taxón. Serían ejemplos, justamente, de esas *regularidades causales*, no-nómicas en el sentido popperiano y hempeliano de la palabra “ley”, a las que aludió Kenneth Waters (1998, p.18-20).

La correlación causal entre la temperatura y la velocidad germinativa que se verifica en las semillas de diferentes especies y variedades es un buen ejemplo de eso. Desiderio Papp (1980, p.178) la explicaba así: “La velocidad germinativa del grano de trigo depende de la temperatura y alcanza su máximo a 28 °C; por debajo de 5 °C y por encima de 37 °C, la velocidad es nula”. Eso configura “una curva bien determinada” que será análoga a la que se den con otros granos, aunque los extremos de máximas y mínimas varíen en cada caso. Así, conociendo cuál es esa curva en una determinada semilla, podremos controlar o prever su velocidad de germinación, manipulando o midiendo la temperatura en la que ella se encuentra; y es esa capacidad de control y previsión la que nos indicaría que conocemos invariantes o regularidades causales que son específicas de esos procesos fisiológicos. Invariantes o regularidades causales a las que Claude Bernard, de acuerdo con lo que venimos diciendo, consideraría como ejemplos de esas leyes específicamente biológicas que se agregarían a las físicas en la determinación de los procesos orgánicos.

Pero cuando se considera la forma que toma su rechazo del vitalismo, la cuestión deja de verse con tanta nitidez. Ya no queda tan claro que esas regularidades más específicas tengan una función relevante en la determinación de los fenómenos fisiológicos. Tanto en el *Informe sobre los progresos y la marcha de la fisiología general en Francia* (1867, p.134), como en *Sobre la fisiología general* (1872, p.190), leemos que

33 En varios pasajes de los escritos de Bernard se pueden encontrar referencias a esas leyes especiales (*cf.* 1865, p.655; 1984[1865], p.110; 1947, p.267).

la cuestión importante que hay que decidir actualmente es la de saber si, una vez que la máquina orgánica está constituida³⁴, sus manifestaciones vitales, que derivan de las propiedades de la materia organizada, tienen leyes especiales, o si ellas entran en las mismas leyes que las manifestaciones de las propiedades de la materia bruta.

Y si nos remitimos a las citas de ambas obras que hice en la sección anterior, es preciso concluir que Bernard debería inclinarse por la segunda opción: por el rechazo de las leyes especiales, o por lo menos por la negación de que ellas nos brinden un conocimiento causal genuino. Esas leyes especiales, pensemos en el ejemplo de las semillas, podrían estar solo describiendo hechos, sin darnos una verdadera explicación causal de ellos.

Pero, antes de intentar dirimir la cuestión de las *leyes especiales*, es necesario recordar algo que ya apunté arriba: Bernard habla de *leyes* sin preocuparse por el requisito de universalidad, ni por nada análogo al papel de unificación y sistematización teórica que los estructuralistas le atribuyen a los enunciados nómicos (*cf.* Diez, 2002, p.75; Lorenzano, 2011, p.70). Si no recordamos eso podemos permitir que el problema de la universalidad interfiera la discusión, cuando, en realidad, él no sea relevante aquí. Para Bernard (1984[1865], p.185), conforme lo que ya fue dicho, una correlación como la que puede darse entre la producción de una hormona y una determinada reacción metabólica podría ser considerada una ley, aunque ella solo se cumpla en un taxón restringido. Y lo mismo valdría para la relación entre actividad física y ritmo cardiaco. Según ese punto de vista, y conforme lo que ya dije un poco antes, una vez que conocemos una correlación entre dos magnitudes x e y de forma tal que controlando o graduando a x podamos determinar o graduar el valor de y , podemos decir que conocemos la ley que establece su vínculo causal.

34 Bernard dice “una vez que la máquina orgánica está constituida” para así dejar fuera de la discusión todo lo relativo a esas problemáticas leyes morfológicas a las que aludí más arriba, y sobre las que volveré en el capítulo III.

Como también ya lo observé, lo que a Bernard realmente le importaba era eso que Woodward (2002, S370) denomina “invariancia” (Psillos, 2002, p.182-3; Caponi, 2014a, p.90-4): los estados de una variable de control pueden ser considerados como causa de los estados de una variable controlada, cuando entre dichos estados exista una relación mínimamente constante tal que pueda preverse, e incluso decidirse, la modificación que ocurrirá en la variable controlada en virtud de nuestro conocimiento de la modificación ocurrida, o introducida, en la variable de control (Woodward, 2003, p.14-5; 2010, p. 291-2). Además, que Bernard haya denominado ley a esa relación no es, por otra parte, nada que deba asombrarnos: ese uso liberal, y un poco indiscriminado, del término “ley” era algo bastante típico del siglo XIX. Al igual que muchos otros científicos del siglo XIX, Bernard estaba muy lejos de las restricciones que Hempel y Popper le supieron imponer al uso de esa expresión. Piénsese, por ejemplo, en la cantidad de leyes que Haeckel (1947[1868]) enunció en su *Historia de la creación de los seres organizados según leyes naturales*; o en aquellas que Ameghino (1915[1884]) formuló en su *Filogenia* (cf. Caponi, 2017).

Nótese, por otra parte, que con base en ese modo intervencionista, o experimental, de entender las imputaciones y explicaciones causales, también se puede ensayar una primera delimitación más clara de lo que Bernard entendía por *causa inmediata* o *condición de existencia*. Propongo esta:

Dados dos fenómenos [o conjuntos de fenómenos] X e Y, se puede afirmar que el primero sea causa inmediata [o la condición de existencia] del segundo, en la medida en que aceptemos:

[1] Sendas descripciones de ambos fenómenos, o conjuntos de fenómenos, que los presenten como estados de dos conjuntos diferentes de variables [V_x y V_y , respectivamente].

[2] Un enunciado condicional que establezca una función constante pero asimétrica entre esas variables, tal que: (A) cada estado de V_y pueda ser considerado como resultante de un estado de V_x [pero

no a la inversa], y (B) el estado de V_x pueda alterarse o pueda ser manipulado independientemente de V_y , pero que los cambios de ahí resultantes incidan en los estados de V_y .

Es obvio, sin embargo —y aquí vuelvo al tema de las leyes especiales— que para Claude Bernard también existiría un tercer requisito “[3]” que no puede ser obviado aquí: el carácter físico-químico de las variables en cuestión. Su determinismo equivalía, y lo subrayo, a lo que hoy denominamos “fiscalismo”: “eso que llamamos causa próxima de un fenómeno”, leemos en la *Introducción*, “no es nada más que la condición física y material de su manifestación” (1984[1865], p.106). Las causas próximas bernardianas siempre son condiciones físico-químicas (1984[1865], p.115)³⁵ cuya manipulación, o producción experimental, nos permite producir o variar la intensidad de efectos³⁶ que también son observables en cuanto fenómenos físico-químicos (1947, p.264). Es decir: son registrables por instrumentos tales como termómetros, balanzas o reactivos³⁷. Y es esa vinculación de los fenómenos a sus condiciones físico-químicas la que le da soporte y garantía al determinismo (1984[1865], p.111)³⁸. Decía Bernard:

Hay un determinismo absoluto en todas las ciencias porque cada fenómeno, estando encadenado de una manera necesaria a condiciones físico-químicas, el investigador puede modificarlas para dominar

-
- 35 Ver también 1984[1865], p.102 y p.142; 1865, p.642; 1878, p.53 y 1879, p.xiv.
- 36 Ver 1984[1865], p.101 y p.135; 1865, p.649 y p.654; 1878, p.52 y p.339. Este aspecto del pensamiento de Bernard ha sido apuntado por autores como Schiller (1973, p.152), Goodfield (1983, p.122) y Grmek (1991a, p.142).
- 37 Al respecto, ver Gendron (1992, p.20), Gayon (1996, p.159) y Huneman (1998, p.109).
- 38 Quizá sea oportuno recordar aquí la precisión que al respecto introdujo Joseph Schiller (1973, p.152): “Aunque la expresión ‘físico-químico’ era usada por Bernard, ella es muy amplia y necesita aclaración. Física y química pueden disociarse una de otra; ellas no responden el mismo tipo de preguntas. Aplicada a la biolo-

el fenómeno, es decir, para impedir o favorecer su manifestación. Nadie cuestiona eso en el caso de los cuerpos brutos. Yo quiero probar que ocurre lo mismo en los cuerpos vivientes (1984[1865], p.101).

Pero si esto último parece poner en entredicho la existencia de *leyes específicamente fisiológicas* que sean atinentes a las condiciones de aparición de los fenómenos biológicos, tampoco deja de ser cierto que cuando se considera el funcionamiento de un organismo —tanto como cuando se considera el funcionamiento de una máquina— vemos que ahí se cumplen ciertos invariantes causales, en el sentido de Woodward, que no son leyes físicas o químicas (Caponi, 2014a, p.127) y tampoco pueden ser consideradas como meros corolarios de tales leyes. Esos invariantes solo rigen en tales casos porque tanto los componentes de la máquina como los elementos del organismo están dispuestos de una forma particular que tampoco es exigencia de ninguna ley física. En un simple depósito de agua que regula la entrada de líquido en función de la salida, por la mediación de un flotante que abre y cierra una válvula, se cumple un invariante causal que, además de permitirnos regular la recarga con solo aumentar o disminuir la descarga, también nos habilita a explicar la magnitud de la recarga citando como causa la magnitud de la descarga. Esa es una explicación causal impecable que, en sí misma, no supone ninguna ley física; aunque nada en ella implique cualquier cosa que vaya más allá de relaciones causales de carácter estrictamente físico que se ajustan a leyes como el principio de Arquímedes. Y algo semejante ocurre con muchas explicaciones fisiológicas.

gía, la física permite registrar un fenómeno (presión sanguínea) y provee excelentes instrumentos de exploración (estímulo galvánico), pero la naturaleza íntima del fenómeno es química”. En trabajos posteriores, Frederic Holmes (1974) y Claude Debru (1979; 1991) parecen ratificar esa afirmación de Schiller en lo que atañe al predominio explicativo de la química en la obra de Bernard, y lo mismo ocurre con François Pepin (2012, p.72). Sobre el uso de la física, aunque también de la química, como medio de exploración del fenómeno vital, ya volveremos más adelante en este mismo trabajo.

Ya me referí, en ese sentido, a la velocidad de germinación de las semillas; pero también se puede recordar el crecimiento de los testículos de los patos que ocurre durante la primavera. Dicho crecimiento puede atribuirse al aumento de las secreciones de la hipófisis que resulta de la mayor cantidad de luz. La luz estimula esas secreciones, y estas hacen que los testículos de los patos crezcan (Delsol & Perrin, 2000, p.88-90). He ahí una explicación que puede legitimarse recurriendo a una manipulación experimental: si tapamos los ojos de algunos patos, y eso impide el crecimiento de sus testículos, nuestra explicación causal quedará reforzada, aunque allí no se alcance a individualizar cuál sería la ley, o el conjunto de leyes, de carácter físico-químico que, en el nivel molecular, hace que ese invariante causal se cumpla. Pero si, a la manera de Bernard, definimos *ley* como la simple expresión numérica de la relación entre la magnitud de la causa y la magnitud del efecto, y constatamos que, en esos patos, existe una proporción constante entre la estimulación lumínica y el volumen de los testículos, entonces tendremos que decir que hemos descubierto una ley, y que el aumento de la estimulación lumínica es la causa próxima del crecimiento de los testículos de los patos.

Es decir: tanto aquí como en el caso del funcionamiento del depósito de agua no se supone ninguna ley físico-química de la cual el vínculo causal apuntado sea una instancia (*cf.* Nagel, 1998, p.212), y es la posibilidad de control experimental la que nos lleva a aceptar que ese vínculo existe. No existe una ley física que vincule aumento de luz y aumento en el tamaño de los testículos de los patos: pueden existir, en todo caso, leyes causales de naturaleza físico-química que expliquen cada uno de los eslabones del mecanismo (Bertalanffy, 1974, p.92; Caponi, 2014a, p.127). Pero, en realidad, no es el conocimiento de dichas leyes lo que justifica la imputación causal “en condiciones normales, la luz solar aumenta el volumen de los testículos de estos patos”. Lo que la justifica es la posibilidad de usar esa regularidad como receta para manipular el crecimiento de esos órganos en dichos animales, y es el carácter cuantitativo de esa regularidad lo que —atendiendo al uso que Bernard hace del término— nos permite hablar de una modesta y acotada ley fisiológica.

Pero aunque la posible enunciación matemática de esos invariantes fisiológicos nos habilite a que los llamemos leyes, en el sentido

bernardiano de la palabra, todavía hay que discutir si ellos satisfacen el requisito de aludir a condiciones físico-químicas que puedan ser consideradas como genuinas causas próximas. Es que esas supuestas leyes fisiológicas no solo aluden a cambios ocurridos en propiedades físicas o químicas, sino que también aluden, parcial o exclusivamente, a cambios ocurridos en propiedades vitales, considerándolos como causas de los fenómenos que se quiere explicar; y la idea de que las causas próximas son siempre causas de carácter físico-químico podría llevarnos a cuestionar esa pretensión de las leyes fisiológicas: ellas podrían no ser genuinas leyes causales. Cabría pensar que ellas solo establecen correlaciones entre dichos cambios que, aun permitiendo prever su secuencia, no llegan a mostrarnos verdaderas conexiones causales que nos habiliten a un genuino control experimental de los fenómenos.

Creo, sin embargo, que Bernard había entrevisto la posibilidad de ese cuestionamiento, y hasta podía aducir buenas razones para desestimarlo. La clave estaba en esa propiedad que los fisiólogos ya habían denominado *irritabilidad*. Bernard (1878, p.243) le atribuye un doble papel: ella es la propiedad distintiva de la materia ya organizada, de la cual las otras propiedades vitales se derivan (Bernard, 1878, p.249), y ella opera como mediador entre el orden físico-químico y el orden vital (*cf.* Tirard, 2013, p.60)³⁹. A ese respecto, en *Leciones sobre las propiedades de los tejidos vivientes* podemos leer:

La materia, por sí misma, es inerte; incluso la materia viviente: ella debe considerarse como desprovista de toda espontaneidad. Pero

39 Es obvio que cuando Bernard trae a cuento la irritabilidad lo hace sabiendo que esa noción ya tiene una larga trayectoria en el desarrollo de la fisiología: una trayectoria que él, en general, reivindica y retoma, y en la cual aparecen nombres como los de Glisson, Barthez, Bordeu, Haller, Broussais y Virchow. De las *Leciones sobre las propiedades de los tejidos vivientes* (1866), Bernard dedica la tercera y la cuarta partes a la revisión de esa historia, y vuelve a hacerlo en el inicio de la séptima de las *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales* (1878).

esa materia viviente es irritable, y así ella puede entrar en actividad manifestando sus propiedades particulares, lo que sería imposible si ella estuviese desprovista tanto de espontaneidad como de irritabilidad. La irritabilidad es, por eso, la propiedad fundamental de la vida (Bernard, 1866, p.64).

Irritabilidad y excitación

Sobre el mismo tema, pero ya en sus *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales*, Bernard también afirmó que “la irritabilidad es la propiedad que posee todo elemento anatómico (es decir: el protoplasma que entra en su constitución) de ser puesto en actividad y de reaccionar de una cierta manera bajo la influencia de excitantes exteriores” (1878, p.242); y en las propias *Lecciones sobre las propiedades de los tejidos vivientes*, él ya había dicho que esa “aptitud a reaccionar fisiológicamente contra la influencia de las circunstancias exteriores” era una propiedad que no pertenecía “ni a las materias minerales, ni a las materias orgánicas” (1866, p.63): ella era “privilegio exclusivo de la materia organizada y viviente”. En efecto, “la propiedad de ser irritable” —según Bernard también decía ahí— distinguía “a la materia orgánica de aquella que no lo es, y además “entre las materias organizadas” ella distinguía “a la que está viva de la que ya no lo está” (1866, p.63). “La irritabilidad”, remataba Bernard, “caracteriza a la vida” (1866, p.63).

Pero es muy importante evitar creer que ahí haya cualquier insinuación de un retorno al vitalismo. Bernard no está afirmando que la materia de la cual están constituidos los seres vivos tenga, de por sí, una propiedad, llamada *irritabilidad*, que estaría ausente en la materia inorgánica. Bernard afirma que es en virtud de estar organizada en los *elementos anatómicos* que la materia de la que están hechos los seres vivos posee una forma de comportarse ante ciertos agentes externos que está ausente en la materia inorgánica; y esa propiedad también estaría ausente en el protoplasma de los seres vivos si este no se encontrase fisiológicamente organizado. La irritabilidad resulta de la propia organización. Es decir: la irritabilidad es una propiedad de la materia ya organizada y viviente; ella no existe antes de que esa

misma materia ya esté configurando tejidos y órganos, cumpliendo así funciones vitales (1878, p.250). Por eso Bernard subrayaba que los “elementos anatómicos vivientes” son “las únicas partes irritables del organismo”, y también insistía en que “todos los seres vivientes son [...] irritables por los elementos histológicos que ellos comprenden, y ellos pierden esa propiedad en el momento de la muerte” (1866, p.63). Ideas, todas estas que, para decir la verdad, tampoco estaban ausentes en la *Introducción*.

Allí se podía leer que “los elementos anatómicos son las únicas partes organizadas y vivientes” (1984[1865], p.120), y allí ya se nos decía también que “esas partes son irritables y, bajo la influencia de diferentes excitantes, ellas manifiestan propiedades que caracterizan exclusivamente a los seres vivientes”. Tener eso en cuenta es crucial para discutir la posibilidad de reducir esa propiedad vital fundamental, que es la irritabilidad, a propiedades físico-químicas. Porque si existe una propiedad de los seres vivos que Bernard ciertamente consideraba como una propiedad vital aun no reducida a propiedades físico-químicas, esa era la irritabilidad (*cf.* Bognon-Küss, 2012, p.419). Aunque, vale aclararlo, el hecho de que esa reducción no hubiese sido ya alcanzada no significaba que ella no fuese posible: no para Claude Bernard, por lo menos. Según él, aunque al referirnos a los seres vivos distingamos tres tipos propiedades: las físicas, las químicas y las vitales (1875, p.152), lo cierto es que en esta última categoría solo se agrupan aquellas propiedades que aún no hemos podido “reducir a propiedades físico-químicas” (1984[1865], p. 142)⁴⁰.

En última instancia, de eso no podía haber ninguna duda: los elementos anatómicos como músculos, nervios y órganos eran irritables en virtud de la disposición, u organización, de los elementos físico-químicos que los componían, y sus reacciones obedecían a las

40 Mirko Grmek (1991b, p.48) dijo alguna vez que la expresión “reduccionismo” no aparece en la obra de Bernard. Pero por lo visto “reducción” sí aparece, y usada a la manera en que hoy se usa en las discusiones de las relaciones entre propiedades físicas y biológicas.

relaciones causales que los estados de cada uno de esos elementos guardan con los estados de los demás elementos, y con los estados de los elementos físico-químicos del entorno circundante (1878, p.252). Por otra parte, y esto es tan importante como lo anterior, el hecho de que esa reducción no hubiese sido alcanzada no significaba que la irritabilidad debiese ser considerada como una apariencia o como un *efecto de superficie* sin mayor importancia. Para Bernard, la irritabilidad era una propiedad real, no importa que ella fuese resultado de combinaciones e interacciones de elementos más básicos. Al fin y al cabo una propiedad física como la flexibilidad también depende de propiedades físicas más básicas, y nadie dice que ella no sea real. Pero, además de eso, la realidad de la irritabilidad quedaba en evidencia por el simple hecho de que era imposible ignorarla a la hora de explicar los fenómenos fisiológicos. Ella aparecía como un elemento que se inscribía en el orden de las causas, y no en el orden de los efectos.

Prácticamente todas las reacciones fisiológicas la suponían, y el funcionamiento de todos los tejidos y sistemas orgánicos tenía que ser considerado en términos de reacciones o respuestas ante diferentes excitantes físicos (como luz, temperatura o simple presión mecánica) o químicos (como las más diversas sustancias), y esas respuestas no podían ser entendidas si no se suponían diversas formas de irritabilidad, o *sensibilidad*⁴¹, que hacían que fuesen distintas de meras reacciones físicas o químicas. Para Bernard, como para cualquier fisiólogo, era obvio que la reacción de un tejido ante un excitante no era una simple reacción química, y también era obvio que cuando se presionaba la antena de un caracol, esta respondía de una forma distinta al comportamiento que exhibiría una masa gelatinosa no organizada ante una presión mecánica semejante (1866, p.84). Pero Bernard también sabía que era un error tomar esa irritabilidad como un signo de espontaneidad. Era preciso pensarla sin dejarle margen a que el vitalismo volviese a colarse en nuestro razonamiento. Y eso era

41 Bernard (1878[1876], p.220) consideraba que la sensibilidad era lo mismo que la irritabilidad o, en todo caso, una forma de esta (1878, p.281).

crucial porque la irritabilidad mediaba la mayor parte de los procesos fisiológicos.

| 68 |

La irritabilidad, en efecto, estaba presente en la mayor parte de las interacciones que los elementos anatómicos guardaban entre sí y con los agentes causales que afectaban al viviente desde su exterior. Piénsese, de nuevo, en la luz solar estimulando la secreción de una glándula de ciertos patos cuya hormona, a su vez, acaba estimulando el crecimiento de los testículos de esos animales, y piénsese también en las semillas germinando a diferentes velocidades en virtud de la temperatura del suelo. En esos procesos están involucradas tramas complejas de excitaciones e irritaciones que toca al fisiólogo desenmarañar y analizar. Pero, además de mediar la mayor parte de las relaciones causales que el fisiólogo tenía como objeto de estudio, esa irritabilidad era también la condición de posibilidad de la mayoría de las manipulaciones experimentales que el fisiólogo ejecutaba en dicho estudio. En gran medida, esas intervenciones consistían en excitaciones que redundaban en irritaciones de diversa índole. En ese sentido, el control experimental de los fenómenos vivientes podía ser descrito como la producción de las irritaciones procuradas en virtud de excitaciones debidamente elegidas y graduadas. Experimentar en fisiología es excitación metódica: es irritación controlada.

Bernard sabía que “la fisiología solo puede actuar sobre los fenómenos vitales por la intermediación de condiciones físico-químicas determinadas” (1867, p.134; 1872, p.190). Por eso, según él muy bien lo entendía, la física y la química no solo brindaban explicaciones de las que el fisiólogo podía valerse, sino que además le daban instrumentos que eran imprescindibles para la investigación de los fenómenos vitales⁴². Era eso, incluso, lo que estaba en la base de aquella idea suya —subrayada por Grmek (1991a, p.142)— según la cual los venenos anestésicos eran genuinos *bisturtes químicos*

42 Bernard siempre fue muy claro al respecto. Ver 1865, p.648; 1879, p.88; 1947, p.244. Y consúltense Schiller (1973, p.152), Holmes (1974, p.455) y Coleman (1985, p.265).

(Ledesma Mateos, 2000, p.354)⁴³. Pero, aun entendiendo que las intervenciones experimentales sobre el viviente solo podían ser física o químicamente ejecutadas, Bernard también sabía que para planearlas y entenderlas había que tener en cuenta esa propiedad ausente en los *cuerpos brutos*, que era la irritabilidad.

Conforme lo que acabo de decir, esas intervenciones siempre eran excitaciones físicas o químicas del viviente, tales como cambios de temperatura y descargas eléctricas, o el contacto con las más diversas sustancias; y la respuesta dada por el viviente también debía poder ser física o químicamente registrada por el recurso de instrumentos de observación y medición idénticos o análogos a los usados en física o en química: desde simples recipientes volumétricos, calibres para medir testículos y termómetros (*cf.* Bordier, 1902), hasta la parafernalia más moderna como después fueron los centrifugadores, calorímetros y espectrofotómetros en la biología experimental del siglo xx (*cf.* Norman, 1971). Eso ratificaba que

los elementos histológicos reaccionan [...] por medio de propiedades vitales que guardan relaciones necesarias con las condiciones físico-químicas ambientales, y esa relación es tan íntima que puede decirse que la intensidad de los fenómenos físico-químicos que ocurren en un ser vivo pueden servir para medir la intensidad de los fenómenos vitales. Por eso [...] no es necesario postular un antagonismo entre los fenómenos vitales y los fenómenos físico-químicos, sino, por el contrario, constatar un paralelismo completo y necesario entre esos dos órdenes (1984[1865], p.122).

Pero, como ya dije, entre esos *inputs* físico-químicos, que son los excitantes, y esos *outputs* físico-químicamente registrables, que son las irritaciones, median pautas de reacción distintas de las que se cumplían en los cuerpos no organizados, y era allí que se insinuaban esas *leyes especiales*, propias de la fisiología, que establecen proporciones

43 Ver 1878[1864], p.237; 1866, p.177; 1878, p.251 y 1879, p.88.

entre acción y reacción, que no son el corolario de ninguna ley física o química porque dependen de esa organización, de esa configuración y de esa urdimbre causal de componentes y factores físico-químicos que hacen que los elementos anatómicos por ellos constituidos sean irritables en modos y grados diversos (*cf.* Bernard, 1866, p.86). Los experimentos con anestésicos le habían confirmado todo eso a Claude Bernard; le habían ratificado que la irritabilidad dependía de una infraestructura molecular aún no desvendada se ponía en evidencia en el hecho de que ella podía verse neutralizada por sustancias químicas específicas que alcanzaban esa infraestructura de una forma controlada (1878, p.265).

Fisicalismo experimental

Las leyes fisiológicas, podríamos incluso decir, son invariantes que establecen relaciones contantes entre excitación e irritación: a tal naturaleza y magnitud del factor excitante, dado o experimentalmente producido, tal naturaleza y magnitud de la irritación constatada u obtenida. Eso era crucial para Bernard porque era esa constancia y regularidad la que mostraba que esos fenómenos se ajustaban al *principio de inercia* que regía en toda la naturaleza sin dejar ningún lugar a la espontaneidad imprevisible de cualquier fuerza vital. Eso, para decirlo de otro modo, daba un indicio de que las relaciones causales entre excitación e irritación estaban sometidas al orden de la causación físico-química, y Bernard (1984[1865], p.121) se encargó de resaltarlo:

Las partes vivientes tienen la facultad de ser irritables, es decir de reaccionar, bajo la influencia de ciertos excitantes, de una manera especial que caracteriza a los tejidos vivientes, como es el caso de la contracción muscular, la trasmisión nerviosa, la secreción glandular, etc. Pero, cuáles sean las variedades que presentan esos tres órdenes de fenómenos, que la naturaleza de la reacción sea de orden físico-químico o vital, ella no tiene nunca nada de espontáneo: el fenómeno es siempre el resultado de la influencia ejercida sobre el cuerpo que reacciona por un excitante físico-químico que le es exterior.

“En el medio cósmico”, decía Bernard, “todo cuerpo mineral es muy estable, y solo cambiará de estado si las circunstancias en las que se encuentra son modificadas de una manera bastante pronunciada, sea naturalmente, sea por una intervención experimental” (1984[1865], p.121). Mientras tanto, consideraba también él, “en el medio orgánico, los principios inmediatos creados por los animales y por los vegetales son mucho más alterables y menos estables, pero aún son inertes y solo manifiestan sus propiedades en la misma medida en que son influenciados por agentes localizados fuera de ellos” (1984[1865], p.121)⁴⁴. Pero, como también él subrayaba en ese mismo pasaje:

Los propios elementos anatómicos, que son los principios más alterables y más inestables, son también inertes: no entran nunca en actividad vital, si alguna influencia extraña no se los exige. Una fibra muscular, por ejemplo, posee la propiedad vital, que le es propia, de contraerse; pero esa fibra viviente es inerte en el sentido de que, si nada cambia en las condiciones ambientales o interiores, ella no entrará en actividad y no se contraerá (1984[1865], p.121).

Cosa que también vale para cada órgano y para el organismo como un todo: al igual que ocurre con los cuerpos brutos, “cada uno de esos cuerpos es inerte: incapaz de darse movimiento por sí mismo” (1984[1865], p.121). Por eso, “para ponerse en movimiento, ellos precisan [...] entrar en relación con otros cuerpos y recibir alguna excitación” (1984[1865], p.121). O dicho de otro modo: el protoplasma, en la medida en que se encuentra organizado, posee “las facultades de la irritabilidad y de la motilidad”, y por tal motivo él puede “reaccionar y contraerse bajo la provocación de excitantes que le son exteriores”, sin por eso gozar “de cualquier facultad de iniciativa” (1878, p.241). Nada se autoirrita o se autoexcita: en el sistema vivien-

44 Los principios a los que se está refiriendo Bernard son sustancias formadas por los propios seres vivos (orgánicas pero no organizadas) tales como almidón, azúcar y albúmina (1984[1865], p.121).

te nada se mueve si no existe una perturbación que advenga desde el entorno, y la respuesta siempre será estrictamente proporcional a la magnitud de esa perturbación. Lo primero es el correlato fisiológico del *principio de inercia*, y lo segundo es el correlato fisiológico de la segunda ley de Newton: el cambio de movimiento es proporcional a la fuerza aplicada y ocurre en la misma dirección, y sentido, en el cual esa fuerza actúa.

Esa proporcionalidad entre excitación e irritación también se cumple, por otra parte, en el caso de las perturbaciones producidas en las manipulaciones experimentales del viviente. El fisiólogo experimentador excita los elementos orgánicos recurriendo a medios físico-químicos (1984[1865], pp.128-9): medios cuya intensidad él gradúa y dosifica con base en aparatos de medición que también le son ofrecidos por la física y la química. Así, la magnitud de la irritación producida en los elementos orgánicos estimulados, que también es registrada y medida por sus manifestaciones físico-químicas y con base en instrumentos de observación y medición oriundos de la física y la química, siempre se muestra proporcional a la magnitud de esa excitación física o química: siempre se ajusta a invariantes, o, como el propio Bernard ya se lo decía a sí mismo en el *Cahier rouge*: “se afirma que en fisiología la reacción no es igual y supera en mucho a la acción o excitación. Pero yo creo que aquí es preciso interpretar las cosas de otra manera. Las acciones fisiológicas son transformaciones en relaciones iguales” (1965, p.183)⁴⁵.

Por eso, aunque el fisiólogo describa y analice los circuitos causales estudiados por él en términos de propiedades vitales, tales como la irritabilidad u otras que de ellas se derivan, el hecho de que las leyes descubiertas establezcan una proporcionalidad estricta entre la magnitud físico-químicamente mensurada de su intervención excitante y la magnitud —también físico-químicamente mensurada— de la irritación generada, entonces él podrá estar seguro de estar elucidando

45 Cito aquí la edición que Mirko Grmek hizo del Cahier de notes, llamado también *Cahier rouge*, que Claude Bernard escribió entre 1850 y 1860.

genuinas conexiones causales que son relativas al orden de las causas próximas, entendidas siempre como condiciones físico-químicas. Aunque no estén formuladas en el lenguaje de la física y la química, esas leyes estarán conectando manipulaciones inevitablemente físico-químicas con resultados que son de esa misma índole. “El experimentador”, como Bernard llegó a decir en la *Revue des Deux Mondes*, y Jean Gayon (1996, p.158) supo subrayarlo, “puede más que lo que sabe” (1865, p.654): él puede controlar una trama causal cuya urdimbre más fundamental todavía desconoce, y esa capacidad de control ya es conocimiento aunque suponga la referencia a propiedades que no son las fundamentales. El fisiólogo experimental puede actuar sobre el orden de las causas próximas controlando los efectos de esa intervención, y puede hacerlo aun sin tener un conocimiento plenamente acabado de esos factores y conexiones que él está manipulando.

Claude Bernard no dudaba de que el entramado causal del mundo, ahí incluidos los fenómenos vitales, era de estricto carácter físico-químico, y era eso lo que garantizaba que el determinismo también se verificase en la fisiología. Pero él también sabía que si se quería avanzar en el desarrollo del conocimiento fisiológico era necesario reconocer y aludir a esas propiedades vitales aun no reducidas a las propiedades físico-químicas; y también sabía que los invariantes causales específicos de los fenómenos biológicos así descubiertos podrían venir a quedar expresados con base en conceptos que, justamente por referirse a esas propiedades vitales, no eran los conceptos de la física y la química. Pero, en la medida en que esos invariantes específicos pudiesen ser verificados en intervenciones experimentales que corroborasen la inercia de la materia y la ausencia de toda fuerza vital contraria a ella, también se podía estar seguro de que dichas leyes especiales brindaban verdadero conocimiento causal: se podía estar seguro de que ellas nos estaban desvendando parte de la trama causal de un mundo físico-químicamente determinado, mostrándonos cómo controlarlo.

Para Claude Bernard el compromiso experimentalista era todo el compromiso fiscalista, o determinista, que se necesitaba para el desarrollo de una ciencia. Al apoyarse en la manipulación experimental de los procesos vitales, y al verse refrendada por esa manipu-

lación, la fisiología mostraba que ella tenía mucho que enseñarnos aunque este fuese un mundo físicamente determinado. En definitiva: donde exista posibilidad de genuina ciencia experimental no hay traición al fisicalismo: no hay traición al determinismo, que es como Bernard llamaba a lo que hoy denominamos “fisicalismo”. Claude Bernard (1878, p.212) decía que “se piensa metafísicamente, pero se vive y se actúa físicamente”. Pero lo que realmente él mostró fue que, para desarrollar las ciencias de lo viviente, *es necesario pensar biológicamente, pero observar y experimentar físicamente*; y es la eficacia experimental de lo pensado lo que puede certificarnos que ese pensamiento, esa teorización biológica, está develándonos la nervadura causal del orden físico. Aunque tampoco se debe olvidar que, en el caso de las explicaciones biológicas, esa eficacia experimental solo se alcanza, y solo se constata, por el hecho de ya estar pensando, de ya estar teorizando, biológicamente.

Parafraseando a Kant (*A51/B75*) de modo semejante a como lo hizo Lakatos al hablar de la relación entre filosofía e historia de la ciencia, pero con mayor respeto por el significado del original, nosotros, al hablar de la relación entre pensamiento y experimentación, podemos muy bien decir que: “pensamientos sin experimentación son vacíos, pero experimentos sin pensamientos son ciegos”. Los experimentos por sí solos no nos dan ningún conocimiento; y si tanto para proyectar tales experimentos, como para interpretar sus resultados, suponemos teorías y explicaciones biológicas, entonces esas teorías y explicaciones deben ser aceptadas como *pensamientos (explicativamente) imprescindibles*, lo que implica que las entidades y las propiedades a las que esas explicaciones causales aluden no podrán ser objeto de una *reducción eliminativa*. Pero aun así podemos estar seguros de estar aludiendo a genuinas conexiones causales que se dan en el orden físico: si las variables de las que hablamos se encuentran en el plano de lo manipulable, es porque ellas no escapan a ese orden físico, y es eso lo que garantiza su eficacia causal. El compromiso experimental nos da todo el compromiso fisicalista, todo el compromiso determinista que cabe exigir de cualquier desarrollo científico. El determinismo de Claude Bernard es una suerte de fisicalismo experimental.

Como sea, y más allá de esos calificativos que pueden ser más o menos felices, lo que más debe importarnos aquí es que el tratamiento dado al par irritación–excitación permitió que Claude Bernard estableciese la condición de posibilidad de un estudio experimental de los seres vivos. La relación entre excitación e irritación de ajustaba a lo que cabría denominar “inercia experimental”: la congruencia o proporcionalidad constante entre intervención experimental y respuesta del sistema intervenido que se manifiesta en esos invariantes experimentales a los que Bernard llamaba leyes. Pero si no queremos hablar de “inercia experimental” podemos hablar de “determinismo experimental”, y la idea expresada sería la misma. Que un sistema o proceso se ajuste al determinismo experimental significa que ese sistema es controlable experimentalmente; que ese sistema o proceso responderá de forma regular y proporcional a nuestras intervenciones experimentales. Si la perturbación tiene una intensidad 0, la respuesta del sistema será 0. Si la perturbación tiene una magnitud n , la respuesta será n , y esa respuesta será $n+1$ si la magnitud de la intervención o perturbación es $n+1$. El sistema, para decirlo de otro modo, no se da movimiento a sí mismo. No tiene ninguna espontaneidad o iniciativa. Y Claude Bernard había mostrado que la materia de la que están hechos los seres vivos no escapa a ese determinismo experimental.



CAPÍTULO II

El determinismo complejo de un mecanismo delicado

Una cosa es negar la espontaneidad de la materia de la que están hechos los seres vivos, y otra distinta es negársela a los propios seres vivos. Se trata de dos cuestiones entrelazadas, pero aun así diferentes, a las que Bernard sabe que tiene que darles tratamientos diferenciados. Su argumento sobre la irritabilidad solo parecía aplicarse a tejidos y reacciones fisiológicas aisladas, y los argumentos que vitalistas esgrimían sobre la espontaneidad de lo viviente tenían como referencia fundamental al organismo como un todo: ahí se verificaba una suerte de desacoplamiento entre los cambios del entorno inerte y los cambios registrados en el organismo. En efecto, a diferencia de lo que ocurre con los *cuerpos brutos*, los *cuerpos vivos* muestran cierta autonomía en relación con los cambios que se producen en las condiciones físicas de su entorno. En el caso de los primeros, un control estricto de esas condiciones le permite al experimentador un control proporcional de algunas de sus propiedades que no puede darse en el caso de los segundos (1865, p.101). Así, mientras podemos hacer descender la temperatura de una piedra de 38 °C a 34 °C con solo hacer descender la temperatura constante del ambiente hasta esos 34 °C, un cambio semejante jamás podría ser registrado en un perro sano y bien nutrido que estuviese sometido al mismo tipo de cambio en las condiciones de su ambiente.

El perro oscilará entre 38,5 °C y 39,5 °C, mostrándose como un orden autónomo cuyos estados parecían relativamente indepen-

dientes de las contingencias del entorno (1865, p.642); y Bernard precisaba dar una explicación de ese fenómeno que, *prima facie*, parecía refrendar las tesis vitalistas. Dicha explicación, de todos modos, iba a estar basada en una idea que ya estaba presente en sus tesis sobre la irritabilidad. Esta propiedad, como acabamos de ver, no estaba anclada en ninguna peculiaridad inherente a la materia de la cual estaban hechos los seres organizados, que en realidad no difería de la materia de la que estaban hechos los seres vivos, sino que dependía de la forma en que esa materia estaba organizada o configurada. Y eso también valía para ese desacoplamiento que el ser vivo mantenía frente a las perturbaciones del entorno inorgánico. Este dependía de la propia organización de los seres vivos: de la forma en que, en ellos y por las relaciones que sus distintas partes guardaban entre sí, se daba un conjunto complejo de reacciones de índole físico-química que preservaban esa relativa, pero notoria, autonomía del organismo frente a las contingencias de su medio exterior.

Refiriéndose a la teoría buffoniana de las moléculas orgánicas (*cf.* Buffon, 1749, p.44) y a su incompatibilidad con los desarrollos de la química orgánica del siglo XIX, Paul Janet (1877[1864], p.97) decía que ya no había duda sobre el hecho de que “la materia de los cuerpos vivos es la misma que la de los inorgánicos, y que los elementos de aquella son en el fondo oxígeno, hidrógeno, ázoe y carbono, a los cuales van a añadirse otros elementos como fósforo, hierro, azufre, etc.”, y afirmaba que el establecimiento de ese hecho, junto con la constatación de “que no todos los cuerpos son vivos”, llevaba a concluir que la vida “no es una propiedad de la materia”, ni tampoco “una propiedad irreductible” (Janet, 1877[1864], p.97)⁴⁶. Ella solo sería “una condición particular debida al agrupamiento de ciertos elementos dispuestos en condiciones determinadas” (Janet, 1877[1864], p.97-8), y será esa misma línea de razonamiento la que Bernard va a seguir para explicar esa aparente espontaneidad de los seres vivos que algunos

46 En su artículo “Définition de la vie”, Bernard (2016[1875], p.37) se refiere a la teoría de Buffon en términos muy próximos a los de Janet.

consideraban como efecto de la intervención de “fuerzas vitales”. Su teoría del *medio interno* será el modo por el cual él intentará dar cuenta de esa apariencia de espontaneidad (cf. 1865, p.644-5; 1984[1865], p.103-4)⁴⁷, y esta, conforme a lo dicho por Janet, aludirá a un “agrupamiento de ciertos elementos dispuestos en condiciones determinadas” (cf. Andrault, 2013, p.145).

Sin negar los hechos que pueden dar lugar a esa apariencia de sublevación al orden físico a la que ciertamente daba espacio el funcionamiento orgánico, y que el vitalismo atesoraba como el mayor de sus triunfos, Claude Bernard (1984[1865], p.145; 1878, p.19) no le concede nada al vitalismo (Canguilhem, 1983a, 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, nos permiten entender su articulación con las variables del medio externo (Jacob, 1973 p.210; Canguilhem, 1988, p.96), siendo solo el conocimiento y el control de esas variables y de su funcionamiento lo que permitía explicar, y reducir, esa *aparente* espontaneidad de los seres vivos de la que el vitalismo se regodeaba maravillado (cf. 1865, p.643; 1984[1865], p.149; 1878, p.26)⁴⁸. Donde Bichat veía un obstáculo infranqueable para la ciencia experimental, Claude Bernard solo reconocía una dificultad a ser superada (Canguilhem, 1965, p.26; 1983b, p.158).

Así, la condición de *vivo*, el *estar vivo*, el *ser viviente*, que reconocemos en ciertos cuerpos, ya no será 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. Será esa organización, ese determinismo complejo (1865, p.653), el encargado de producir y preservar esa condición de estar vivo que pue-

47 Al respecto, ver Canguilhem (1983a, p.149), Goodfield (1987, p.137), Pichot (1993, p.692) y Grmek (1997, p.108).

48 Ver Goodfield (1987, p.138); Pichot (1993, p.692) y Huneman (1998, p.101).

de 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. Por eso la operación de cada parte del sistema orgánico, y la ocurrencia de todo proceso regular en el funcionamiento de los organismos, serán consideradas en virtud de su posible contribución causal en la producción y preservación de esa frágil autonomía que podemos llamar *vida*. Y digo que “podemos llamar vida” porque, infelizmente, Bernard (2016[1875], p.70) acabó vinculando su definición de vida con esa “idea rectora del desarrollo” a la que aludiré en el próximo capítulo.

Organicismo y vitalismo

La forma en que Claude Bernard presenta la temática del medio interno en la *Introducción al estudio de la medicina experimental* puede ser un poco desconcertante porque parece asumir esa espontaneidad del viviente postulada por el vitalismo. El título de la sección en la que ese tema es tratado ya parece tratar a esa espontaneidad como un hecho más que como una simple apariencia. Bernard dice ahí que “la espontaneidad de los cuerpos vivos no se opone al empleo de la experimentación” (1984[1865], p.99), cuando podría haber dicho que la “aparente espontaneidad de los cuerpos vivos no se opone al empleo de la experimentación”. Y su forma de introducir el asunto refuerza la impresión de que está tratando dicha espontaneidad como algo real:

La espontaneidad de la que gozan los seres dotados de vida ha sido una de las principales objeciones que se levantaron contra el empleo de la experimentación en los estudios biológicos. En efecto, cada ser vivo parece dotado de una especie de fuerza interior que preside manifestaciones vitales cuya independencia de las influencias cósmicas generales es directamente proporcional al nivel que ese ser ocupa en la escala de organización. En los animales superiores y en el hombre,

por ejemplo, esa fuerza vital parece sustraer a los cuerpos vivos de la influencias físico-químicas generales, tornándolos muy difícilmente accesibles a la experimentación (1984[1865], p.99).

Mientras tanto:

Los cuerpos brutos no ofrecen nada semejante; y, sea cual sea su naturaleza, están siempre desprovistos de espontaneidad. Y dado que las manifestaciones de sus propiedades están encadenadas de una manera absoluta a las condiciones físico-químicas que los rodean y les sirven de medio, el experimentador puede fácilmente alcanzarlos y modificarlos a voluntad (1984[1865], p.99).

Pero las dificultades que los seres vivos parecían traerle al experimentador no terminaban ahí. Además de esa recalcitrante espontaneidad que parecía remitir a las fuerzas vitales, también estaba la estrecha relación funcional que existe entre todas las partes de cada ser vivo, integración esa que Cuvier (1992[1812], p.97) había dejado consignada en su célebre *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” (cf. Caponi, 2008, p.46; Reiss, 2009, p.98). Bernard sabía, en efecto, que “todos los fenómenos de un cuerpo vivo están en una armonía recíproca tal que parece imposible separar una parte del organismo sin generar inmediatamente un desperfecto en todo el conjunto”, ocurriendo, incluso, que “en los animales superiores en particular, la sensibilidad más exquisita lleva a reacciones y a perturbaciones aún más considerables” (1984[1865], p.99). Y Bernard, como dije en el capítulo anterior, también sabía que, en ese punto, al insistir en la aplicación y el privilegio del método experimental en fisiología, él estaba desacatando la autoridad del propio Cuvier⁴⁹, que es verdad que a esa altura ya estaba algo abollada, pero no lo estaba tanto.

49 Ver 1865, p.658; 1984[1865], p.100; 1878[1867], p.104.

Para Cuvier (1805, p.iii), el método de la fisiología no podía ser otro que la anatomía comparada⁵⁰, y conste que por “fisiología” él no entendía otra cosa que conocimiento de la *economía animal*⁵¹, es decir conocimiento de ese orden intraorgánico que Cuvier (1805, p.1) también llamaba organización y cuya vigencia coincidía con la duración de ese *torbellino* que era la vida misma. Roto ese orden, el viviente se desorganizaba y sus elementos se dispersaban en el espacio de las sustancias muertas (*cf.* Cuvier, 1798, p.6; 1805, p.2; 1810, p.201; 1817, p.12). Tanto para Cuvier (1805, p.2) como para Bichat (1994 [1800] p.57) vivir era resistir a la muerte; y el objeto de la fisiología consistía en saber cómo se ejercía y se organizaba esa resistencia (*cf.* Caponi, 2008, p.30-1). Pero mientras Bichat consideraba que la *via regia* para el desarrollo de esa ciencia residía en la comparación anatómo-patológica, a ser realizada entre la clínica y la morgue, Cuvier consideraba que el camino principal era la anatomía comparada, a ser practicada en las colecciones de un museo de historia natural. Además, mientras para Bichat el principal obstáculo para el desarrollo de una fisiología experimental estaba en la volubilidad de las fuerzas vitales, para Cuvier el obstáculo más importante residía, como ya lo dije, en el complejo de entrelazamiento de estructura y función que caracterizaba a los seres vivos⁵².

Para él, la comparación era el método que debía sustituir a la experimentación y al cálculo allí donde la complejidad de los fenó-

50 Al respecto, consúltese Daudin (1927 p.15), Balan (1979, p.73), Guillo (2003, p.40) y Caponi (2008, p.29).

51 Leer Balan (1979, p.73), Guillo (2003, p.39) y Caponi (2008, p.30).

52 Aunque vale aclarar que Cuvier (1805, p.2) también profesaba ciertas simpatías por un vitalismo muy próximo del de Bichat (*cf.* 2016[1875], p.23-5). De todos modos, él consideraba que “fuerza vital” era solo una expresión que se usaba para explicar excepciones a las leyes naturales que quizá eran solo aparentes. En realidad, las estrictas correlaciones orgánicas supuestas en sus *Lecciones de anatomía comparada* eran incompatibles con las díscolas fuerzas vitales de Bichat; y creo que Cuvier lo sospechaba. Por eso su vitalismo era bastante prudente y tímido.

menos analizados impedía la aplicación de estos últimos procedimientos (Cuvier, 1817, p.7), y ese era el caso de los seres organizados. Por eso, pensaba Cuvier, la comparación de las diferentes conformaciones de los seres vivos era el único modo posible de acceder a sus leyes específicas de organización y funcionamiento⁵³. La fisiología, le explicaba Cuvier a Mertrud, no solo está en cierta desventaja frente a las ciencias de cálculo como la dinámica, sino que incluso se encuentra en desventaja frente a ciencias como la química y la física experimental. Estas operan sobre sustancias no orgánicas que pueden ser metódicamente aisladas y combinadas sucesivamente entre ellas permitiendo así “reducir a una simplicidad casi indefinida los problemas que ellas se plantean” (Cuvier, 1805, p.iv). La fisiología, en cambio, no tiene tanta suerte: “todas las partes de un cuerpo vivo están conectadas; estas no pueden actuar si no es en conjunto: querer separar una de la masa, es conducirla al orden de las sustancias muertas, es cambiar su esencia” (Cuvier, 1805, p.v). Y Bernard (1984[1865], p.100) no deja de citar ese pasaje de la carta a Mertrud, señalando que esa era la razón por la cual Cuvier pensaba que la fisiología debía “ser una ciencia de observación y de deducción anatómica”.

“Las máquinas que constituyen el objeto de nuestras investigaciones”, decía incluso Cuvier (1805, p.v) ahí, “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 de lo que Cuvier (1805, p.19) mismo llamaba “máquina animal” (*cf.* Appel, 1987, p.47). Por eso, en el estudio de la fisiología había que limitarse a estudiar, por la vía comparativa, todos los experimentos naturales que la propia naturaleza, ofreciéndose a sí misma como un genuino laboratorio, nos mostraba (*cf.* Lenoir, 1982,

53 Ver Coleman (1964, p.30), Mazliak (2002, p.20), Guillo (2003, p.54) y Caponi (2008, p.26).

p.63; Reiss, 2009, p.116). 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 proponía asumir la vía experimental desafiando los argumentos organicistas de Cuvier, y también los argumentos vitalistas de Bichat. Aunque, importa decirlo, los dos desafíos no fuesen iguales. El organicismo apunta un hecho innegable, no así el vitalismo.

La espontaneidad de los seres vivos, en lo que atañe a su modo de comportarse frente a los cambios del entorno, era un efecto de superficie (1984[1865], p.118). Una apariencia en el mismo sentido en que puede decirse que la bola que intentamos sumergir en un líquido *parece* resistirse a que lo hagamos: como si estuviese animada. Ahí hay un hecho real, el empuje explicado por el principio de Arquímedes, que genera un efecto engañoso, o ilusorio, como ocurre en el caso del desacople entre los estados del organismo y su medio externo al cual Bernard termina describiendo, para no dejarnos dudas, como “una ilusión” (1984[1865], p.118). En realidad, ese desacople no existe: ningún estado del organismo deja de ser una respuesta a las perturbaciones del entorno, solo que la naturaleza y la proporción de esa respuesta no se ajusta a lo que cabría esperar de un cuerpo bruto. No es tan directa, ni tan lineal. En el cuerpo organizado opera un complejo sistema de control, un determinismo más complejo, que media su reacción frente a las contingencias del medio. Un determinismo que se debe expresar en otros invariantes —las “leyes fisiológicas” según Claude Bernard— que, sin ser contrarios a las leyes físicas y químicas, tampoco pueden deducirse de ellas. Y no lo pueden porque esos invariantes dependen, como ya fue señalado en el capítulo 1, de la configuración particular de cada taxón de seres vivos.

Como ya lo mencioné en el capítulo precedente, el orden interno del organismo, al igual que el de una máquina, obedece a regularidades que tampoco pueden ser consideradas como meros teoremas de las leyes físicas o químicas. Estas pueden explicarnos cada eslabón del circuito de acciones y retroacciones por medio de las cuales la máquina funciona y el perro mantiene su temperatura constante; y deben hacerlo porque esas acciones y retroacciones solo pueden existir en

la medida en que son procesos físico-químicos, aunque en muchos casos los describamos en términos de propiedades específicamente biológicas. Pero lo que esas leyes nunca podrán explicarnos es por qué el sistema regulador de la temperatura del perro está montado de forma tal que esa oscile entre los 38,5° y los 39,5°. Ahí existirá una proporción numérica constante entre las variaciones de la temperatura ambiente y la estimulación que el hipotálamo operará sobre las glándulas sudoríparas, que podrá ser físicamente explicada en función de la constitución o configuración de ese centro nervioso; pero no por eso contaremos con una explicación semejante para esa propia constitución, o, como bien lo explicaba June Goodfield (1987, 139):

Las leyes de la física y la química por sí mismas no nos dicen nada acerca de las configuraciones en que la materia *debe* ocurrir, o de los tipos de procesos complejos que de *hecho* se han de encontrar: estas leyes son todas condicionales y nos permiten deducir qué consecuencias podemos esperar si ciertos cuerpos tienen tal o cual constitución física o estructura química. Es oficio de la fisiología establecer cómo están constituidos realmente los organismos, y qué procesos se dan en ellos.

Y más adelante continuaré insistiendo sobre esa imposibilidad de reducir los invariantes fisiológicos a leyes físico-químicas, porque ella también es importante para entender el recurso a esas oscuras leyes morfológicas en el que Bernard acabó incurriendo. Como lo mostraré en el próximo capítulo, esas leyes morfológicas serían, según Bernard creyó entrever, las que podrían explicar esa configuración funcional de partes que establece la temperatura normal del perro. Pero ahora no tenemos por qué ocuparnos de ese límite: de esa roca madre en contra de la cual la pala de la fisiología experimental se tuerce. Lo que aquí debe importarnos es que esos invariantes incrustados en las configuraciones de partes de las que dependen los invariantes son los que determinan la regulación del medio interno, siendo por lo tanto los responsables de esa apariencia de espontaneidad que los vitalistas erigían en un hecho contrario a la legalidad física. Por eso es necesario estudiar al viviente desde dentro (1984[1865], p.118): a partir de sus mecanismos

de equilibración, porque si nos limitamos a ver cómo reacciona a las contingencias del entorno, “podríamos falsamente creer que en el ser vivo existe una fuerza propia que viola las leyes físico-químicas del medio cósmico general” (1984[1865], p.104).

Error, ese, que sería análogo al de creer que “en una máquina que sube en el aire o que corre por la tierra haya una fuerza especial que viole las leyes de la gravitación”. Es que, al igual que los organismos, nos dice Bernard, las máquinas también poseen un medio interno que las torna, desde cierta perspectiva, independientes de las condiciones de su entorno; pero, del mismo modo en que “el físico que se sumerge en el medio interno de la máquina constata que esa independencia es solo aparente y que el movimiento de cada engranaje interior está determinado por condiciones físicas absolutas cuya ley conoce”, el fisiólogo que descienda al “medio interno de la máquina viviente” encontrará ahí un *determinismo absoluto* que constituirá “la base real de la ciencia de los cuerpos vivos” (1984[1865], p.123). Del mismo modo en que la vulgar pelota no se resiste a que la hundamos en la piscina, el garboso *montgolfier* no escapa a la fuerza de gravedad, ni está animado por un impulso a subir, como tampoco la locomotora se pone espontáneamente en movimiento. Y lo que ocurre con el organismo no es distinto; por eso, del mismo modo en que no se puede explicar el aumento de la aceleración de una locomotora sin entender cómo funciona su caldera, con solo maravillarnos porque la temperatura del perro no se equipara con la de su entorno, nunca aprenderemos nada de fisiología.

Si queremos superar ese estéril asombro vitalista es preciso entrar en el laberinto de acciones, retroacciones y compensaciones que configura el medio interno. “Es ahí donde está el verdadero medio fisiológico” que el médico y el fisiólogo deben estudiar (1984[1865], p.119), porque “es por su intermediación que ellos podrán actuar sobre los elementos histológicos que son los únicos agentes efectivos de los fenómenos de la vida” (1984[1865], p.119). Lo que sí no se puede olvidar es que “esos elementos, aunque profundamente situados, se comunican con el exterior; ellos viven siempre en las condiciones del medio externo perfeccionadas y regularizadas por el juego del organismo” (1984[1865], p.119), y este debe ser pensado como

una máquina viviente construida de tal manera que, de un lado, existe una comunicación libre del medio externo con el medio interno orgánico, y, del otro lado, existen funciones protectoras de los elementos orgánicos que reservan los materiales de la vida y mantienen sin interrupción la humedad, el calor y las otras condiciones indispensables a la actividad vital (1984[1865], p.119).

Por un lado están los canales que conectan al ser vivo con su entorno: los mecanismos por medio de los cuales el organismo absorbe los recursos del ambiente que precisa para desarrollarse y perdurar, y también los mecanismos que le permiten registrar los cambios biológicamente significativos que ocurren en ese entorno. Por otro lado está la circuitería de mecanismos de regulación que permiten que esa apertura al entorno opere en favor, y no en contra, de la preservación de un orden autónomo. Y es con base en esa polaridad que el fisiólogo puede superar la dificultad, real, a la que apuntaba Cuvier al decir que la compleja y ajustada integración funcional de los sistemas orgánicos inviabilizaba un enfoque experimental de la fisiología. En esa doble articulación de la máquina orgánica está la clave para su estudio experimental: hacer fisiología experimental no es otra cosa que aprender a operar esos controles, cometido que se logra, primeramente, controlando las señales y sustancias que el viviente recibe de su entorno, y registrando, entonces, cómo reaccionan ante esas señales y sustancias los mecanismos de regulación destinados a preservar la constancia del medio interno. Luego, en segunda instancia, las conclusiones que así se obtengan podrán ser contrastadas manipulando los propios mecanismos de regulación, lo que ciertamente es algo más difícil (*cf.* 1984[1865], p.119).

Un ejemplo simple de lo primero, del control experimental sobre la entrada que adviene desde el entorno, nos lo dan las experiencias que Bernard hace controlando la dieta de ciertos conejos y observando los efectos que los cambios en la alimentación producen sobre la composición de la orina (*cf.* 1984[1865], p.216-7). Mientras tanto, un ejemplo de lo segundo, un ejemplo de esa manipulación directa de los mecanismos de control, lo podemos encontrar en las intervenciones que Bernard hace sobre la secreción renal para verifi-

car sus efectos en la composición de la sangre venosa (*cf.* 1984[1865], p.220-1). En ambos casos, de lo que se trata es de establecer invariantes experimentales, en muchos casos de aplicación muy restricta, que vinculan los *inputs* del entorno con los *outputs* de los mecanismos de equilibración propios del medio interno. Y el desafío más arduo estriba en no destruir esos sistemas de control: de lo que se trata es de hacerlos funcionar en circunstancias anormales, para entonces entender su funcionamiento normal.

Porque, una vez que esos sistemas se desarticulan, en los tejidos del ser vivo comienzan a darse procesos físico-químicos que no difieren de los que ocurren en los cuerpos brutos, y que por eso no revisten mayor interés para la fisiología. Esa manipulación ciertamente no es fácil, y requiere del desarrollo de toda una técnica experimental que Claude Bernard apenas pudo comenzar a desarrollar (*cf.* Canguilhem, 1983a). Pero lo que a nosotros debe importarnos es que, al concebir su naturaleza y posibilidad, Bernard consigue responderle a Cuvier: la fisiología experimental no supone una disrupción del orden orgánico, sino su perturbación controlada. Si la perturbación no traspasa ese límite, que sería el de anular toda capacidad de equilibración por parte del organismo intervenido, el resultado podrá tener valor como conocimiento fisiológico. Por su parte, los defensores del organicismo cuvieriano mal podrían objetar esos procedimientos porque, al fin de cuentas, vivir no es otra cosa que responder equilibradamente a las perturbaciones del entorno y, por lo que venimos diciendo, se puede afirmar que todo experimento fisiológico supone ese juego de equilibración.

En principio, un *input* experimental no tiene por qué ser más dañoso que cualquier *input* de los que pueden llegar al organismo desde el exterior; y la manipulación experimental de la circuitería interna de los mecanismos de control no tiene por qué ser algo muy diferente de las lesiones, los traumas o las anomalías de funcionamiento de diversa índole a las que todo ser vivo debe responder a lo largo de su existencia. En todos los casos el organismo responde porque está funcionando, y en el caso de la experimentación de lo que se trata es de detectar los invariantes que rigen esas respuestas y ese funcionamiento. A la acción del experimentador le seguirá

una reacción del sistema experimental cuya ocurrencia ya supone que ese sistema, esa máquina, está funcionando; que su organización está preservada. Por lo tanto el resultado de esa intervención no dejará de develarnos los principios operacionales de esa máquina delicada que es el organismo. Lo que importa es saber escoger y planear esas intervenciones experimentales para que ellas produzcan resultados que sean inteligibles y cognitivamente relevantes. Cuvier no podía haber visto eso porque no tenía clara la idea de control, y ni se aproximó a la distinción entre medio interno y medio externo. Ambas cosas eran esenciales para reconocer la posibilidad de una fisiología experimental.

Por fin, y en lo que atañe a este asunto, también es preciso resaltar la importancia que Bernard le daba a la posible reproducción *in vitro* de los procesos observados *in vivo*. Esto, por supuesto, no siempre era viable, y cuando lo era solo podía aplicarse en subprocesos muy simples. Pero, aun así, lo que esas observaciones *in vitro* nos podían enseñar era muy importante. Al respecto, este pasaje de la *Introducción* es muy claro

es correcto decir, sin duda, que las partes constituyentes del organismo son inseparables fisiológicamente las unas de las otras, y que todas convergen en un resultado vital común; pero eso no nos permitiría concluir que no es necesario analizar la máquina viviente como uno analiza una máquina bruta cuyas partes tienen igualmente un papel que cumplir dentro del conjunto. Nosotros debemos, tanto como nos sea posible, recurriendo a análisis experimentales, transportar los actos fisiológicos fuera del organismo; ese aislamiento nos permite ver y capturar las condiciones íntimas de los fenómenos para después perseguirlos en el organismo para interpretar su papel vital (1984[1865], p.138).

Pero, además de su interés en lo que atañe a la relación entre investigación *in vitro* e investigación *in vivo*, ese párrafo también pone en evidencia la forma en que Bernard entendía la relación entre el análisis causal del fenómeno vital y su análisis y categorización funcional. Es a eso que Bernard alude cuando habla de “papel vital” y de

“resultado vital”. Y es sobre ese tema que me detendré en la próxima sección. El “resultado vital” al que se refiere Bernard ahí tiene que ver con lo que él también llamó “teleología intraorgánica”, y la expresión “papel vital” no remite a otra cosa que a la noción de *función fisiológica*.

La teleología intraorgánica

El compromiso de Claude Bernard con el organicismo iba mucho más allá de lo que podría significar la mera aceptación de una dificultad a la que había que asumir para poder responderla. Independientemente de lo que Cuvier había querido deducir sobre ese organicismo en lo que atañe a la posibilidad de una ciencia experimental de los seres vivos, Bernard daba por establecido que esa forma de entender a los seres vivos era un postulado central de la fisiología experimental, un presupuesto que nunca podía dejarse de lado (Reiss, 2009, p.116). Eso se torna patente en la *Introducción*, cuando Claude Bernard afirmaba que:

El fisiólogo y el médico no deben olvidar jamás que el ser vivo forma un organismo y una individualidad. El físico y el químico, no pudiendo colocarse por fuera del universo, estudian los cuerpos y los fenómenos aisladamente, en sí mismos, sin estar obligados a remitirlos necesariamente al conjunto de la naturaleza. Pero el fisiólogo, encontrándose, por el contrario, emplazado por fuera del organismo animal del cual ve el conjunto, debe tener en cuenta la armonía de ese conjunto al mismo tiempo en que procura penetrar en su interior para comprender el mecanismo de cada una de sus partes. De ahí resulta que el físico y el químico pueden dejar de lado toda idea de causas finales en los hechos que ellos observan, mientras que el fisiólogo es llevado a admitir una finalidad armoniosa y preestablecida en los cuerpos organizados cuyas acciones particulares son solidarias y generadoras las unas de las otras (1984[1865], p.137).

He ahí, con toda claridad, la misma idea expresada por Cuvier en el ya citado “principio de la correlación de las formas en los seres orga-

nizados”. Dicho principio, como lo explicaba Pierre Flourens (1838, p.xxx-xxxi) en su “Éloge de Cuvier”, partía de la presuposición de que “en una máquina tan complicada, y sin embargo tan esencialmente una como la constituida por el cuerpo animal [...] todas las partes deben necesariamente estar dispuestas las unas para las otras, de manera que se conecten, se ajusten entre ellas para formar conjuntamente un ser, un sistema único”. Lo que pone muy en evidencia que en la “ley de Cuvier” resuena —como Paul Janet (1877[1864], p.88; 1882, p.64) lo subrayó— el concepto de *producto organizado de la naturaleza* que Kant presentó en la tercera crítica (cf. Caponi, 2008, p.48). “Un producto organizado de la naturaleza”, nos dice allí Kant (KU§66) —un *organismo*, podemos leer nosotros—, “es aquel en que todo es fin, y recíprocamente también medio”; en él “cada parte, así como existe solo por todas las otras, es pensada también como existente para las otras y para el todo” (KU§65), y es esa misma idea de *organismo* que encontramos en la *Introducción*. Claude Bernard (1984[1865], p.137) nos dice ahí que, en los *cuerpos organizados*, “todas las acciones parciales son solidarias y generadoras las unas de las otras”.

Es decir, tanto el proyecto de Cuvier (1805, p.46) como el de Bernard (1878, p.340) se centraban, como de hecho lo hace toda fisiología posible, en esta *teleología intraorgánica* que Kant había considerado como inherente a la definición de ser organizado (cf. Caponi, 2008, p.49). Kant había entrevisto que, sin la noción de *producto organizado de la naturaleza*, nunca podría pasarse del dominio de la mera *física* al dominio de lo que llamamos “biología”⁵⁴. Y Bernard, no menos que Cuvier, aceptó y ratificó esa presunción. Así, en las *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales* (1878, p.340), él llega a decir que “todo acto de un organismo viviente tiene su fin en el interior de ese organismo” (cf. Grmek, 1965,

54 Al respecto de esas tesis de Kant sobre la condición de posibilidad de una ciencia natural de los seres vivos, ver Cassirer (1948, p.161), Márques (1987, p.192), Lebrun (1993, p.600), Fox-Keller (2000, p.106) y Rosas (2008, p.7).

p.230; Mazliak, 2002, p.303). Por eso la indagación fisiológica debía estar orientada por la presunción de que cada elemento y cada reacción orgánica tienen un papel a desempeñar en la constitución y la persistencia del organismo en el cual se daban esos elementos y esas reacciones.

En tal sentido, “sí se descompone el organismo viviente aislando las diferentes partes, es solo para facilitar el análisis experimental, y no para concebir esas partes aisladamente” (1984[1865], p.137). Porque “cuando se quiere dar a una propiedad fisiológica su valor y su verdadera significación, siempre es necesario remitirse al conjunto y no sacar ninguna conclusión definitiva si no es en relación con sus efectos en relación con ese conjunto” (1984[1865], p.137). Más aún: según leemos en esas postreras *Lecciones*, “el agrupamiento de los fenómenos vitales en funciones” sería “expresión de ese pensamiento” según el cual “todo acto de un organismo vivo tiene su fin en el seno de ese organismo” (Bernard, 1878, p.340). Es la expresión de esa perspectiva teleológica, o *funcional*—si se prefiere una palabra menos polémica—, la que hoy sigue orientando el trabajo del fisiólogo, no menos que en la segunda mitad del siglo XIX, que a fines del siglo XVIII (*KU* §66), o incluso que en las primeras décadas del siglo XVII (Harvey, 1970[1628], p.166-7)⁵⁵.

La función, nada menos que el objeto privilegiado de la fisiología (*cf.* Coleman, 1985, p.241), decía muy bien Claude Bernard, no es otra cosa que “una serie de actos o de fenómenos agrupados, armonizados, en vistas a un resultado determinado” (1878, p.370); y si bien para la ejecución de dicha función concurren “las actividades de una multitud de elementos anatómicos”, ella no puede ser reducida a la “suma brutal de las actividades elementales de células yuxtapuestas” (1878, p.370). Lejos de eso, para individualizar una función, para que quepa describir un conjunto de actividades orgánicas como cumpliendo una función, debemos considerarlas como “armonizadas,

55 Al respecto, ver Duchesneau (1997, p.147-8), Weber (2004, p.38-40) y Caponi (2012a, p.31-2).

concertadas, de manera que concurren en un resultado común” (1878, p.370). Y ese resultado común no es otro que la propia constitución y preservación del orden vital.

Con su consabida claridad, que no por haber sido habitual en él deja de ser sorprendente, Bernard nos está indicando cómo es que la perspectiva causal y la perspectiva funcional deben integrarse, estrechamente, en el trabajo del fisiólogo (*cf.* Alquié, 2002[1934], p.150). Este nunca debe dejar de estudiar el mecanismo que rige la operación de los distintos componentes del organismo, y para ello —en algunos casos— el mejor procedimiento puede incluso llegar a ser la reproducción aislada, *in vitro*, de eso que *in vivo* siempre ocurre entrelazado e integrado con el resto de los fenómenos orgánicos (*cf.* 1984[1865], p.218-9). Pero, y en ese punto Bernard es terminante, “si se descompone el organismo viviente aislando sus diversas partes, eso solo se hace para facilitar el análisis experimental y no para concebirlas aisladamente” (1984[1865], p.137), porque “cuando se quiere dar a una propiedad fisiológica su valor y su verdadera significación, siempre es necesario reportarla al conjunto y no sacar ninguna conclusión definitiva si no es en relación con sus efectos en ese conjunto” (1984[1865], p.137)⁵⁶.

Ahí existe un movimiento interminable, de ida y vuelta entre la probeta y el organismo, y de permanente entrelazamiento entre el análisis de causas y el análisis funcional, del cual el fisiólogo nunca puede sustraerse (*cf.* 1984[1865], p.138; 1947, p.197). Pretender, como la hace André Pichot (1993, 996-7), que al apuntar esa dialéctica Bernard muestre una cierta *indecisión epistemológica* es desconocer un rasgo inherente a la indagación fisiológica. Por eso, insistamos, la perspectiva funcional que opera en biología no solo no se contrapone, ni limita, a la explicación causal fundada en el determinismo físico-matemático, sino que, además de suponerla, fomenta la ampliación de su efectiva área de aplicación (*cf.* Cassirer, 1967[1918], p.337). La perspectiva funcional puede ayudar a develar circuitos

56 Al respecto, ver Holmes (1974, p.449) y Rodríguez (2006, p.181).

causales que resultarían indiscernibles por la vía de un análisis puramente causal, y este le da al análisis funcional la fundamentación de la que nunca puede prescindir, porque no puede haber atribución funcional ratificada si no se individualiza el circuito causal en el que la supuesta función es realizada. Y decir esto supone algunas aclaraciones adicionales sobre el propio concepto de *función*.

El concepto de función fisiológica

Si se recurre a la literatura contemporánea sobre el concepto de *función*, y a las polémicas que allí se desarrollan (cf. Caponi, 2010a; 2012a), se puede afirmar que Claude Bernard pensaba las imputaciones funcionales propias de la fisiología de una forma que ha quedado contemplada en lo que suele denominarse *concepción de la función como papel causal* (cf. Caponi, 2010a, p.59; 2012a, p.38) y que se contrapone a la denominada *concepción etiológica del concepto de función* (cf. Caponi, 2010a, p.53; 2012a, p.23). Según esta última, recordémoslo, la función de un elemento dentro de un sistema es el efecto por cuya realización ese elemento está integrado en dicho sistema (cf. Gayon, 2007, p.69; Longy, 2007, p.89)⁵⁷. Mientras tanto, según la primera concepción, habitualmente atribuida a Robert Cummins (1975), una función no es otra cosa que el papel causal que un subproceso juega dentro de un proceso causal mayor o más complejo (cf. Gayon, 2007, p.68; Longy, 2007, p.90). Aunque también se puede decir que, según esta última concepción, una función es el papel causal desempeñado por la operación de un subsistema particular dentro del funcionamiento de un sistema mayor.

Desde la perspectiva etiológica, ese *caño de la bicicleta* en el cual, *allá en la infancia*, llevábamos a un acompañante, tendría como

57 La concepción etiológica que fue inicialmente enunciada por Larry Wright (1972; 1973) y retomada más tarde, en el campo de la filosofía de la biología, por Ruth Millikan (1998[1989]; 2002[1999]) y Karen Neander (1998[1991]), aunque también fue sostenida por muchos otros autores (cf. Caponi, 2010a; 2012a)

función tornar más robusta la estructura general del vehículo y no la de transportar un pasajero extra. Es decir: no obstante el uso *ocasional* que se le pueda dar a esa célebre parte de la bicicleta, su función, en *sentido estricto*, su *función propia*, es aquella efectivamente prevista y procurada en el proceso de diseño del vehículo. Es decir: ese caño está ahí porque produce el efecto de fortalecer la estructura del cuadro de la bicicleta. Mientras tanto, en el caso de una estructura biológica cualquiera, lo que sustituye la referencia al proceso de diseño es la referencia a la selección natural. Decidiremos si una coloración tiene una función aposemántica o críptica en virtud de cuál haya sido la presión selectiva que la premió. Si lo premiado fue su efecto críptico, diremos que esa es su función, pero si lo premiado fue su efecto aposemántico, será eso lo que consideraremos como función de esa coloración.

Así, tanto en este caso como en el de un artefacto construido por un agente intencional, la *perspectiva etiológica* nos lleva a pensar que una atribución funcional siempre obedece a este esquema que Wright (1972, p.211; 1973, p.161) ya había destacado:

Decir que “la función de x (en el sistema o proceso z) es y ” supone aceptar que:

- [1] x produce o causa w .
- [2] x está ahí (en z) porque produce o causa w .

En el caso de que z sea un sistema o proceso concebido y construido por un agente intencional, [2] querrá decir que ese agente diseñador colocó o configuró a x , en z , de la forma en que lo hizo, debido a que él esperaba o deseaba que el efecto y fuese efectivamente producido. Por lo tanto, llevar un pasajero extra no sería, en *sentido estricto*, una *función propia* del caño de la bicicleta: ella es, en todo caso, una *función accidental* que el fabricante, en el momento de responder por la garantía, no debería enterarse que esa pieza estaba ejerciendo en el momento de romperse. Mientras tanto, en el caso de sistemas o procesos biológicos no intencionalmente proyectados, [2] aludirá al proceso de selección natural que configuró a z y a x

premiando la producción de y . Así, en el contexto de las ciencias de la vida, las atribuciones funcionales, según sostienen los defensores de la perspectiva etiológica, tienen que obedecer a esta variante o especificación particular del esquema de Wright:

Decir que “la función de x (en el sistema o proceso z) es w ” supone aceptar que:

- [1] x produce o causa w .
- [2] x está ahí (en z) porque la selección natural premió la realización de w en las formas ancestrales de z .

Se trata, como puede verse, de un modo muy restrictivo de entender las imputaciones funcionales (Caponi, 2010a, p.38; 2012a, p.15). Si lo aceptamos, muchas atribuciones funcionales que aceptamos en contextos en los que no están en juego seres vivos ni artefactos deberían ser consideradas ilegítimas: las tendríamos que tratar como abusos de lenguaje o como metáforas que sería mejor evitar (*cf.* Caponi, 2010a, p.54). Tal es el caso de lo que ocurre cuando alguien dice que “las fases de la Luna tienen una función en el movimiento de las mareas” (Caponi, 2010a, p.60; 2012a, p.39). Pero ya me referiré a eso un poco más adelante. Ahora solo quiero señalar que la concepción etiológica de las imputaciones funcionales tampoco se lleva bien con muchos usos biológicos del término “función”. Así, si decimos que una estructura biológica cumple una función para la que no fue seleccionada, como puede ocurrir con lo que Stephen Gould y Elisabeth Vrba (1998[1982]) caracterizarían como una *exaptación*, los defensores de la concepción etiológica nos dirían que eso es una forma incorrecta de expresarnos; y si, con base en esa misma noción, examinamos las imputaciones funcionales que pululan en el discurso de la fisiología, tendríamos que decir que estas adolecen de toda justificación⁵⁸. Los fisiólogos, en efecto, las formulan sin esperar cual-

58 Así lo apuntaron Nagel (1998, p.221), Davies (2001, p.112) y Weber (2004, p.37).

quier posible justificación de estas que recurra a una explicación por selección natural (Caponi, 2010a, p.57; 2012a, p.31).

De hecho, la teoría de la selección natural no tuvo ningún papel en la fundamentación y en la aceptación de la teoría de William Harvey (1970[1628]) sobre la función del movimiento cardíaco y la circulación sanguínea. Por razones obvias no la tuvo inicialmente, pero tampoco nadie la consideró necesaria después de 1859, y tampoco se consideró necesario que la función del líquido pancreático en la emulsión de las grasas, que había sido establecida por Claude Bernard (1984[1865], p.218), fuese ratificada con alguna explicación evolutiva sobre la filogénesis del páncreas. En uno y otro caso, lo relevante era confirmar que los procesos aludidos por Harvey y Bernard efectivamente ocurriesen de la forma en que ellos los describían, y sobre todo que los ítems a los cuales ellos les habían atribuido las funciones en cuestión efectivamente desempeñasen, en dichos procesos, los papeles causales que las imputaciones funcionales señalaban. Y ahí entra en juego un modo de entender las imputaciones funcionales que parece abonar la concepción de la función como papel causal, según la cual:

Decir que la “función de x (en el proceso o sistema z) es w ” solo exige suponer que:

- [1] x produce o causa w .
- [2] w tiene un papel causal en la ocurrencia, o en la operación, de z .

Así, dado cualquier proceso causal —como el funcionamiento de una máquina, un fenómeno fisiológico, la explosión de un avión al despegar o el movimiento de las mareas—, se puede afirmar que un elemento tiene *una función dentro de ellos*, si y solo si la operación o presencia de ese elemento tiene un rol o un *papel causal*, alguna incidencia efectiva, en la ocurrencia o el cumplimiento de estos. Si el movimiento de los pedales se trasmite del piñón grande al chico, y este mueve la rueda trasera impulsando a la bicicleta, diremos que *la función de los pedales es impulsar la bicicleta*. Si el movimiento cardíaco

hace circular la sangre dentro del organismo, diremos que esa *es su función en el sistema circulatorio*; y, si una chapa que estaba por descuido en la pista de un aeropuerto fue succionada por la turbina de un avión que despegaba haciéndolo explotar, entonces diremos que esa chapa *tuvo una función en el accidente*. Por fin, si determinamos que, en virtud de la atracción gravitacional que la Luna puede ejercer sobre las grandes masas de líquido, ella incide en el flujo y reflujo de las mareas, también diremos que ella tiene *una función, un papel causal*, en dichos procesos.

No se está diciendo, sin embargo, que *la chapa estaba en la pista para producir ese accidente*, y que ella había sido puesta ahí por un grupo terrorista de escasos recursos. Ni tampoco se dice, claro, que la *razón* de ser de la Luna sea producir las mareas, y que ella fue creada o puesta allí para ello. El concepto de *función* no debe confundirse con el de *razón de ser*. Contrariamente a lo que presuponen los defensores de la *concepción etiológica*, no siempre la *razón de ser* de algo se confunde con su función. Simplemente se dice que la Luna interviene en dicho proceso análogamente a como la chapa pudo haber tenido un papel causal en la explosión del avión, y es solo por referencia a esos procesos en particular que les atribuimos una *función* a dichos elementos. Dado un proceso mayor, un proceso o evento particular cobra una relevancia funcional en este, sin que eso implique pensar que él estaba ahí en virtud de dicha participación. Desde esta perspectiva la atribución funcional no supone ninguna hipótesis sobre el origen o la construcción del sistema funcional, y tampoco sobre el origen o la construcción del ítem al cual se le imputa la función.

Es importante subrayar, por otra parte, que hacer una atribución funcional tampoco implica negar que el ítem imputado pueda ser objeto de otra atribución diferente. El señor Di Pietro puede ser gerente de una agencia bancaria y también cabecilla de la pandilla que está planeando el robo de esa misma agencia. Lo que sí importa es que el proceso que sirve como referencia de la imputación funcional esté claramente especificado. Se habla de papel causal en los procesos bien delimitados e individualizados. Las relaciones funcionales son predicados triádicos: *un ítem x tiene una función w en un proceso z*, pudiendo ocurrir que ese mismo ítem *x* tenga una función *w*"

en un proceso z". No reconocer ese carácter necesariamente triádico de la imputación funcional, esa condición de ser siempre relativa a un proceso determinado, es lo que ha generado la mayor parte de las confusiones sobre el concepto de *función*, dando pábulo a la concepción etiológica.

Lo que es necesario tener muy en claro es que, al entenderse las funciones como papeles causales, también se está suponiendo que las atribuciones funcionales pueden hacerse en relación con cualquier proceso causal, y no solo en relación con procesos orgánicos o con artefactos construidos por agentes intencionales. Eso es lo que ha motivado la objeción de que este concepto de función es demasiado tolerante⁵⁹. Asumiéndola, en efecto, se puede hablar, como de hecho muchas veces se hace, de la *función* de las nubes en el ciclo del agua o de la *función* del movimiento de las placas geológicas en el sistema tectónico. Pero esto, para los defensores de la noción de *función como papel causal*, no es una dificultad. Por el contrario, esa aparente promiscuidad pone en evidencia que ese modo de entender el concepto de *función* contempla todos los variados contextos en los que podemos realizar, y de hecho realizamos, imputaciones funcionales (cf. Davies, 2001, p.85). Las imputaciones funcionales, las imputaciones de *papeles causales*, son ubicuas porque el mundo es una red de procesos causales que pueden ser funcionalmente analizados. Se los puede analizar distinguiendo el papel causal que en ellos desempeñan algunos de sus momentos o componentes.

A este respecto, la actitud aparentemente radical de Margarita Ponce (1987, p.106) me sigue pareciendo la más correcta y coherente. Según ella, en un *análisis funcional* la entidad funcional es simplemente

el fenómeno o el hecho que comprendemos en virtud de sus consecuencias en cada caso de explicación, y la función es el efecto de la

59 Así lo han apuntado, entre muchos otros, Kitcher (1998[1993], p.494), Amundson & Lauder (1998[1994], p.346), Walsh (2008, p.353) y Perlman (2009, p.61).

cosa funcional que contribuye a la consecución del estado de cosas o del fenómeno por cuyas causas inquirimos en ese mismo proceso explicativo.

Sin embargo yo preferiría expresar esa idea diciendo que en un *análisis funcional* la entidad funcional no es otra cosa que el fenómeno o elemento cuya contribución o intervención en la ocurrencia de un proceso particular queremos entender o destacar, y la función es la contribución o intervención de dicha entidad en el mencionado proceso. Donde haya explicaciones causales, podríamos decir, habrá siempre análisis y atribuciones funcionales posibles, porque esos análisis y esas imputaciones, como de algún modo también lo dice Margarita Ponce (1987, p.103), no son más que el reverso de esas explicaciones y atribuciones causales.

Pero, para entender la noción de función fisiológica que encontramos en los textos de Claude Bernard, tenemos que insistir sobre lo que describí como el carácter triádico de las imputaciones funcionales, recordando también que un mismo elemento puede ser objeto de diferentes imputaciones funcionales en virtud de que se lo considere por referencia a distintos procesos o sistemas causales. Si el ruido que produce un corazón al latir no nos parece una función de dicho movimiento, es porque estamos dando por supuesto que el proceso de referencia es la circulación sanguínea. Ya si pensamos en el adormecimiento de un bebé cuando está en el regazo de su padre o de su madre, es posible que podamos pensar que ese ruido, si acompañado y regular, tenga algo que ver, *tenga una función*, en dicho proceso. Eso nos pone ante el hecho que Margarita Ponce (1987, p.106) también supo subrayar: en cierto sentido, las imputaciones funcionales dependen del interés del investigador; dependen del proceso que él esté interesado en reconstruir y analizar.

En el caso de Claude Bernard, como en el de toda la fisiología, ese proceso no es otro que la generación y preservación de un orden vital relativamente independiente de las contingencias del entorno. Ese es el norte, el principio ordenador de todas las imputaciones fun-

cionales que se formulan en fisiología⁶⁰. La preservación del orden vital, la persistencia del organismo, es el “resultado entrevisto por el espíritu” a partir del cual el fisiólogo “establece el nexo y la unidad de esos fenómenos” que él analiza (1878, p.370), pudiendo decirse por eso que es el observador el “que hace la función” (1878, p.370). Es la propia fisiología, por su interés privilegiado en los procesos que preservan la vida, la que le fija al fisiólogo cuál debe ser el blanco de sus análisis funcionales; y si se lo acata, no hay riesgo de promiscuidad: no de cualquier proceso que ocurra en el viviente se podrá pensar que tiene una función fisiológica. En efecto, *tener una función es siempre tener una función en un determinado proceso o sistema de referencia*, y cuando el proceso de referencia es la constitución y preservación del orden vital, llegamos al concepto de *función biológica* conforme este parece subentendido en la obra de Bernard: la función fisiológica de un componente o proceso orgánico es su contribución causal en la constitución y preservación del orden vital. En este sentido:

Decir que la “función fisiológica de x , en el organismo z , es w ” supone aceptar que:

- [1] x forma parte de z .⁶¹
- [2] x produce o facilita w .
- [3] w tiene un papel causal en la constitución o preservación del orden vital de z .

Es verdad que Claude Bernard nunca llega a ser tan preciso en la individualización de ese punto de convergencia de los análisis

60 Al respecto, ver Goldstein (1951, p.340), Merleau-Ponty (1976[1953], p.215) y Polanyi (1962, p.360; 1966, p.40).

61 Que el ítem funcional forme parte del organismo solo significa que el desempeño funcional de dicho ítem está constreñido y posibilitado por su integración en ese organismo. Entiendo que esa es toda la concesión que cabe hacerle a la “concepción organizacional” de las funciones (Moreno & Mossio, 2015, p.73) para,

funcionales. Lo que aquí estoy proponiendo es una elucidación re-constructiva de su forma de pensar en ese asunto. Lo cierto, de todos modos, es que en sus escritos nos encontramos con buenas aproximaciones a la idea de que la preservación del orden vital, como algo diferenciado del orden de lo no vivo, es el eje a partir del cual deben trazarse y circunscribirse todos los procesos causales que serán funcionalmente analizados. La idea de *teleología intraorgánica* a la que me referí más arriba es la expresión de esa forma de pensar. Según esta, el organismo es “un microcosmos, un pequeño mundo, en el que las cosas son hechas las unas por las otras” (1878, p.340), y para Bernard suponía que era en virtud de la preservación de ese microcosmos que debían individualizarse las funciones fisiológicas. La constancia de medio interno era la noción que operacionalizaba esa presuposición: contribuir al orden vital se materializaba en contribuir a la preservación de esa constancia, y el fisiólogo tenía que individualizar esa contribución en cada estructura y proceso que él estudiase. O como bien lo explicó Françoise Gaill (1987, p.247):

Según Claude Bernard, los órganos existen para regular más rigurosamente las condiciones de la vida celular, tanto cualitativa como cuantitativamente. Esa concepción reconoce la autonomía de los elementos constitutivos, y es por la intermediación de un medio interior que el conjunto de esos elementos, las partes, se mantienen solidarias. Mecanicismo y finalismo coexisten en el organismo, pero de una manera redefinida. La finalidad existe, sí, pero de modo in-

partiendo de la concepción general de las funciones como papeles causales, poder definir el concepto fisiológico de función. Aceptando esa cláusula [1], lo que cumple una función, en el sentido de contribuir al ciclo vital de un organismo, sin poder ser considerado parte de ese ser vivo, o quizá momento de su ciclo vital, no sería considerado parte pero sí recurso de ese organismo o de ese ciclo vital. Que se le pueda atribuir una función biológica a un recurso supone una concepción de las funciones que sea menos restrictiva que la etiológica y que la organizacional. La concepción de las funciones como papeles causales cumple con eso.

vertido. Porque, en esa concepción, el organismo está construido en vistas a la vida elemental.

La muerte le sienta bien

Conforme lo que vengo diciendo, la generación y la preservación del orden vital serían el principio ordenador que rige las imputaciones funcionales propias del discurso de la fisiología. Sin embargo, decir solo eso puede ser un equívoco porque, en realidad, todo el discurso de la fisiología reviste un carácter funcional y todo en él está organizado en vistas a la explicación de la generación y la preservación de ese orden vital (*cf.* Gayon, 2010, p.125). Así, cada proceso orgánico es considerado en virtud de su posible contribución a la preservación de ese orden vital o, en todo caso, cuando el estudio focaliza en los procesos patológicos en virtud de su posible contribución al desequilibrio o ruptura de ese orden. La generación y preservación del orden vital, para decirlo de otro modo, no solo es blanco de las imputaciones funcionales sino que es el objetivo, la preocupación central, de toda la fisiología, por eso todo su discurso se organiza en virtud de esa perspectiva funcional. Y esto, que en cierto modo es obvio, nos dice algo sobre lo que podemos caracterizar como el ideal de orden natural de la fisiología experimental. Aludo, claro, a la noción acuñada por Stephen Toulmin (1961, p.44).

En *Predicción y entendimiento* (Toulmin, 1961, p.57), este autor presentó los ideales de orden natural como principios que —para una teoría determinada o para un dominio específico de indagación— definen el horizonte de constancia o de regularidad sobre el que habrán de perfilarse, como desvíos de él, los hechos que dicha teoría, o dicho dominio de indagación, asume como necesitados y pasibles de explicación. Un hecho, podríamos decir, es lo de algún modo inesperado que irrumpe sobre un horizonte de permanencia que la teoría, o el dominio de investigación en análisis, al presuponer un cierto *ideal de orden natural*, acepta como algo obvio y autoexplicado; y decir esto es lo mismo que afirmar que un hecho es aquello que, dado un *ideal de orden natural*, aparece como necesitado de explicación. Así, y como

ejemplo paradigmático de esos *ideales*, Toulmin (1961, p.56) nos propone al aquí ya referido principio de inercia: “todo cuerpo continúa en estado de reposo, o de movimiento rectilíneo y uniforme, a menos que sea compelido a cambiar dicho estado de movimiento por aplicación de una fuerza”.

Esta *primera ley de Newton*, nos dice Toulmin (1961, p.62-3), indica que, para la mecánica newtoniana, la permanencia de un cuerpo en cualquiera de esos dos estados es lo *esperable*, lo *normal*, lo *natural*: lo que *va de suyo* y, por eso, no requiere explicación. Lo que debe ser explicado, lo que debe ser objeto de interrogación es, por lo tanto, la salida del reposo o la salida del movimiento rectilíneo uniforme; y toda la mecánica newtoniana nos ofrece el modo de responder esas cuestiones, permitiéndonos explicar y calcular los desvíos de ese estado u orden ideal apelando a leyes adicionales, como por ejemplo la *ley de gravitación*. Pero, al igual que otros aspectos de la gramática científica, los *ideales de orden natural* son regionales: diferentes teorías científicas o, más en general, diferentes dominios disciplinares pueden obedecer a *ideales diferentes*; y es sobre el horizonte de esos diferentes *ideales de orden natural* que se perfilan y cobran sentido los objetivos explicativos de cada teoría o de cada dominio específico de investigación. Lo que en cada caso se considera como *obvio*, como *natural*, de *por sí* explicable, es distinto, y eso hace que también sea diferente lo que, en cada caso, habrá de considerarse como desvío, a ser explicado, de ese *estado natural*.

Ideales de orden natural diferentes, al establecer las más diversas discriminaciones entre lo que necesita y no necesita explicación, generan y nos comprometen con diferentes emprendimientos explicativos, cada uno con sus perplejidades y sus interrogantes fundamentales. Así, si consideramos que el problema central de la fisiología es la explicación de la constitución y preservación del orden vital, podemos entonces decir que, para ella, la ausencia de ese orden es lo que no precisa explicación. La pregunta básica de la fisiología, para decirlo de otro modo, parece ser siempre *¿por qué la vida y no más bien la muerte?* Esta última, la *muerte*, define lo que, para la fisiología, sería el *estado natural* y más probable de las cosas: un estado que, en primera instancia, no es necesario explicar, porque lo que ocurre en

él es algo de lo cual la física y la química ya nos dan una explicación. Lo que es necesario explicar es el hecho de que, no obstante esa *mayor probabilidad* de la muerte, el orden de la vida, pese a su fragilidad, perdure. La vida, entendida como esa autonomía que el viviente preserva frente a las contingencias del entorno, aparece así como el desvío improbable, y problemático, de un estado de cosas que se considera ya antes explicado por la física y por la química.

Esto, sin embargo, no es algo propio de toda fisiología. Ese *ideal de orden natural* al que me estoy refiriendo es el que se instauró al imponerse la perspectiva propia de la fisiología experimental. Esta, como lo vimos en el capítulo 1, supone la inercia de la materia y la negación de las fuerzas vitales, y desde su perspectiva la vida solo puede ser un resultado de ciertas formas de organización de la materia. Es decir: a diferencia de lo que ocurría con Buffon, para quien la vida era una propiedad primitiva e irreductible de cierta forma material, y a diferencia de lo que ocurre con Bichat, para quien la vida era una fuerza inexplicada cuya existencia había que suponer para explicar los fenómenos vitales, la fisiología experimental tiene que poner a la vida del lado de los efectos a ser explicados, no del lado de las causas que explican. La vida aparece así como un orden frágil, un orden lábil cuya improbabilidad en relación con el orden en el que se dan los cuerpos brutos pide una explicación (*cf.* Schrödinger, 1984[1944], p.110-1). Por eso, ese resultado improbable se torna en el eje de todos los circuitos causales que el fisiólogo habrá de analizar, y es así que se impone la perspectiva funcional que ordena todo el desarrollo de la fisiología. Bichat había entrevisto eso al definir la vida como el conjunto de funciones que resisten a la muerte, pero, al recurrir a las fuerzas vitales como motores de esa resistencia, acabó hundiéndose en el siglo XVIII.

La fe del fisiólogo

Pero hay más: una cosa es asumir que la perspectiva funcional —centrada en la constitución y preservación del orden vital— oriente a toda la fisiología, y otra cosa diferente es que se piense que todas, o

la mayor parte, de las estructuras orgánicas se presten a ser funcionalmente imputadas en términos de ese estado privilegiado, frágil e improbable, que llamamos “vida”. La presuposición de esa fragilidad lleva a preguntarse por la contribución causal que cada estructura orgánica puede hacer a la preservación de dicho orden. La vida parece necesitada de soportes, y el fisiólogo sale a buscarlos en el propio organismo. Pero no solo sale a buscarlos, sino que también está seguro de encontrarlos, y en general los encuentra. Más que preguntarse si tal o cual proceso o elemento orgánico contribuye a la constitución y preservación del orden vital, el fisiólogo parte de la presuposición de que esa contribución efectivamente existe y trata de identificarla. Podrá haber casos recalcitrantes, estructuras cuya función fisiológica no llega a develarse, como ocurre con el apéndice humano. Sin embargo, como primera hipótesis a ser obstinadamente sostenida está la presunción de *funcionalidad fisiológica*, lo que es muy importante porque la identificación de la función de una estructura siempre es un descubrimiento, no así la confesión honesta de que hemos buscado esa función pero, pese a nuestros esfuerzos denodados, no la hemos encontrado. El fracaso no da *paper*.

Esa fe del fisiólogo aparecía claramente enunciada en aquella máxima que Auguste Comte (1838, p.237) formuló en el *Cours de philosophie positive*: “dado el órgano o la modificación del órgano encontrar la función o el acto, y recíprocamente”. Esta, como vemos, tiene dos partes. La segunda es relativamente poco problemática; ella solo nos dice que, constatado el ejercicio de una función —es decir: una vez establecido que el viviente es teatro de una serie de actividades que contribuyen a su constitución y preservación—, el fisiólogo está obligado a identificar las estructuras que ejecutan esos actos. En este sentido, y como lo subrayó Cassirer (1967[1918], p.400), la perspectiva funcional le prepara el terreno a la explicación causal “señalándole los fenómenos y los problemas sobre los que ha de proyectarse”. El problema está en la primera parte. Allí no solo se enuncia que todo órgano tiene una función, sino que incluso se afirma que, si en dos especies un mismo órgano presenta morfologías diferenciadas, esas diferencias tienen que tener un correlato funcional, una diferencia en la función que desempeñan o en el modo en que la desempeñan,

cabiéndole al fisiólogo el desafío de no solo encontrar la función de cada estructura, sino también la de correlacionar cualquier diferencia de estructura con una diferencia funcional a ser identificada.

Desafío, ese, que Bernard no rechazó. Por el contrario: su presunción de que cada acto de un organismo viviente tiene una función que debe encontrarse en el propio organismo —a la que aludí poco más arriba cuando aproximé su forma de entender los seres vivos con la propugnada por Kant y por Cuvier— enuncia la aceptación de la máxima comtiana y expresa la confianza en poder atenderla, lo que deja margen para preguntarnos por el fundamento de esa confianza: ¿qué sería, según Claude Bernard, lo que justifica la confianza en poder encontrar el valor funcional, el valor vital, de cada estructura y de cada peculiaridad morfológica a ser estudiada? ¿Cuál sería el fundamento que el fisiólogo tiene para suponer que casi toda estructura orgánica tiene una función? Además: ¿qué explicaría que, en general, esa función acabe siendo encontrada? Sepamos, sin embargo, y ante todo, que estamos planteando una cuestión que la ciencia natural demoró mucho en enfrentar. Hasta bien entrada la segunda mitad del siglo XIX, ella nunca llegó a entrar en la esfera de lo científicamente indagable.

Cuvier, sin ir más lejos, había callado sobre esa cuestión. En cierta forma, su principio de las correlaciones era la enunciación de esa confianza en que todo (Caponi, 2008, p.47), o casi todo (Caponi, 2008, p.53), en el ser vivo tenía que tener una función (*cf.* Cuvier, 1805, p.58). Pero se trataba de un punto de partida, de un axioma, sobre el cual no cabía discutir. Algo no muy distinto de lo que había dicho Kant (*KU*§66) al afirmar que la presunción de que “en el organismo nada es en balde” era una máxima regulativa sin la cual no se podía avanzar en el estudio de lo viviente⁶². En todo caso, si se insistía sobre el asunto, siempre estaba la alternativa de esperar el domingo para, desde el púlpito de la alguna iglesia, saltar a lo incondicionado

62 Al respecto, ver: Ruse (2003, p.49); Quarfood (2006, p.738); Rosas (2008, p.11); Etxeberria & Nuño (2010, p.193) y Caponi (2012b, p.57).

y estrellarse en la teología del diseño. Y aunque Paley (1809) y los *Bridgewater Treatises* no tenían en la Francia de Bernard la influencia que habían tenido en la Inglaterra de la primera mitad del siglo XIX⁶³, ahí estaba el católico Paul Janet (1877[1864], p.164-5) usando el problema del diseño como si este implicase una limitación para la perspectiva materialista y exigiese el recurso a la explicación teológica. Pero, aunque Janet fuese un autor de cuya lectura Bernard no se privaba, este no adoptó esa perspectiva, e intentó otro camino para zanjarse la cuestión.

En el próximo capítulo veremos en qué consistió ese camino. Lo único que quiero subrayar aquí es que, en el ámbito de la biología contemporánea, existe una única forma de responder a esa pregunta: la propuesta por Darwin (1859) en su teoría de la selección natural (*cf.* Caponi, 2011, p.52). Aunque la presuposición de que “en el organismo nada es en balde” no sea la teoría darwinista según la cual cada estructura orgánica responde directa o indirectamente a las exigencias de la selección natural, esa *máxima kantiana* parece sostenerse en cierta presunción de parsimonia: nada hay en el organismo si no tiene un rol a cumplir. Y ese es un eco de la navaja de Occam que, a su vez, parece anticipar o pedir una fundamentación darwiniana: no siendo un austero dios pietista, ¿qué podría estar detrás de esa frugalidad si no es la cruel y maltusiana selección natural? A final del siglo XX eso se tornó particularmente claro en las polémicas sobre la posibilidad de considerar que las estructuras orgánicas satisfarían o tenderían a satisfacer un requisito de optimalidad llamado de *sym-morphosis* (Weibel, 1998a).

Esta palabra designa un cierto ajuste entre el diseño estructural y los requerimientos funcionales (fisiológicos) del organismo

63 Las obras de William Kirby (1837), Charles Bell (1837) y Peter Roget (1840) son parte de esos tratados que el Conde de Bridgewater financió en la cuarta década del siglo XIX. Estos estaban llamados a demostrar el poder, la sabiduría y la bondad de Dios en función de sus manifestaciones naturales (*cf.* Ospovat, 1981, p.11; Blanco, 2008, p.4; Reiss, 2009, p.121 y Topham, 2010, p.92).

en virtud del cual “la formación de los elementos estructurales está regulada para satisfacer, pero no para exceder, los requerimientos del sistema funcional” (Weibel, 1998a, p.3). La idea es que el diseño de los organismos tendería a ser óptimo “en el sentido de que no hay más estructura que la necesaria para cumplir una función” (Weibel, 1998a, p.3). Aunque, claro, todo se complica un poco con la presunción adicional de que ese “óptimo” contempla también un cierto exceso, o prodigalidad, económicamente sostenible para el sistema total. Ese *plus*, alguna vez aludido por Canguilhem (1972, p.133), daría cierto margen de seguridad ante eventuales circunstancias que pudiera exigir el sistema por encima de su desempeño normal⁶⁴. La idea de que *en el organismo nada es en balde* cobra así una forma más fuerte, pero más precisa, según la cual nada de lo que está allí es más costoso, en términos de costos energéticos, que lo que precisa para cumplir su función con un margen razonable de riesgo.

Lo interesante, sin embargo, es que esa idea de *symmorphosis*, pese a que su referente reside en el campo de la fisiología, puede y debe ser fundamentada a partir de la teoría de la selección natural. Por eso los debates sobre los alcances de dicha idea se centraron en dos cuestiones fundamentales: determinar experimentalmente hasta dónde ese ajuste óptimo se verifica en la estructura y el funcionamiento de los organismos individuales (Weibel, 1998b, p.303), y establecer hasta dónde la teoría de la selección natural apoya la presunción de que ese ajuste ocurra o tienda a ocurrir⁶⁵. La economía funcional de los seres vivos, en última instancia, es un resultado de la selección natural, y esto se aplica tanto a representaciones fuertes de esa economía —como la embutida en la idea de *symmorphosis*— como a representaciones más vagas o genéricas de esta, como aquella que nos encontramos en la idea bernardiana de teleología intraorgánica. Esta se materializa, se muestra y se estudia en el circuito de

64 Ver Schmidt-Nielsen (1998, p.11), Diamond (1998 p.22) y McNeill Alexander (1998, p.29).

65 Al respecto, ver Gordon (1998, p.37), Garland (1998, p.40) y Feder (1998, p.48).

causas próximas que rige el funcionamiento del organismo individual, pero su *razón* de ser remite a la trama de *causas últimas* que marcan la senda errática de la evolución. Producir seres económicos y austeros en los que cada parte está subordinada a la producción del todo que la sustenta es una exigencia de la selección natural. Bernard no pudo llegar a entender eso, y ahí residió el mayor límite en su comprensión de las ciencias de la vida. Los límites de su ciencia, la fisiología experimental, le impusieron una limitación a su epistemología.



CAPÍTULO III

Los misterios de la organización

*I have reached the bedrock,
and my spade is turned.*

L.Wittgenstein⁶⁶

Conforme dije al inicio del capítulo I, Claude Bernard llegó a señalar el vector de progreso de ese dominio de las ciencias de la vida que Mayr denominó “biología funcional”. Así lo sugieren, por lo menos, esos aspectos de su programa que hemos examinado hasta aquí. Sin embargo en sus escritos existen ciertos pasajes que desabonan esa lectura, y todos ellos tienen que ver con el mismo asunto: la identificación de los factores que guiarían la morfogénesis orgánica. Un buen ejemplo de eso se puede encontrar en la segunda parte de la *Introducción al estudio de la medicina experimental*, concretamente en el fin de la primera sección del segundo capítulo de dicha segunda parte. Hasta ahí, nada de lo dicho por Claude Bernard parece entrar en conflicto con lo que vino a ser la biología en el siglo y medio que se sucedió a la publicación de esa obra. Por el contrario,

66 Como ya lo hice un poco antes, aquí vuelvo a valerme de la imagen a la que Wittgenstein (1958, §217) apeló en sus *Philosophical investigations*. Mi uso, claro, no se ajusta a la intención original. En vez de usarla para referirme a un punto límite en lo que atañe a la fundamentación gramatical, yo me permito usarla para aludir a un supuesto punto límite al que, según Bernard, llegaríamos en la fundamentación teórica de nuestro decir sobre los fenómenos orgánicos.

casi todo lo que podemos leer ahí parece preparar el terreno en el que brotó y se desarrolló la mayor parte de lo que hoy entendemos por “biología experimental”. La decepción, y la consecuente perplejidad, sobrevienen, sin embargo, cuando Bernard afirma que “la vida tiene su esencia primitiva en la fuerza del desarrollo orgánico, fuerza que constituía la naturaleza medicatriz de Hipócrates y el *archeus faber* de Van Helmont” (1984[1865], p.142)⁶⁷.

Cuando leemos eso, nos sobreviene la impresión de que algo en el modo de razonar de Bernard se nos escapó. Nos asalta la amarga sospecha de que nuestra lectura de lo escrito hasta ahí había sido demasiado optimista: una ingenua proyección, anacrónica y pueril, de nuestros modos más actuales de pensar en los escritos de un autor demasiado anclado en una ciencia ya perimida. Es que ahí, en lugar de apuntar en la dirección de la inminente embriología experimental, Bernard parece querer señalarnos la vía que llevó a ese tardío y fugaz *vitalismo del desarrollo* con el que, décadas más tarde, se desgració Hans Driesch (1908, p.145-6)⁶⁸. Bernard afirma, en efecto, que

cuando un pollito se desarrolla en un huevo, no es la formación del cuerpo animal, en cuanto que agrupamiento de elementos químicos que caracteriza esencialmente a la fuerza vital. Ese agrupamiento se realiza siguiendo leyes que rigen las propiedades químico-físicas de la materia, pero lo que es esencialmente del dominio de la vida y que no pertenece a la química ni a la física, ni a ninguna otra cosa, es la idea directriz de esa evolución vital. En todo germen viviente existe una idea creadora que se desarrolla y se manifiesta por la organización (1984[1865], p.142-3)⁶⁹.

67 Cf. Ravaisson (1868, p.126), Toulmin & Goodfield (1962, p.335), Chazaud (1997, p.174) y Pepin (2012, p.76).

68 Sobre Driesch, ver Johnstone (1914, p.161), Smith (1977, p.366), Papp (1983, p.328), Huneman (2011, p.206) y Perru (2011, p.171).

69 Al respecto, ver Toulmin & Goodfield (1962, p.335), Jacob (1973, p.213), Huneman (1998, p.115), Pichot (1999, p.133) y FoxKeller (2000, p.108-9).

Atendiendo a lo dicho en nuestro capítulo I sobre lo que denominé “fiscalismo experimental”, se podría concluir que al hablar de una “idea directriz” que no puede ser adscrita a la química ni a la física, *ni a ningún otra cosa*, Bernard estaría poniendo a las causas rectoras de desarrollo ontogenético, al que él denomina “evolución”⁷⁰, por fuera del alcance de la experimentación. Bernard estaría expresando serias dudas, o un definitivo descreimiento, sobre el desarrollo y el alcance de una genuina embriología experimental⁷¹, un campo de investigación que, muy pronto y sobre todo por la mediación de Wilhem Roux, se mostraría no solo posible, sino también muy fértil en la producción de resultados significativos y acumulables⁷². Pero lo peor de todo es que la razón de esa aparente claudicación en relación con los principios que él mismo había propuesto para el programa de la fisiología experimental no llega a quedar clara, situación que agrava

70 En el texto citado, y como todavía era usual en esa época (*cf.* Pichot, 1993, p.720), Bernard no alude al proceso ontogenético usando la palabra “desarrollo”, sino que recurre al término “evolución” (*cf.* Grmek, 1965, p.231; Duchesneau, 2013, p.41). En otros textos, como veremos más adelante, él ya usará la expresión “desarrollo”. Que la palabra “evolución” dejase de significar el desarrollo ontogenético, pasando a designar la historia filética, es algo que se lo debemos a Herbert Spencer (Lalande, 1947, p.312n; Gould, 1977, p.31; Richard, 1992, p.168 y Gayon, 1999, p.388). Sus obras no dejaron una marca conceptual relevante en la biología, pero fueron muy influyentes en lo que atañe a la terminología (*cf.* Spencer, 1936[1857]; 1858; 1891[1864]; 1905[1880]). Por mi parte, mientras no se trate de una cita textual, solo usaré “evolución” en el sentido actual de “historia filética”, y para referirme a la ontogenia usaré los términos “desarrollo”, “desarrollo ontogenético”, u “ontogenia”.

71 *Cf.* Goodfield (1987, p.141), Prochiantz (1990, p.115; 2016, p.81) y Huneman (1998, p.119).

72 Sobre el desarrollo de la embriología experimental en el siglo XIX, ver Cassirer (1948, p.215), Tetry (1961, p.532), Churchill (1973, p.161), Coleman (1985, p.93), Duris & Gohau (1997, p.146), Duchesneau (1999a, p.47), Sapp (2003, p.95), Dupont & Schmitt (2004, p.101) y Waisse-Priven (2009, p.159).

la impresión de que nuestra lectura estaba siendo poco cuidadosa y había dejado de prestar atención a algo que, llegado ese punto, sería muy importante de tener en cuenta.

De hecho, la pluralidad de indecisas interpretaciones que ha recibido la referencia de Bernard a esa enigmática *idea directriz*, o *fuerza vital*, prueba la perplejidad, y la incomodidad, que ella genera entre los lectores de su obra. Hay quienes afirman que ese párrafo pone en evidencia un compromiso nunca roto de Bernard con el vitalismo (Goodfield, 1987, p.141; Pichot, 1993, p.706), y hasta con el pensamiento teológico (Didon, 1878, p.19; Lamy, 1939 p.68), y hay otros que apuntan que ese recurso a una fuerza vital ordenadora del desarrollo se explica por el simple hecho de que el autor de la *Introducción*, careciendo de una explicación plausible de los fenómenos de la herencia (Jacob, 1973, p.213; Grmek, 1991b p.131), y no encontrando una estrategia fructífera para abordar experimentalmente los fenómenos de la morfogénesis biológica⁷³, habría concluido que esos dos órdenes de fenómenos eran irremediablemente refractarios al abordaje experimental⁷⁴. Pero, además de eso, hay quienes sugieren que esa *idea directriz* invocada por Bernard es una anticipación, vaga pero preclara, de la propia noción de “programa genético”⁷⁵. Bernard habría intuido que el desarrollo solo era explicable si se postulaba un principio ordenador hereditario capaz de guiarlo; un principio rector cuya naturaleza y soporte material, sin embargo, él ignoraba (*cf.* Prochiantz, 1990, p.114).

Creyendo que ninguna de esas tres alternativas de interpretación es correcta, en este último capítulo quiero mostrar que, pese

73 Al respecto, ver Goodfield (1983, p.108), Prochiantz (1990, p.109; 1991, p.12) y Mazliak (2002, p.314).

74 Así lo afirman Jacob (1973, p.213), Prochiantz (1990, p.115-9; 1991, p.12) y Gendron (1992, p.65).

75 Esa interpretación de la *idea directriz* bernardiana se puede encontrar en Toulmin & Goodfield (1962, p.335), Canguilhem (1966, p.13), Prochiantz (1990, p.112), Chazaud (1997, p.188 n.13) y Ledesma Mateos (2000, p.335).

a no tener una comprensión clara de los fenómenos hereditarios, y pese a no haber llegado a concebir una estrategia para emprender el estudio del desarrollo desde una perspectiva experimental, Bernard no pensaba que el estudio experimental de la herencia y de la morfogénesis orgánica fuesen cosas imposibles, y, por lo menos en este último caso, sus expectativas eran muy optimistas. Lo que Bernard sí consideraba como algo ajeno al alcance del método experimental era la explicación de lo que él mismo, conforme el uso de la época, llamaba “organización”⁷⁶: la mutua adecuación funcional que exhiben las estructuras orgánicas (*cf.* Lachelier, 1993[1871], p.127), cuestión a la que aludí en la última sección del capítulo anterior. Para ella, Bernard llegó a vislumbrar una solución que estaba fundada en su concepción de las leyes naturales, que muy poco o nada tenía que ver con eso que en el siglo xx fue llamado “programa genético”⁷⁷, y que tampoco implicaba un contubernio vitalista: la *idea directriz* de Bernard no es ni el *bildungstrieb* o *nisus formativus* de Blumenbach (1817[1810], §XL p.333)⁷⁸, ni tampoco la inasible entelequia de Driesch (1908, p.142-3)⁷⁹. No es eso, ni nada que se le parezca.

Por otra parte podemos estar seguros de que el párrafo de la *Introducción* que alude a esa *idea directriz* del desarrollo no es la expresión aislada de la simple incompreensión, por parte de Bernard, de un fenómeno sobre el cual él no quería ocuparse, ni tampoco discutir. No se trata, quiero decir, de una simple y ocasional concesión retórica al vitalismo, tendiente a desplazar del centro de la discusión

76 Que es lo que en la introducción denominé “diseño biológico”.

77 Sobre la historia de la noción de “programa genético”, ver Maurel & Miquel (2001, p.39). Estos autores, creo que correctamente, sitúan el origen de la noción de *programa genético* en un artículo de Mayr (1961) ya citado aquí, “Causa y efecto en biología”, y en un paper de Monod y Jacob, también de 1961.

78 Sobre la idea de *bildungstrieb* o *nisus formativus* de Blumenbach, ver Richard (2000) y Duchesneau (2011).

79 Al respecto de la idea de entelequia propuesta por Driesch, ver Johnstone (1914, p.330), Cassirer (1948, p.238) y Huneman (2011, p.206).

un asunto que la fisiología experimental no tenía condiciones, en ese momento, de abordar (cf. Boutroux, 1949[1893], p.74). Un poco más adelante veremos que Bernard no se privaba de ese tipo de maniobras retóricas, pero no es ese el caso de la *idea directriz*. Este era un asunto sobre el cual Bernard no dejó nunca de insistir. De hecho, esa idea ya se da cita en el *Cahier rouge*, cuando Bernard se refiere, en sus notas particulares, a una *force évolutionnelle* (1965, p.52), y ella también ocupa un lugar destacado en el artículo “Sobre el progreso en las ciencias fisiológicas” (1865)⁸⁰. Pero además de eso, dicha idea también retorna en varios y muy importantes trabajos posteriores: en el ya citado *Informe* (1867, p.228), en “El problema de la fisiología general” (1878[1867], p.137), en *Sobre la fisiología general* (1872, p.196), en “Definición de la vida” (2016[1875], p.69)⁸¹ y en *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales* (1878, p.51-4). Para Bernard, después de todo y conforme lo dejó consignado en el *Cahier rouge*, “la evolución es todo en los fenómenos orgánicos” (1965, p.46), es decir, no es poca cosa.

Sobre la noción de causa primera

Permítaseme, sin embargo, comenzar el tratamiento de la cuestión remitiéndome al ya mencionado artículo “Sobre el progreso en las ciencias fisiológicas” que fuera publicado en la *Revue des Deux Mondes*. Allí se reafirma que “la vida tiene [...] su esencia en la fuerza o, mejor, en la idea directriz del desarrollo orgánico” (1865, p.645). Pero además de eso, Bernard también señala que “la vida para el fisiólogo

80 Ese artículo también fue incorporado a *La ciencia experimental* (1878[1865], pp.38-98).

81 Ese artículo sobre la definición de vida fue originalmente publicado, en 1875, por la *Revue des Deux Mondes*, y después se incluyó en *La ciencia experimental* (1878[1875]). Yo uso y cito aquí su reedición más reciente (2016[1875]).

no es otra cosa que la causa primera creadora del organismo que se nos escapará siempre, como todas las causas primeras” (1865, p.646). Y en esas palabras, más que un movimiento en la dirección del vitalismo, que en última instancia podía remitirse a fuerzas naturales, lo que parece insinuarse es un escape hacia lo incondicionado: hacia la metafísica. Bernard alude, en efecto, al plano de esas causas primeras: algo cuyo incierto conocimiento parece más oficio de metafísico que de fisiólogo (1865, p.647; 1965, p.52; 1984[1865], p.124). Así, si de lo que se trata es de entender qué es lo que sería esa idea directriz del desarrollo, la primera vía que parece abrirse es la oposición entre causas próximas que explican *cómo* [*comment*] ocurren los fenómenos orgánicos y las causas primeras, o últimas, que explican su *porqué* [*pourquoi*]. Y digo primeras o últimas porque, para Bernard, dichas nociones son homologables: “la causa final es la consecuencia de la causa primera: [...] ellas se confunden entre sí en una lejanía inaccesible” (1878, p.336-7).

A primera vista, la polaridad cómo-porqué, conforme Mirko Grmek (1965, p.66; 1997, p.42) lo ha señalado, no parece ser más que la reiteración de un lugar común positivista (*cf.* Comte, 1907[1842], p.424; Ravaisson, 1868, p.127). Bernard plantea, incluso, que la búsqueda del *porqué* es una suerte de compulsión subjetiva que nuestra razón debe controlar: “si nuestro sentimiento nos plantea constantemente la cuestión del *por qué*, nuestra razón nos muestra que solo la cuestión del *cómo* está a nuestro alcance” (1865, p.126). Pero también es evidente que, a diferencia de Comte (1912[1854], p.80), Bernard no desiste de la noción de causa como clave válida para entender la naturaleza de la explicación científica. Existen causas primeras que escapan a la experimentación, sí, pero también existen causas próximas cuyo conocimiento y control, conforme vimos en el capítulo 1, es la meta de la ciencia experimental. En este sentido, Bernard está mucho más cerca de la filosofía de la ciencia actual que de la de Comte. Esto, sin embargo, no debe llevarnos a cometer el error de confundir la polaridad de Bernard con la polaridad entre causas próximas [*proximate causes*] y últimas [*ultimate causes*] sobre la que Ernst Mayr (1961; 1993), y muchos otros evolucionistas, han insistido (*cf.* Caponi, 2014b). Que Bernard homologue “último” a “primero” no es mo-

tivo suficiente para aproximarlos a los evolucionistas en lo que atañe a ese tema.

| 118 |

Los evolucionistas siempre pretendieron aludir a dos tipos de causas que, en ninguno de los dos casos, implican un límite para la ciencia natural (*cf.* Caponi, 2000; 2001; 2013b), cosa que no ocurre con Claude Bernard. “Las causas primeras, que son relativas al origen de las cosas”, según Bernard (1865, p.646) las entendía, “nos son absolutamente impenetrables”. Mientras tanto, “las causas próximas, que son relativas a las condiciones de manifestación de los fenómenos, están a nuestro alcance y podemos conocerlas experimentalmente”. Por eso, una vez que se establece la determinación del fenómeno por sus causas próximas, ya no puede irse más allá (1865, p.656). Según Bernard, una vez que el conocimiento de las causas próximas de un fenómeno nos permite explicar *cómo* es que este se produce, e incluso producirlo, nada habrá de ganarse buscando ese *por qué* escondido en las *causas primeras* (1865, p.647; 1984[1865], p.126).

Sin embargo es preciso decir que el origen de ambas polaridades, la de Bernard y la de los evolucionistas, es el mismo. Ellas comparten un ancestro común: las dos remiten a la distinción entre causas primeras y causas segundas, o entre causas primeras y causas próximas, o incluso entre causas últimas y causas próximas, que comienza a insinuarse en los albores de la ciencia moderna (*cf.* Burtt, 1960, p.106-13). Dicha distinción, la propuesta en los albores de la ciencia moderna, tenía como meta establecer una división del trabajo intelectual que evitase el conflicto entre las ciencias naturales y la teología. Las primeras estudiarían las causas segundas, o próximas, que nos dan a conocer el *cómo* de los fenómenos naturales (*cf.* Solís, 1985, p.196 *n.6*), y la segunda nos revelaría la *razón de ser* de las cosas: algo que remite a su origen, a la causa primera, pero también a su sentido último, a su para qué (*cf.* Mayr, 1992, p.65). De ahí, incluso, que los términos “causas últimas” y “causas primeras” puedan acabar homologándose.

La distinción de Bernard, en cierto sentido, conserva algo de esa distinción clásica, porque para él la referencia a la causa primera conlleva el reconocimiento de un límite para la ciencia experimental. Aunque eso, en contra de lo pretendido por algunos exégetas

reaccionarios⁸², no implicase, en realidad, ningún reconocimiento de los derechos de la teología, como mucho algún coqueteo entre obsecuente y demagógico con los sectores conservadores que eran tan influyentes en el Imperio de Napoleón III y en los inicios de la Tercera República. Pero, así como es verdad que la idea bernardiana de *causa última*, o primera, conlleva el reconocimiento de un límite, de una roca madre “impenetrable” en contra de la cual la pala de la ciencia, impotente, se tuerce, también es verdad que eso no ocurre en el caso de la distinción evolucionista. Porque esta, como ya lo dije, apunta a dos órdenes de factores que pueden, y deben, ser efectivamente estudiados por la ciencia natural. Las causas últimas a las que aluden los evolucionistas pueden ser citadas como explicaciones, y su propia configuración también puede y debe ser explicada; en ese sentido no son “últimas”. Los evolucionistas, sin embargo, las llamaron así porque su conocimiento nos permitía entender la *razón de ser* de ciertas estructuras y procesos biológicos: su *por qué*.

En los inicios del siglo xx, evolucionistas de distintas áreas como Edward Albert Sharpey-Schäfer (1907), Edward Poulton (1908) y Arthur Landsborough Thomson (1926) recurrieron a los términos “*proximate cause*” y “*ultimate cause*”, y a su oposición, para clarificar la diferencia que existía entre dos tipos de preguntas que eran propias de las ciencias de la vida (*cf.* Caponi, 2014b): las preguntas mejor comprendidas por los mecanismos que explicaban cómo ciertos procesos biológicos ocurrían, y las preguntas no tan claramente comprendidas por su *razón de ser*, su *para qué*⁸³. Las primeras, a las que ellos caracterizaban como preguntas *por causas próximas*, podían ser respondidas recurriendo a la fisiología, y eventualmente a

82 Por ejemplo Ravaisson (1868), Didon (1878), Dumas (1878) y Lamy (1939).

83 Antes de Mayr (1961) se refiere a ella en los años sesenta y, como lo mostré en mi artículo “Contribución a una historia de la distinción próximo-remoto” (Caponi, 2014b), esa distinción también fue retomada por John Baker (1938), por Julian Huxley (1965[1943]) y por David Lack (1954). No creo, sin embargo, que esa breve enumeración sea exhaustiva.

la física o a la química. Las segundas, que eran preguntas por causas evolutivas, tenían que ser respondidas recurriendo a la teoría de la selección natural, y era a esas causas evolutivas que ellos llamaban “causas últimas”: causas que también eran una *razón de ser* porque aludían a la finalidad o a la utilidad de las estructuras biológicas.

Ante la coloración de una mariposa, para dar un ejemplo clásico, nos podemos preguntar por el pigmento que la produce, y por el proceso orgánico que genera ese pigmento; y esa sería una pregunta por su causa próxima: una pregunta por *cómo* se produce ese color. Pero también nos podemos preguntar por su *razón de ser*, por su *porqué*, cosa que el análisis más pormenorizado de la fisiología y la bioquímica de la coloración de una mariposa nunca nos revelaría. Lo que sí nos puede revelar esa *razón de ser* es una explicación por selección natural que nos muestre que se trata, supongamos, de una coloración aposemántica: una coloración que evolucionó en virtud de su capacidad de indicarle a los predadores el carácter tóxico de sus portadores (*cf.* Caponi, 2014b, p.24)⁸⁴. Pero cuidado: una pregunta por la causa última de una estructura o rasgo biológico no es lo mismo que una pregunta por su función (*cf.* Caponi, 2010a, p.67; 2102a, p.59; 2013a, p.109). Eso no siempre estaba claro en el modo en que

84 Otro ejemplo a dar sería el florecimiento de una rosa. Como todo el mundo sabe, allá por el siglo XVII, Angelus Silesius dijo que: “La rosa es sin porqué // florece porque florece, no tiene preocupación por sí misma // no desea ser vista”. Pero el darwinismo nos ha enseñado que eso no es así. Hay un porqué fundamental en todo florecer: producir más flores. Y para ello la rosa precisa ser vista por un polinizador: de ahí sus colores. Haciendo consideraciones sobre el canto de un ruiseñor que son convergentes con las que aquí hago sobre la rosa, Aldous Huxley (2017[1963], p.153) se refirió a los conocimientos que la biología moderna produce sobre temas que la poesía ha hecho suyos, y afirmó que para el hombre de letras del siglo XX, esta nueva información sobre la materia poética consagrada por la tradición es en sí misma un nuevo material potencialmente poético. Ignorarlo es un acto de cobardía literaria”. Y lo mismo sigue valiendo en el siglo XXI.

los naturalistas darwinianos se referían al asunto, pero entender la diferencia entre *función* y *causa última* es crucial para entender qué era lo que los naturalistas darwinianos querían indicar cuando recurrían a la polaridad *proximate-ultimate*.

Lógicamente, la noción de función estaba implicada ahí. Lo que los darwinistas querían indicar con causa última, ya lo dije, tenía que ver con la función o serventía biológica que una configuración morfológica pudiese tener (*cf.* Caponi, 2010a, p.66; 2012a, p.58; 2013, p.108). Pero la cosa no se quedaba en la mera imputación funcional y en el análisis causal de cómo era que esa configuración desempeñaba la función identificada. No se trataba de constatar que una coloración era aposemántica para después mostrar cómo era que ella desempeñaba esa función. Si fuese por eso, los darwinistas no hubiesen ido más allá de esa integración entre el análisis funcional y la explicación causal ya reconocida por Bernard. Para este, como ya lo vimos en el capítulo anterior, imputar una función es solo señalar un papel causal dentro de un proceso. Los darwinistas, en cambio, querían mostrar que la configuración morfológica en estudio estaba ahí, y que era así como era, justamente en virtud de haber tenido un determinado desempeño funcional. Y lo que les permitía hacer eso era la teoría de la selección natural (*cf.* Caponi, 2010a, p.67; 2012a, p.59; 2013, p.109). Esta les permitía establecer la *razón de ser* de las estructuras orgánicas, algo que, insisto, iba mucho más allá del análisis funcional (*cf.* Caponi, 2010a, p.68; 2012a, p.60; 2013c, p.110). Este puede establecer la utilidad biológica de una estructura, pero no que ella existe o que evolucionó en virtud de esa funcionalidad.

Cuando eso cabe, la explicación por selección natural permite mostrar que una estructura funcional es una verdadera adaptación (Caponi, 2013c, p.112). Que es lo mismo que decir que ella tiene una *razón de ser* y que su conveniencia funcional no es fortuita, sino que es el resultado de un proceso causalmente pautado por dicha adecuación (Caponi, 2014a, p.181). Esa diferencia entre *análisis funcional* y *explicación seleccional*, —creo que no esté de más aclararlo— es lo que los defensores de la concepción etiológica de las estructuras funcionales no consiguen reconocer, superponiendo también los conceptos de “adaptación” y “función” (*cf.* Caponi, 2010a). Pero lo que aquí más

debe importarnos es que el concepto de “causa última” al que recurrían los evolucionistas sí supone esa distinción, una distinción a la que Bernard, por desconocer la teoría de la selección natural, nunca podría haber llegado. Porque es esa teoría la que permite traer la *razón de ser*, las *causas últimas*, de las estructuras biológicas para el plano de las causas naturales: es ella la que permite *naturalizar la teleología* (cf. Caponi, 2012b; 2013c) de una forma que Bernard nunca pudo concebir, y por eso fue llevado a los extravíos sobre los que nos estamos ocupando ahora.

La teoría de la selección natural le daba eficacia causal a la *razón de ser*: bajo su cobertura, la utilidad, la ventaja y la conveniencia podían tener valor explicativo. Lo que el argumento del diseño le adjudicaba a una causa primera de carácter sobrenatural, la teoría formulada por Darwin se lo atribuía a causas naturales y, en ese sentido, segundas. Pero, en la medida en que esa causa se identificaba con la *razón de ser* de las estructuras y procesos biológicos, ella podía merecer el rótulo de “causa última”. Para Bernard, en cambio, la expresión “causa primera” indicaba un tope para la indagación, y nunca un tema sobre el cual avanzar. De todos modos, y como lo veremos más adelante, lo que él terminará indicando al hablar de tales causas no deja de tener algo que ver con lo que los darwinistas tematizaron. Estos hablaban de “causas últimas” para referirse a ciertos factores o agentes causales, las presiones selectivas, que permitían dar una explicación del diseño biológico que cupiese en la ciencia natural, y, en no pocas ocasiones, Bernard usó la expresión “causas primeras” para, como veremos más adelante, intentar disolver dicha cuestión. Bernard transformó la adecuación funcional de las estructuras orgánicas en un dato que había que aceptar como punto de partida.

Sin embargo es preciso decir que Claude Bernard fue bastante oscilante en lo que respecta al uso de la noción de *causa primera*, y no siempre la usó para referirse a lo que estaría detrás de esa adecuación entre estructura y función que exhiben los seres vivos. En ocasiones hasta da la impresión de que “causa primera” es el rótulo de un cajón de sastre en el que va a parar todo aquello de lo que él no quiere, o no puede, hablar. Fue por eso que, un poco más arriba, me sentí obligado a decir que ese no sería el caso de la *idea rectora del desarrollo*. Sí lo

sería, en cambio, cuando la noción de *causa primera* aparece vinculada a la de *esencia última* (cf. 1984[1865], p.126), una esencia última que siempre permanecería incognoscible. En la propia *Introducción* encontramos un ejemplo de eso. Ahí leemos que “cuando sabemos que el contacto físico y químico de la sangre con los elementos nerviosos cerebrales es necesario para producir los fenómenos intelectuales” (1984[1865], p.125), estamos conociendo condiciones de existencia del pensamiento; es decir: estamos conociendo las *causas próximas* manipulables, el *determinismo*, el *cómo* del pensar. Lo que no estamos conociendo, desde ningún punto de vista, es la *esencia del pensar*.

Por eso: el conocimiento de esas condiciones materiales “no puede enseñarnos nada sobre la naturaleza primera de la inteligencia” (1984[1865], p.125), algo semejante a lo que ocurre cuando constatamos que el frotamiento y las acciones químicas producen electricidad: eso nos indica las condiciones de existencia de un fenómeno, sin decirnos nada “sobre la naturaleza primera” de ese fenómeno (1984[1865], p.125). Esta, como siempre, permanece y permanecerá desconocida, tanto en el caso de los cuerpos y los fenómenos orgánicos, como en de los cuerpos brutos (1984[1865], p.108); y, si en este último caso, ese desconocimiento de las *esencias* no nos ha impedido el control de los fenómenos, algo idéntico habrá de ocurrir en el dominio de lo viviente. Sin conocer nada semejante a la esencia del opio, podemos conocer su principio activo y las sustancias sobre las que este actúa, y ese conocimiento nos dará “el medio de producir sueño o de impedirlo” (1984[1865], p.126). Aquí también parece haber una afinidad entre el modo en que Bernard argumenta y algunas tesis defendidas por Karl Popper en el siglo xx.

En lo que atañe a esas coincidencias ya me referí al modo de entender la relación entre hipótesis y observación, y también al modo de entender la explicación científica. Ahora aludo a la impugnación de lo que Popper (1985[1945], p.46-7) llamó “esencialismo metodológico”: la idea según la cual el objetivo de la ciencia consistiría en “revelar las esencias y describirlas por medio de definiciones”. A eso Popper contraponía lo que él llamaba “*nominalismo metodológico*”. Quien asume esta última posición, decía Popper (1985[1945], p.47), “en lugar de aspirar al descubrimiento de lo que es realmente una

cosa y de definir su verdadera naturaleza [...] procura describir cómo se comporta un objeto en diversas circunstancias”, intentando explicar ese comportamiento “con ayuda de leyes universales”. Y Bernard, por lo visto, no hubiese dicho otra cosa; quizá solo hubiese agregado que una vez que se sabe cómo producir y controlar algo, ya no es necesario preguntarse por su esencia: ya no importa definirlo.

Pero el dominio de las causas primeras bernardianas parece poder abarcar más que la esencia y la *razón de ser* de las cosas. En ocasiones, Bernard se vale de la noción de *causa primera* para indicar un límite en nuestro conocimiento que no tiene que ver con ninguna de esas dos cuestiones. Tal es el caso, por ejemplo, de la composición del agua. Al respecto, Bernard nos dice que “cuando sabemos que el agua y todas sus propiedades resultan de la combinación, en ciertas proporciones, del oxígeno y del hidrogeno”, sabemos “todo lo que podemos saber sobre el tema”; y ese saber “responde al *cómo* y no al *porqué* de las cosas” (1984[1865], p.123-4). Pero si Bernard puede decir algo así, es porque su química todavía es la química de Lavoisier (Gendron, 1992, p.19), una ciencia que no incluye ninguna teoría atómica que, además de decirnos *cómo* hacer agua, nos permita ir un poco más allá. No para responder a la pregunta “¿por qué la combinación de un volumen de oxígeno y dos de hidrógeno forman el agua?” (1984[1865], p.124), pero sí para saber por cuál proceso la producen, lo que equivaldría a saber *cómo* la producen.

Al decir que la única respuesta posible que podemos dar a ese *por qué* es que “en el hidrógeno hay una propiedad capaz de engendrar agua” (1984[1865], p.124), Claude Bernard parece estar colocando el límite de nuestro conocimiento demasiado cerca de lo que no eran más que conquistas cognitivas parciales y ulteriormente superables, lo que parece confirmarse cuando, al discutir un ejemplo propio de su área de investigación, llega a decir que

si en fisiología probamos que el óxido de carbono mata uniéndose más enérgicamente que el oxígeno a la materia del glóbulo de sangre, sabemos todo lo que podemos saber sobre la causa de la muerte [...]: el oxígeno no puede entrar más al organismo porque no puede desplazar al óxido de carbono de su unión con el glóbulo (1984[1865], p.124).

Lo cierto, sin embargo, es que su posición no es del todo clara. No lo es porque la frase “todo lo que podemos saber sobre la causa de la muerte” puede ser leída de dos formas: como indicando un límite definitivo, inherente a toda ciencia natural posible, o como indicando un límite coyuntural, relativo al estado del saber en 1865. Y creo que, en lo que atañe a este tema en particular, esa es la interpretación que corresponde.

Comentando este mismo ejemplo, Mirko Grmek (1991a, p.161) decía que Claude Bernard se engañaba al tomar su explicación de ese hecho como una verdad última. Pero creo que eso no era así: no lo era, insisto, en este caso en particular. Las preguntas “¿por qué el óxido de carbono tiene más afinidad con el glóbulo que con el oxígeno?” y “¿por qué la entrada de oxígeno es necesaria para la vida?” no son citadas como un límite insuperable sino solo como un límite relativo al “estado actual de nuestros conocimientos” (1984[1865], p.124). Sin descartar que “entre el conocimiento actual de un fenómeno y su *causa primera* puedan “existir siempre niveles explicativos imprevisibles” (Grmek, 1991a, p.161), Claude Bernard deja abierta la posibilidad de que el estudio experimental pueda ir más lejos y descubrir una “causa oculta ante la cual seremos obligados a detenernos sin tener la razón primera de las cosas” (1984[1865], p.124), como si nuestras palas cognitivas pudiesen ir siendo progresivamente más duras e ir atravesando capas de sedimentos también progresivamente más duros.

Así, aunque sea evidente que Claude Bernard tiene una gran dificultad para *imaginar* tanto lo que pueda estar más allá de la química de Lavoisier, como para concebir el modo en que ese más allá podría ser relevante para la fisiología, lo cierto es que, en ese caso, su recurso a la noción de *causa primera* solo parece indicar un límite de la ciencia experimental que debe ser circunstancialmente aceptado so pena de que la indagación se extravíe en cuestiones que no está en condiciones de responder. Me atrevo a decir, incluso, que en ese pasaje de la *Introducción* la oposición entre el *cómo* y el *porqué* de los fenómenos solo juega el papel de un mero recurso defensivo. Citándola, Bernard parece estar pidiendo que, en casos como ese, no se le debe exigir a la fisiología lo que la propia química no puede dar. Es decir:

si las preguntas de la fisiología llegan a un punto en el que el próximo paso a dar supondría responder cuestiones físicas o químicas, que ni la física ni la química aún han respondido, entonces es hora de parar y esperar por palas mejores. Paciencia, esa, que no tendría sentido en el caso de las preguntas por esencias, porque estas, por lo que vimos, sí estarían definitivamente fuera del alcance, y del campo de interés, de la ciencia experimental. En este caso, entonces, la expresión “causa última” menta un límite definitivo: alude a algo sobre lo cual no cabe hablar nunca.

Pero, más allá de todas esas oscilaciones en el uso de las polaridades *cómo-porqué* y *causas próximas-causas primeras*, lo cierto es que, en lo que atañe al tema de la morfogénesis —que es el tema que aquí nos interesa—, Bernard adopta una posición más estable: no digo “más clara”, pero sí “menos oscilante”. Allí la polaridad entre las causas próximas que explican el *cómo* de los fenómenos naturales y las causas primeras o últimas que explican su *porqué* acaba homologada, de forma unívoca y constante, a la oposición entre causas legislativas y causas ejecutivas. Y es ahí que debemos remitirnos para entender a qué respondía el recurso que Claude Bernard hizo a esa *misteriosa idea rectora del desarrollo* que tanto y tan explicable desconcierto ha causado entre sus lectores. Allí la idea de causa primera ya no remite a una esencia ni a lo que pueda tomarse como una limitación circunstancial de nuestro conocimiento. Allí la causa primera alude a un marco de referencia que la ciencia no debe ignorar, y debe asumir como punto de partida de toda explicación, pero al que no puede pretender explicar.

Lo legislativo y lo ejecutivo

La homologación entre *causas próximas* y *causas ejecutivas*, y entre *causas primeras* y *causas legislativas* aparece en “Sobre el progreso en las ciencias fisiológicas”. Allí se nos dice que

en todo fenómeno vital hay, *como en cualquier otro fenómeno natural*, dos órdenes de causas: en principio una causa primera, creadora, le-

gislativa y directriz de la vida, e inaccesible a nuestro conocimiento, y hay una causa próxima o ejecutiva del fenómeno vital, que es siempre de naturaleza físico-química, y cae en el dominio del experimentador. La causa primera de la vida determina la evolución o la creación de la máquina organizada; pero la máquina, una vez creada, funciona en virtud de las propiedades de sus elementos constituyentes y según la influencia de las condiciones físico-químicas que actúan sobre ellos. Para el fisiólogo y el médico experimentador, el organismo viviente no es más que una máquina admirable, dotada de las propiedades más maravillosas, puesta en acción por la ayuda de los mecanismos más complejos y más delicados (Bernard, 1865, p.646)⁸⁵.

Como podemos ver, en la oposición *causa primera legislativa-causa próxima ejecutiva* está cifrada la clave de la tesis de Bernard que nos ocupa⁸⁶; y es analizándola que podremos entender que en la postulación de esa *idea rectora* del desarrollo no hay involucrada ninguna negociación con el pensamiento teológico y metafísico. Entender eso es básico para proseguir en el análisis de la cuestión. Pero para lograrlo es necesario evitar imprecisiones como aquella cometida por Canguilhem (1965, p.115) cuando decía que “Claude Bernard sustituye la noción de una fuerza vital concebida como un obrero por la de una fuerza vital concebida como un legislador o un guía”. La expresión “legislador”, usada en vez de “ley”, sugiere un contubernio con la teología que, insisto en eso, Bernard estaba muy lejos de proponer.

Vincular, entonces, la idea rectora del desarrollo con el orden de las causas primeras, considerándola como “una ley organogénica preexistente” (1867, p.228 n.218), no significa poner la explicación de los fenómenos morfogenéticos más allá del límite de la ciencia;

85 Las cursivas son mías. Las introduje para remarcar que, según Bernard, la distinción entre los dos órdenes causales también vale para los cuerpos brutos. La misma idea aparece ya en el *Cahier rouge* (Bernard, 1965, p.45), y retorna en las *Lecciones* de 1876 (1878, p.331).

86 Al respecto ver Gayon (1991, p.181) y Grmek (1991b, p.130; 1997, p.111).

implica solo poner dicha “idea”, dicha ley, más allá del alcance de las manipulaciones experimentales (*cf.* Pichot, 1993, p.711), como ocurre, según Bernard consideraba, con todas las leyes naturales. Ellas pueden ser descubiertas por medio de la experimentación y ellas pueden guiarnos en la producción y el control experimental de los fenómenos; pero ellas mismas no pueden ser objeto de manipulaciones experimentales. Pensemos, por ejemplo, en el principio de Arquímedes. Con base en él podemos realizar muchas manipulaciones experimentales: podemos modificar el empuje que padece un cuerpo inmerso en un líquido graduando conjunta o separadamente el volumen de dicho cuerpo y la densidad del líquido en el que se encuentra. Pero lo que no podemos modificar es la proporción constante entre, por un lado, volumen del cuerpo y peso específico del líquido, y, por el otro, empuje.

Es decir: “solo podemos gobernar los fenómenos de la naturaleza, sometiéndonos a las leyes que los rigen” (1984[1865], p.128). Controlamos los fenómenos, pero no controlamos las leyes cuyo conocimiento nos permite dicho control. Así, y en la medida en que capacidad de explicación y capacidad de control se equivalen —eso ya lo vimos en el capítulo 1—, también podemos decir que las leyes que nos permiten la explicación causal se imponen como un marco inexplicable: un marco anterior al orden, segundo, de las causas próximas manipulables. Es así como dichas leyes, que son el límite de la ciencia, pero no su más allá, pueden ser atribuidas a una causa primera, a un orden primario cuya explicación nos resultará para siempre inalcanzable. Si explicar es dar una receta para manipular y controlar, entonces lo que escapa al control experimental escapa también a la explicación, aunque deba ser presupuesto de otras explicaciones que vengamos a construir. Era a eso que aludía Bernard en el discurso que pronunció en su recepción a la *Académie*:

El método experimental no se preocupa de la causa primera de los fenómenos [...]. Es [...] solamente a las causas segundas que él se dirige, porque así puede llegar a descubrir y a determinar las leyes; y siendo estas los medios de acción o de manifestación de la causa primera, son tan inmutables cuanto lo es ella, y constituyen las leyes

inviolables de la naturaleza y las bases inquebrantables de la ciencia (1869; p.27-8; 1878[1869], p.438).

| 129 |

El experimentador, nos quiere indicar Bernard (1984[1865], p.128), “no puede cambiar las leyes de la naturaleza”: él solo puede operar “sobre las condiciones físico-químicas necesarias a su manifestación” (1984[1865], p.128-9). El experimentador, en general y no únicamente el fisiólogo experimental, podría decir también Bernard, solo puede producir las condiciones iniciales que desencadenan la ocurrencia de un fenómeno, pero él nada puede hacer con las leyes que presiden tal ocurrencia. El experimentador, por fin, solo puede manipular el orden ejecutivo de los fenómenos, desencadenando, impidiendo, retardando, intensificando o atenuando su ocurrencia. Pero él no puede alterar el orden legislativo que los pauta. Este orden, que es justamente el de las leyes naturales, tiene que darse por supuesto; incluso cuando, dadas ciertas condiciones iniciales que disparan un proceso natural en una determinada dirección, desviamos dicha dirección original. Eso debe considerarse para entender este parágrafo de la *Introducción* que también es clave para comprender la naturaleza legislativa de la *idea rectora* del desarrollo:

Todos los fenómenos, *del orden que sean*, existen virtualmente en las leyes inmutables de la naturaleza, y ellos solo se manifiestan cuando sus condiciones de existencia se realizan. Los cuerpos y los seres que están en la superficie de nuestra tierra expresan la relación armónica de las condiciones cósmicas de nuestro planeta y de nuestra atmósfera con los seres y los fenómenos cuya existencia esas condiciones permiten. Otras condiciones cósmicas necesariamente harían aparecer otro mundo en el cual se manifestarían todos los fenómenos que pudiesen encontrar sus condiciones de existencia, y en el cual desaparecerían todos aquellos que allí no pudiesen desarrollarse (1984[1865], p.129⁸⁷).

87 Utilicé cursivas en “del orden que sean” por el mismo motivo que expuse en la nota 85.

Pero, conforme Bernard (1984[1865], p.129) resalta, aun esos fenómenos diferentes de los que de hecho conocemos se someterán “a las leyes de la física, de la química y de la fisiología”. Por eso:

Cuando un químico hace aparecer un cuerpo nuevo en la naturaleza, él no podría jactarse de haber creado las leyes que lo hacen nacer; él solo ha realizado las condiciones que exigía la *ley creadora* para manifestarse. Y lo mismo ocurre con los cuerpos organizados. Un químico y un fisiólogo solo podrían hacer aparecer seres vivos nuevos en sus experiencias, obedeciendo a leyes de la naturaleza, que ellos no podrían de manera alguna modificar (1984[1865], p.130).

Y esa última referencia a la posibilidad de generar nuevos seres vivos —que además reaparece en los *Principios de medicina experimental* (1947, p.86)— ya nos muestra que la confianza de Bernard sobre los poderes y alcances de la experimentación fisiológica estaba lejos de ser moderada. Pero antes de discutir ese asunto, quiero decir algo más sobre la naturaleza de los límites a los que, según Bernard, debía atenerse dicha experimentación. Quiero referirme, concretamente, al vínculo que él establece entre la morfología de los seres vivos existentes y el orden cósmico general. Este parece definir el conjunto de condiciones iniciales que, en conjunción con esas leyes morfogenéticas, determinaría la morfología general de los seres vivos realmente existentes. “En el estado actual de cosas”, dice Bernard, “la morfología” está “fijada” (1878, p.332); pero “en otro equilibrio cósmico”, ella “sería otra” (1878, p.333)⁸⁸. Con todo, las leyes morfológicas de las que eso depende son siempre las mismas (1878, p.341). Ellas son leyes que se cumplirían, al igual que las leyes físico-químicas, en cualquier ordenamiento cósmico posible; y, en su conjunto, todas ellas configuran la primera limitación que debemos aceptar en el trabajo experimental. Si hasta los diferentes ordenamientos cósmicos deben ajustarse a esas leyes, no es de extrañar que nuestros experimentos,

88 Ver también Grmek (1965, p.59-60).

que no son más que manipulaciones muy locales y restringidas de un orden cósmico ya dado, también deban hacerlo, tanto en el plano de la física y de la química, como en el plano de la fisiología.

Veremos más adelante, sin embargo, que ese ajuste de la morfología de los seres vivos actuales a la configuración efectiva del cosmos no era vista por Bernard como un obstáculo para aceptar ciertas hipótesis de carácter vago y limitadamente transformista; ni tampoco era vista, conforme ya lo apunté un poco más arriba, como un obstáculo para pensar en la posibilidad de que, aun sin cambiar esa configuración cósmica ya dada, pudiesen venir a surgir nuevas especies. Bernard pensaba que la manipulación de las “condiciones materiales determinadas que reglan la aparición de los fenómenos de la vida” podía producir nuevos seres vivos ajustados a las “leyes preestablecidas que reglan su orden y forma” (1878, p.63). Las mismas leyes morfológicas, rigiendo condiciones materiales inéditas, pero aun así compatibles con el orden cósmico vigente, darían lugar a formas también inéditas. Analizar ese aspecto de la cuestión, como lo haré a continuación, nos permitirá entender mejor el concepto de *ley morfológica* que equivale, y eso es central, al de *idea directriz*.

Posibilidad y límites de una embriología experimental

La fisiología experimental, tal y cómo Bernard efectivamente la ejerció, se limitó a ser una *ciencia del individuo adulto*⁸⁹. Como lo señaló Henri Bergson (1938, p.234), los hechos de los que se ocupó esa fisiología tenían “por teatro un organismo ya construido”, y quizá Félix Le Dantec (1910, p.225) no era del todo injusto cuando decía que, según Bernard, “la construcción de los organismos” era algo “independiente de su funcionamiento”. Con todo, y disintiendo en

89 Eso ya lo señalaron Félix Le Dantec (1910, p.240), June Goodfield (1987, p.138) y Alain Prochiantz (1990, p.27).

este punto de Alain Prochiantz (1990, p.113; 1991, p.12), yo no creo que eso permita decir que, para Bernard, la embriología apenas pudiese ser, necesaria e irreversiblemente, una ciencia de observación, a la cual la vía experimental le estuviese indefectiblemente vedada (*cf.* 1867, p.112; 1872, p.159). Sorprende que Prochiantz haya afirmado eso. Porque, como él mismo lo apunta (Prochiantz, 1990, p.120), y conforme vimos un poco más arriba, Bernard hasta llegó a pensar en la posibilidad de que, manipulando el desarrollo, se pudiesen producir nuevas formas vivas (*cf.* Pepin, 2012, p.75).

Más aún: Bernard consideraba que esas manipulaciones ya se realizaban, solo que ellas eran hechas de un modo puramente empírico: sin conocer las leyes a las que los procesos de morfogénesis estaban sometidos. Eso lo podemos ver en este pasaje de los *Principios de medicina experimental*:

Se hacen ya modificaciones, vegetales o animales, del punto de vista de la zootecnia o de la jardinería, pero hasta el presente se hacen empíricamente, como previamente lo hacían la metalurgia o la óptica empíricas antes de tener la ciencia. Pero la fisiología deberá actuar científicamente para operar todas las modificaciones y comprender qué es lo que ella hace; porque ella conocerá las leyes íntimas de la formación de los cuerpos orgánicos como el químico conoce las leyes íntimas de la formación de los minerales. Es, por lo tanto, en el conocimiento de la ley de la formación de los cuerpos organizados que reside toda la ciencia biológica experimental (1947, p.85).

Bernard consideraba, en efecto, que “contando con los artificios convenientes” era posible “modificar las condiciones en las cuales la vida se manifiesta de una manera tan profunda que eso resulte en seres nuevos” (1947, p.86). Es decir: Bernard creía que, manipulando las condiciones de manifestación de los fenómenos vitales, se podían producir desvíos en los procesos morfogénéticos que resultasen en formas, que aun estando ajustadas a las leyes morfológicas fuesen diferentes de aquellas que la naturaleza, por sí misma, había producido (*cf.* Prochiantz, 2016, p.81). Pero ese ajuste a las leyes morfológicas era para él algo crucial. Las formas resultantes de esas manipulacio-

nes jamás podrían ir en contra de ellas. Por el contrario, si esos seres hasta ahora nunca vistos llegaban un día a ser producidos, deberíamos entonces admitir que, aunque hasta ese momento “ellos no habían encontrado las condiciones de su manifestación”, estaban, sin embargo, de algún modo previstos “en las leyes inmutables de la creación” (1947, p.86).

Pero esa, me apuro a aclararlo, no era una idea que Bernard solo se haya permitido formular en un manuscrito que nunca llevó a la imprenta. La misma tesis aparece en el *Informe* (1867, p.113), y lo que allí escribe es idéntico a lo que se lee en este pasaje de *Sobre la fisiología general*:

Una simple célula animal o vegetal, que en ciertas circunstancias puede quedar indiferente, toma un desarrollo nuevo si cambiamos sus condiciones nutritivas. Modificando los medios interiores nutritivos y evolutivos, y tomando la materia organizada de alguna forma en el estado naciente, se puede esperar cambiar la dirección evolutiva, y por consecuencia su expresión orgánica final. Yo pienso, en una palabra, que podremos producir científicamente nuevas especies organizadas, de la misma manera en que creamos nuevas especies minerales; es decir: que nosotros haremos aparecer formas organizadas que existen virtualmente en las leyes organogénicas, pero que la naturaleza no ha realizado aún (1872, p.161).

Además, en esa misma obra, pero unas páginas antes, Bernard reitera las indicaciones ya dadas en el *Informe* (1867, p.111) sobre cómo él vislumbraba que esas posibles manipulaciones del desarrollo podían ser. Lo que Bernard dice al respecto es poco y vago, pero suficiente para refutar la afirmación de que, para él, no era posible una manipulación experimental de los procesos ontogenéticos:

Sin duda debemos creer que será posible cambiar la dirección de los fenómenos evolutivos dentro de ciertos límites [...], modificando los organismos durante la secreción ovárica o bien haciendo desarrollar los huevos en ciertos ambientes, y actuando sobre ellos por medio de fecundaciones artificiales ocurridas en condiciones nuevas. Nada

se opone, en efecto, a que los modificadores, actuando sobre el organismo en ciertas circunstancias, puedan provocar cambios capaces de constituir especies nuevas. Porque debemos concebir las especies como el resultado de una persistencia indefinida en sus condiciones de existencia y de nutrición, siguiendo una dirección orgánica anterior evolutiva, que les fue comunicada por sus ancestros (1872, p.158).

Ya en el final de su carrera, Bernard insiste sobre ese punto en las *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales*, y asevera que “existe virtualmente en la naturaleza un número infinito de formas vivientes que no conocemos”. Formas que “serían de alguna manera durmientes o expectantes” y que “aparecerían cuando sus condiciones de existencia viniesen a manifestarse” (1878, p.333)⁹⁰. “El fenómeno vital”, dice Bernard también en esa obra, “está preestablecido en su forma, no en su aparición” (1878, p.379). Esta dependerá de condiciones materiales contingentes pasibles de ser producidas, o impedidas, experimentalmente (1878, p.650-1). Pero las diferentes formas que puedan emerger en cada configuración efectiva de dichas condiciones materiales estarán predeterminadas por leyes inviolables. Es solo en ese sentido de “inviolabilidad” que puede decirse, como Pichot (1993, p.747) lo hace, que tales leyes están fuera del alcance de la experimentación: esta tiene que asumirlas como inmodificables. Tal como ocurre, por otra parte, con los “cuerpos nuevos que forman los químicos” (1878, p.334).

Los químicos tampoco “inventan” esos cuerpos; estos solo pueden ser producidos porque ya “eran virtualmente posibles en las leyes de la naturaleza” (1878, p.334). “El químico realiza artificialmente las condiciones de existencia o cósmicas de su existencia” (1878, p.334), y lo mismo podría hacer el fisiólogo con los seres organizados. En este sentido, la idea o ley preestablecida que rige la morfogénesis biológica parece tener un correlato inmediato en las leyes que re-

90 Ver Loison (2013, p.77).

gulan las configuraciones químicas; y la imposibilidad de modificar dicha legalidad vale tanto en un caso como en el otro. Pero, también tanto en un caso como en el otro, esa inviolabilidad de las leyes no redundaría en una imposibilidad de intervenir experimentalmente en los fenómenos que ellas regulan y predeterminan, y solo será por el recurso a esas intervenciones experimentales que la fisiología podrá llegar a tener un conocimiento riguroso de esas leyes morfológicas. La embriología experimental, podemos entonces decirlo, no podía quedar excluida del programa de Bernard, sobre todo porque esas leyes no solo regían el desarrollo. Dejarlas por siempre en la oscuridad redundaría en nunca llegar a entender la simple persistencia del organismo (1984[1865], p.143).

Es que, según Bernard (1878[1867], p.135-6) lo subrayó varias veces,

esa potencia creadora u organizadora no existe solo al inicio de la vida en el huevo, el embrión o el feto; ella continúa obrando en el adulto, presidiendo las manifestaciones de los fenómenos vitales, porque es ella la que mantiene por la nutrición y renovación incesante la materia y las propiedades de los elementos orgánicos de la máquina viviente.

“Las máquinas vivientes”, decía Bernard, “están construidas de manera tal que no solo pueden regenerarse por una creación orgánica especial, sino que también pueden mantenerse y repararse ellas mismas” (1867, p.214). Y la *idea directriz* del desarrollo también estaba implicada en esos procesos de regeneración, de mantenimiento y de reparación (1867, p.224). Por eso, asociar dicha idea con una fuerza vital efectivamente actuante, sería igual a negar toda esa impugnación del vitalismo que Bernard había considerado como uno de los presupuestos centrales de su programa de investigación. Ya no solo el desarrollo, sino prácticamente todas las funciones biológicas fundamentales estarían libradas a la intervención de un agente causal ajeno al orden de las causas próximas físico-químicas (*cf.* Chazaud, 1997, p.174). A continuación veremos, sin embargo, que la propia distinción entre la dimensión ejecutiva y la dimensión legislativa de

los fenómenos naturales aleja a Bernard de esa contradicción que André Pichot (1993, p.756-7) le imputó.

| 136 |

La fuerza de la ley

Como lo vimos en el capítulo 1, Bernard era muy consciente de las consecuencias que la admisión de una fuerza vital podía conllevar para su programa (cf. Bergson, 1938, p.234), y fue justamente por eso que él siempre se esforzó en mostrar que si él usaba eventualmente dicha expresión para designar esa *idea directriz* del desarrollo, era solo para remarcar la especificidad de los fenómenos a los que dicho principio ordenador daba lugar. “Si le damos el nombre de fuerza vital a esa potencia de organización y de nutrición de los cuerpos vivos”, decía él, “eso solo será para indicar, por esa expresión, que en esos cuerpos existen fenómenos de organización que no se dan en los cuerpos brutos” (1867, p.137). Pero, según también aclaraba, “convendría suplantarse las palabras ‘fuerza vital’, que tienen un sentido vago, por las palabras ‘fenómenos organotróficos’ o ‘nutritivos’, que tienen un sentido más preciso y designan especialmente a los fenómenos de organización” (1867, p.138). Es decir: Bernard no quiere desestimar la especificidad de los fenómenos de organización; no quiere negar que ese “ordenamiento vital preestablecido” (1878, p.51) es “el *quid proprium* del ser viviente” (1878, p.51). Pero así mismo él sabe que el reconocimiento del innegable carácter distintivo de tales fenómenos de organización también se puede confundir, como de hecho ocurrió, con una concesión al vitalismo; y, para evitar eso, también se apoya en la distinción *ejecutivo-legislativo*.

La observación, leemos en las *Lecciones*, “nos muestra un plan orgánico, pero no la intervención activa de un principio vital. La única fuerza vital que podríamos admitir sería una suerte de fuerza legislativa, pero nulamente ejecutiva” (1878, p.51). Una “fuerza”—la expresión es definitivamente infeliz— que define la forma y el orden de los fenómenos, pero que no los hace ocurrir. Una fuerza que hubiese sido mejor llamar “ley”, para así distinguirla de las causas próximas que establecen las condiciones de existencia de los fenó-

menos. Una ley que dice cómo las cosas deben ocurrir y que define las condiciones de existencia que hacen que ellas efectivamente ocurran. Esa es, por lo menos, la partición de atribuciones causales que Bernard parece establecer cuando dice que “la fuerza vital dirige fenómenos que ella no produce; y los agentes físicos producen fenómenos que ellos no dirigen” (1878, p.52). Por eso, “cuando el fisiólogo quiera conocer, provocar, los fenómenos de la vida, actuar sobre ellos, modificarlos, no será a la fuerza vital, entidad inasible, que él deberá dirigirse, sino a las condiciones físicas y químicas que acarrearán y comandan la manifestación vital” (1878, p.52). Es decir: “cual sea el asunto estudiado, el fisiólogo solo encuentra frente a sí agentes mecánicos, físicos y químicos” (1878, p.53), y por eso se vale de esos mismos agentes en sus manipulaciones experimentales (*cf.* Goodfield, 1983, p.122; Grmek, 1991a, 141).

No creo, sin embargo, que Mirko Grmek (1997, p.111) aclare mucho esta cuestión diciendo que la fuerza vital postulada por Bernard “no es una fuerza en el sentido habitual del término sino una idea directora: un poder legislativo”. Porque, al decir eso, se continúa reforzando el error que Bernard quería evitar con el propio recurso a la distinción entre lo legislativo y lo ejecutivo de todos los fenómenos naturales, y no solo de los fenómenos vitales. Grmek (1991b, p.130-1), aunque resalta el carácter no ejecutivo de la *idea directriz* del desarrollo postulada por Bernard, parece considerar que su carácter legislativo reviste, pese a todo, una cierta excepcionalidad; una condición que le sería privativa, cuando lo que habría que decir es que, para Bernard, las leyes de la morfología orgánica son propias de los seres vivos, del mismo modo en que las leyes de formas cristalinas son propias de los cristales. Y creo que Desiderio Papp ya había cometido un error semejante al de Grmek. Según él había dicho, la *idea directriz* de Bernard “es muy distinta de la clásica fuerza vital; no es, como esta un principio activo que interviene en los procesos vitales, sino un soporte abstracto de la regularidad, la constancia y la armonía del organismo” (Papp, 1968, p.27). Porque, si bien es cierto que las leyes morfológicas, biológicas, aludidas por Bernard bajo el equívoco rótulo de “*idea directriz*” eran responsables de esa regularidad, de esa constancia y de esa armonía propias de los seres vivos, también es

cierto que el propio Bernard ya había dicho que los “cuerpos químicos” no dejan de estar sometidos a leyes expectantes que también recortan el universo de los seres posibles.

Así, aunque lo afirmado por Papp y Grmek no sea definitivamente incorrecto, o literalmente erróneo, los dos omiten lo que es más importante decir: la *idea directriz* del desarrollo es un principio legislativo específico de los fenómenos vitales; pero lo es en el mismo sentido en que puede decirse que existen otros principios legislativos que son propios del campo de los fenómenos físicos y otros que lo son del campo de los fenómenos químicos y físicos. Allí también están en juego principios legislativos: allí también entran en juego leyes que establecen los límites y el orden de lo que debe ocurrir, pero que no hacen que las cosas efectivamente ocurran. Que algo ocurra o no ocurra, sea en el plano de los fenómenos físicos, químicos u orgánicos, depende siempre, en los tres casos, del hecho de que se cumplan, o no, las condiciones materiales, las condiciones iniciales para su ocurrencia, aunque lo que pueda venir a ocurrir siempre estará, en los tres casos, preestablecido y regulado por las leyes pertinentes.

Por eso, del mismo modo en que el principio de Arquímedes no puede hacer que el empuje ocurra si no se da el caso de que un cuerpo se encuentre dentro de un líquido, la *idea directriz* del desarrollo no puede hacer que un fenómeno ontogenético ocurra si no se dan las condiciones materiales que este requiera para ocurrir. No ver esa analogía, que ciertamente Bernard no supo subrayar y para colmo ocultó bajo metáforas vitalistas, conduce a seguir dándole una aura misteriosa, *drieschiana* podríamos decir, a la idea directriz postulada por él. En cambio, si no perdemos de vista que la polaridad legislativo-ejecutivo se cumple, conforme la entendía Bernard, en todos los planos de la naturaleza, esa aura de misterio, y de excepcionalidad, se desvanece. La *idea directriz* del desarrollo se muestra, así, como la simple expresión de una legalidad morfogenética, que aunque propia de los fenómenos biológicos, no por eso deja de cumplirse en virtud de los mismos medios y condiciones materiales que permiten el cumplimiento de las demás leyes naturales.

Tal como ocurre, podría incluso haber dicho Bernard, con las leyes morfogenéticas de los cristales: ellas son peculiares de ese tipo de cuerpos brutos, y claramente distintas de las que rigen la morfogénesis orgánica; pero no por eso los procesos de cristalización dejan de ejecutar el *plan* que los guía por medio de recursos que son de naturaleza puramente física. Y creo que se puede decir que, a ese respecto, la posición de Bernard no era diferente de la de Haeckel, uno de los pocos teóricos evolucionistas que, aparentemente, él había leído con alguna atención (Prochiantz, 1990, p.91; 1991, p.18). Bernard, me parece, habría suscrito este pasaje de la *Historia de la creación de los seres organizados según leyes naturales*:

La explicación general de la vida no es, pues, más difícil para nosotros que la de las propiedades físicas de los cuerpos inorgánicos. Todos los fenómenos vitales, todos los hechos de la evolución de los organismos dependen estrechamente de la constitución química y de las fuerzas de la materia orgánica, como los fenómenos vitales de los cristales inorgánicos; es decir, su crecimiento, sus formas específicas, dependen de su composición química y de su estado físico. Ciertamente, que en uno como en otro caso, las causas primeras nos están igualmente ocultas. Que el oro y el cobre se cristalicen en octaedros piramidales, el bismuto y el antimonio en exaedros, el yodo y el azufre en romboedros, todo esto no es para nosotros ni más ni menos misterioso que un fenómeno elemental cualquiera de la aparición de las formas orgánicas o que la formación espontánea de las células (Haeckel, 1947[1868], p.263-4).

Bernard reconocía, es cierto, que la conformación de los seres vivos entrañaba una particularidad adicional: ellos eran seres organizados; *teleonómicos*, podríamos decir. Pero, en lo que atañe a la propia distinción *causas próximas-causas primeras*, o *poder ejecutivo-poder legislativo*, para Bernard no existía diferencia entre los límites a los que debía atenerse nuestra explicación de las configuraciones fundamentales de la materia inorgánica y los límites a los que debía sujetarse la explica-

ción de las conformaciones de los seres vivos (*cf.* 1984[1865], p.123-4)⁹¹. Por eso tampoco sería correcto justificar el recurso de Bernard a esa *idea directriz* diciendo, como lo hizo Bergson (1938, p.233), que ella es solo invocada como “un principio de investigación”, es decir como una suerte de regla metodológica, o de máxima regulativa, que solo nos guiaría en la construcción de explicaciones causales del desarrollo. Ya vimos, cuando nos referimos al determinismo, que Bernard tenía conciencia de la importancia que dichas máximas podrían tener en el desarrollo de la investigación, pero no es ese, por lo visto, el papel que él le otorga a la *idea directriz* del desarrollo. Los principios legislativos, en general, no son reglas metodológicas: no son principios regulativos; son principios constitutivos; son las leyes que rigen la naturaleza.

Pero, lo que creo que las consideraciones precedentes también dejan claro es lo difícil que resulta aproximar esa *idea directriz* a la que alude Bernard, de algo semejante a aquello que, en el siglo xx, se dio en llamar “programa genético”. Ya aludí, en nota a pie de página, a algunos lectores que han sugerido esa aproximación, entre ellos Canguilhem; y es verdad que, hasta cierto punto, Bernard le atribuye a esa *idea directriz* funciones análogas a aquellas que, después, le fueron atribuidas al programa genético. Pero, desde el momento en que dicha idea es asimilada, o vinculada, con un “principio legislativo”, con una ley de la naturaleza, la diferencia entre esa noción y la de *programa genético* se torna evidente. Un programa genético es un conjunto particular y contingente de instrucciones que conducen al desarrollo por una senda posible entre varias otras. Las leyes morfogenéticas a las que alude Bernard, en cambio, son necesarias; tan necesarias, por lo menos, cuanto las leyes de la física o las leyes que presiden los procesos de cristalización. Y si ellas han dado lugar a distintas formas orgánicas, eso se debe a que los procesos de morfogénesis que ellas pautaron se iniciaron y trascurrieron en diferentes

91 Al respecto ver Goodfield (1987, p.387), Grmek (1991a, p.161) y Gendron (1992, p.19).

condiciones “cósmicas”. Condiciones estas que el experimentador, como vimos más arriba, puede manipular para así desviar el desarrollo en otras direcciones que, con todo, seguirán estando dentro del conjunto de posibilidades ya previstas por tales leyes.

Es precisamente esto último lo que mejor pone en evidencia el error que resultaría de considerar la *idea directriz* como una noción análoga, como una noción con funciones explicativas semejantes a la noción de *programa genético*. Piénsese en un organismo transgénico: lo que en este se ha alterado es justamente lo que Mayr, Jacob o Monod llamarían “su programa genético”. Algo que, para Bernard, en todo caso, estaría del lado de las condiciones materiales que posibilitan la ejecución del plan de desarrollo legislado por la *idea directriz*, y lo que él podría decir a ese respecto es que es justamente por su naturaleza material, físico-química, que tales instrucciones pueden ser manipuladas. Por eso los organismos transgénicos, no está demás decirlo, no contradicen las tesis de Bernard que aquí estamos discutiendo; y no las contradicen, insisto, porque su *idea directriz* legisladora de los procesos de desarrollo no es un factor ejecutivo material como sí podrían serlo las instrucciones, natural o experimentalmente modificables, que compondrían un programa genético.

Esto, sin embargo, es algo que nunca ha quedado en claro porque, como lo hizo Mazliak (2002, p.313), se tendió a identificar esa *idea directriz* con los factores hereditarios. De ese modo, se le acabó atribuyendo a Bernard la tesis de que tales factores, como supuestamente también ocurriría con el desarrollo, serían, conforme también lo dijo Grmek (1997, p.112), refractarios a las manipulaciones experimentales. Pero, en la siguiente sección veremos que eso no era así: Bernard suponía que las morfologías pautadas por las leyes morfogenéticas, y por las condiciones materiales en las que tales leyes actuaban, se transmitían hereditariamente (1878[1867], p.134); pero esa transmisión podía ser interferida, manipulada, dando lugar a modificaciones que tampoco irían en contra de los principios morfogenéticos generales. Y es la propia posibilidad de esa manipulación la que nos indica que, contrariamente a lo afirmado por Pichot (1993, p.709), la herencia era para Bernard un fenómeno tan del orden físico-químico como cualquier otro fenómeno fisiológico. O dicho de

otro modo: el descubrimiento de Watson y Crick, al igual que las ya referidas manipulaciones genéticas, no contradicen nada del programa de Bernard; por el contrario: lo ratifican.

La materialidad de la herencia

Sin ignorar resultados de Mendel, no demasiado impactantes en su momento (Bowler, 2001, p.412), puede decirse que en los años en que Bernard desarrolló sus trabajos experimentales, y sus reflexiones teórico-metodológicas, la herencia era un fenómeno muy mal comprendido, y apenas visualizado como un dominio específico de investigación (Jacob, 1973, p.233; Lorenzano, 2006, p.335). En torno suyo había aún mucho margen para especulaciones como las de Prosper Lucas (1847) o las del propio Darwin (1868); y su estudio todavía podía parecer más un asunto de horticultores (Piñero, 2001; Müller-Wille, 2003) y criadores (Wood, 2003)⁹², o de médicos higienistas (López Beltrán, 2004), que de *científicos de primera línea*. No cabe duda, por otra parte, de que los fenómenos de la herencia no formaron parte de los objetos a los que Bernard aplicó sus dotes de experimentador (Gayon, 1991, p.170). Pero análogamente a lo ocurrido con los procesos ontogenéticos, eso no quiere decir que Bernard no se haya referido a ellos (Gayon, 1991, p.170), y lo que él dijo al respecto es suficiente para ver que su confianza sobre los resultados que los estudios experimentales podían alcanzar en ese dominio también distaba de ser pequeña.

Aunque ignoró a Mendel (Prochiantz, 2016, p.82), tanto como Darwin lo había ignorado⁹³, y aunque posiblemente los trabajos de aquel monje le hubiesen parecido poco más que pasatiempos de un

92 Sobre la relación del propio Mendel con esta tradición de investigaciones, ver Lorenzano (2007, p.372).

93 Sobre el desconocimiento o de Darwin, de los trabajos de Mendel, ver Mayr (1992, p.121).

horticultor, y no genuinos experimentos fisiológicos, Bernard llegó a concebir la posibilidad y la necesidad de una ciencia experimental de la herencia; o de la “tradición orgánica”, que era la otra expresión que él usaba para referirse a ese orden de fenómenos (*cf.* 1867, p.111; 1872, p.158). Eso se patentiza en el siguiente pasaje de *Sobre la fisiología general* (1872), que además ya es un eco de un pasaje prácticamente idéntico del *Informe* (1867, p.110-1):

En el estado actual de cosas, vemos que la herencia, o la tradición orgánica, parece fijar las especies; es decir: que ella parece darle a los organismos vivientes un tipo de construcción fijo y previamente determinado. Sin embargo, hay muchas variedades en esos tipos que cotidianamente se producen ante nuestros ojos por la influencia de diversas condiciones físico-químicas ambientales que podemos estudiar. La observación nos enseña, en efecto, que por los modificadores de la nutrición se actúa sobre los organismos de diversas maneras, y se crean variedades individuales poseedoras de propiedades especiales y que, de alguna manera, constituyen seres nuevos (1872, p.157).

“Pero”, conforme Bernard lo aclara ahí mismo, “todo eso es puro empirismo” (1872, p.157); y para que ese empirismo devenga genuino conocimiento experimental, “es necesario que la ciencia fisiológica penetre” en esos fenómenos de variación, y en ellos “encuentre las leyes” que los regulan y que establecen “las condiciones de fijeza y de variabilidad de las especies” (1867, p.111). Por eso, cuando en las *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales* Bernard afirma que “la herencia no es un elemento que tengamos en nuestro poder y del cual seamos amos (*maîtres*) como lo somos de las condiciones físicas de las manifestaciones vitales” (1878, p.342), debemos entender que ahí él solo se refiere al estado de los conocimientos alcanzados hasta ese momento. En contra de lo dicho por Yvette Conry (1974, p.373), Bernard no está aludiendo a una situación que considere irremediable. Más aún, el hecho mismo de que la zootecnia haya llegado a producir esas variaciones le parece una prueba de que “se puede considerar la herencia como una condición experimental” (1878, p.342).

Nótese que digo “producir variaciones”: Bernard aceptaba, en efecto, la posibilidad de que se transmitiesen hereditariamente anomalías producidas en lo embriones (1872, p.158-9), y además de eso, conforme lo destaca Loison (2010, p.114), él también consideraba, como prácticamente todos los naturalistas y biólogos⁹⁴ lo hacían antes de Galton (1876) y Weismann (1990[1883])⁹⁵, que “el individuo viviente es todavía capaz de adquirir durante su vida, bajo la influencia de las condiciones cósmicas y de modificadores diversos, variadas aptitudes normales o mórbidas, que pueden después transmitirse por tradición orgánica, es decir por la herencia” (1872, p.159). Y ese modo de pensar, que se hace particularmente *evidente en el Informe* (1867, p.110-2), permite considerar que esas posiciones de Bernard alentaron y legitimaron el neolamarckismo experimental que se desarrolló en Francia durante las últimas dos décadas del siglo XIX, perdurando durante casi toda la primera mitad del siglo XX⁹⁶. Bernard pensaba que “la tradición orgánica o herencia no es otra cosa que la continuación o el recuerdo (*souvenir*) de estados anteriores atravesados por los organismos”; y eso lo llevaba a considerar como muy factible que “modificaciones nutritivas impresas a los organismos de una manera durable puedan sumarse a la tradición orgánica de los ancestros y transmitirse por herencia a los descendientes” (1867, p.216)⁹⁷.

94 Esto incluye a Aristóteles (1992, 585a: 30-35; 1996, 721b: 15-20).

95 Al respecto ver Mayr (1982, p.699) y Bowler (1985, p.72). En este sentido, Galton (1876) puede ser considerado como uno de los pocos antecesores de Weismann (*cf.* Pichot, 1999, p.89).

96 Esa influencia de Bernard en el persistente neolamarckismo francés ha sido observada por Conry (1974, p.369), Bowler (1985, p.129), Gayon (1991, p.171) y Loison (2010, p.115). Al respecto es digno de observarse que Charles Brown-Séguard, uno de los más ilustres seguidores del programa bernardiano en fisiología, haya protagonizado una polémica con Weismann, defendiendo la transmisión de los caracteres adquiridos que este último impugnaba (Martins, 2010).

97 Al respecto, ver Gayon (1991, p.173).

Más aún: Bernard llegaba incluso a aceptar “que esas modificaciones, si se las varía y multiplica, lleguen a hacer desaparecer o a debilitar la influencia del atavismo” (1867, p.216), y era ese mismo modo de pensar el que lo llevaba a considerar que era posible la fijación hereditaria de comportamientos aprendidos. “Ciertos pasos adquiridos por la educación”, leemos en el *Informe*, “pueden, en los caballos, fijarse y transmitirse por herencia”; y aunque “el perfeccionamiento intelectual” le parecía refractario a la transmisión hereditaria, Bernard (1867, p.216) se aproximaba a Morel (1857) al suponer que “enfermedades o degeneraciones intelectuales se propagan igualmente en ciertos casos por la generación” (*cf.* Gayon, 1991, p.174; 2013, p.123). No es tan claro, sin embargo, que Bernard haya suscrito tesis transformistas, porque una cosa es admitir la maleabilidad de la sustancia hereditaria, o la transmisión de los caracteres adquiridos, y otra cosa totalmente distinta es aceptar que no exista un límite para la acumulación de los cambios ocurridos en dicha sustancia.

Sobre lo primero, como acabo de decir, parecía no haber duda; pero sobre lo segundo los desacuerdos siempre fueron muchos. Diderot (1775[1782], p.138) y Lamarck (1802, p.45), por ejemplo, pensaban que esos cambios podían acumularse indefinida y casi ilimitadamente. Buffon (1766, p.368), en cambio, había sido más prudente (Caponi, 2010b, p.123-5): la degeneración podía producir un burro a partir de un caballo, pero nunca un mono americano a partir de un mono africano o asiático (*cf.* Buffon, 1766, p.369). Ya Cuvier (1798, p.9; 1992[1812], p.114), y seguidores suyos como Pierre Flourens (1861, p.31-2), aceptaban que esos factores pudiesen producir razas y variedades, pero sin transponer nunca los límites de la especie (Flourens, 1861, p.42-3), posición esta última que también encontramos en Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1859, p.430-9) y en Benedict Morel (1857, p.50-5). La teoría de la degeneración de este último (*cf.* Apert, 1920, p.260-2; Caponi, S., 2012, p.81-7) suponía la misma transmisión hereditaria de los efectos del clima, de la alimentación y del modo de vida supuesta por Buffon, o por el propio Cuvier, sin por eso suponer nada remotamente semejante a una teoría como la de Lamarck (*cf.* Morel, 1857, pp.42-8), valiendo lo mismo para la teoría de la aclimatación propuesta por Isidore Geoffroy Saint-Hilaire (1854).

Pero, aunque sea difícil de decidir cuál era la posición de Bernard a ese respecto, lo que sí queda claro es que, para él, la herencia era algo sujeto a toda suerte de influencias perturbadoras y modificadoras. El medio actuaba sobre ella, pudiendo desviarla, desdibujarla, e incluso enriquecerla con nuevos elementos a ser transmitidos, como puede ser el caso de los comportamientos aprendidos. Pero, si todo eso puede ocurrir, es porque esa *sustancia atávica* se inscribe en el mismo plano de realidad de las cosas materiales que el experimentador puede alcanzar en sus manipulaciones. Y esto implica dos cosas: una es que la herencia no está excluida de la esfera de aplicación del método experimental, y que si la fisiología experimental aún no había llegado hasta ahí, eso no implicaba que no pudiese hacerlo. Por el contrario, Bernard consideraba, como lo vimos más arriba, que la ciencia experimental debía penetrar en ese orden de fenómenos en el que, hasta ahora, solo había entrado el empirismo de la zootecnia. Pero la segunda cosa que los comentarios de Bernard sobre la herencia también nos indican es que ese recuerdo de los estados anteriores de los seres vivos que llamamos herencia no se inscribe en el orden de lo legislativo.

La herencia no es ley inmutable: es una fuerza ejecutora que transmite activamente la marca de las leyes morfológicas que sí son invariantes. Pero es justamente por eso que ella también puede ser interferida y modificada como cualquier otro aspecto material de los seres vivos. Por eso, aunque leídas después de 1961, las referencias de Bernard a la *idea directriz* del desarrollo nos parezcan una anticipación de la noción de *programa genético*, debemos resistirnos a confundirlas con cualquier cosa semejante a eso. Para Bernard la herencia transmitía el arreglo de las formas vivas a la *idea directriz*, la herencia transmitía el arreglo de las formas vivas a las leyes morfológicas, pero ese recuerdo efectivamente activo en cada proceso de desarrollo, pasible de modificación y capaz de producir modificaciones, nunca podía estar del lado de lo legislativo. No podía ser la propia *idea directriz*. Para Bernard, ese “recuerdo” pertenecía al mismo mundo en el que actuaban los instrumentos que el fisiólogo usaba en sus experimentos, y por eso el fisiólogo podía controlarlo y perturbarlo

para, así, hacerle revelar sus leyes y secretos. La herencia pertenecía al dominio de lo irritable.

El verdadero problema de Bernard

La pregunta que entonces tenemos que formularnos aquí es por qué Bernard remitió la explicación última de las formas orgánicas a leyes morfogenéticas generales. Y la pregunta procede, porque aunque haya quedado claro que el recurso a esas leyes morfológicas no redundaba en una exclusión del dominio de la fisiología experimental de los estudios sobre la herencia y el desarrollo, ni suponía un compromiso con el vitalismo, aun así no queda clara la razón de llevar tan lejos, tan fuera de nuestro alcance, la explicación última de por qué los seres vivos son como de hecho son. Bernard, como lo vimos, pretendía que la forma posible de todos los seres vivos efectivamente existentes, o capaces de venir a existir por la mediación de procesos experimentales, o hasta quizá naturales, ya estaba preestablecida en esas leyes generales de la forma; y él también suponía que solo era necesario que ciertas condiciones materiales se cumpliesen, por vía natural o experimental, para que esas formas pudiesen actualizarse.

Pero, aunque quedó claro que el relevamiento de las condiciones materiales responsables de la actualización de una morfología particular fuese asunto de la ciencia experimental, también quedó claro que, en dicha explicación, las leyes morfológicas debían ser aceptadas como un dato último y como un límite infranqueable para nuestro conocimiento (*cf.* Duchesneau, 2013, p.43). Esa es la claudicación de Claude Bernard que nos cuesta entender. ¿Por qué poner la morfogénesis de los seres vivos en el mismo plano de un fenómeno tan básico como puede serlo la morfogénesis de los cristales? Aunque esa condición de límite infranqueable también le tocara a las leyes de la física y la química, cuesta entender por qué razón Bernard se sintió impelido, u obligado, a postular un conjunto de leyes morfológicas que, a diferencia de las leyes de la física y la química, eran totalmente desconocidas y sobre cuya naturaleza él nada podía precisar o conjeturar. Hay ahí un salto al vacío, de carácter marcadamente especulati-

vo, cuyos motivos no están claros y que mal llega a legitimarse por el hecho de aproximar el estatuto de esas putativas leyes al estatuto de otras leyes ya conocidas. Evidentemente, y sin que ello vaya en contra de lo dicho hasta aquí, había algo en los seres vivos que Bernard consideraba muy difícil de explicar sin salirse de los límites de la ciencia experimental, y por eso él postuló un conjunto de leyes que, una vez descubiertas, nos rebelarían de tener que enfrentar ese desafío, según él, insuperable.

Ese elemento inexplicable, ya lo vimos, no era el desarrollo, y tampoco tenía que ver con los fenómenos hereditarios; y buscándolo por ahí, los comentaristas de la obra de Bernard nos hicieron mirar en la dirección equivocada. Lo que Bernard consideraba inexplicable era otra cosa: algo que Kant (*KU* §61) ya había decretado como fuera del alcance de la ciencia de la naturaleza. Aludo, precisamente, a la organización (*cf.* Pichot, 1993, 704-5), y no a la mera conformación o constitución de los seres vivos. Aludo, en suma, al ya referido ajuste funcional sus partes (*cf.* *KU* §66) y de sus procesos de morfogenéticos (*cf.* *KU* §65). Solo que en lugar de poner esa explicación definitivamente más allá del alcance de la ciencia natural, y en esto disiento con André Pichot (1993, p.709 y p.755), Bernard imaginó algo así como una salida intermedia o “negociada”: hacer depender esa organización de leyes tan fundamentales, y a su vez tan inexplicables, como las leyes más generales de la física (*cf.* Chazaud, 1997, p.176). Para Bernard, el *Newton de la brizna de hierba*⁹⁸, que Kant (*KU* §75) había reputado imposible⁹⁹, se daría a conocer cuando, por la acumulación y convergencia de múltiples resultados experimentales, pudiésemos llegar a una ley de la organización vital tan última, tan fundamental, pero también tan *inexplicable* como la ley de gravitación.

98 Sobre la posición de Kant a ese respecto, ver Ginsborg (2001, p.241), Rosas (2008, p.137) y Etxeberria & Nuño (2010, p.190).

99 Kant se equivocó: el *Newton de la brizna de hierba* acabó naciendo en la misma isla del Newton del Universo (*cf.* Caponi, 2012b), y terminó enterrado en la misma abadía. Los filósofos no deben hacer profecías.

Algunos vitalistas habían legitimado de una manera semejante el recurso que ellos hacían a la fuerza vital (*cf.* Lenoir, 1989, p.20; Duchesneau, 1999b, p.78), y, como también vimos, Bernard no dejó de hacer algo parecido. Pero, de un modo u otro, siempre intentó privilegiar el *recurso a la ley* por sobre el *recurso a la fuerza*. En ocasiones habló de la idea directriz del desarrollo como si fuera una fuerza vital; pero a la hora de introducir precisiones prefirió asimilarla a un principio legislativo. Eso era más acorde con ciertos principios del positivismo (Comte, 1838, p.39) que Bernard nunca dejó totalmente de lado (Grmek, 1997, p.42), y también más coherente con su crítica al vitalismo. Pero aquí, ya casi al final de nuestro recorrido, lo que más debe importarnos es la correcta identificación del problema que suscitó todas esas maniobras conceptuales y retóricas, no siempre demasiado felices, de Claude Bernard. Es decir: lo que debe quedar definitivamente claro es que su recurso a las leyes morfológicas estaba relacionado con el problema de la organización en el sentido preciso, si se quiere *kantiano*, que le he dado al término, y que es el mismo sentido que le dio Bergson (1938, p.233) cuando, refiriéndose a ese mismo aspecto del pensamiento de Bernard, dijo que “no es fisiólogo aquel que no tiene sentido de la organización; es decir: de esa coordinación especial de las partes al todo que es característica del fenómeno vital”.



Colofón

En el *Informe*, Bernard dice que las leyes de la organización “abarcan el conocimiento exacto de las condiciones bajo cuya influencia se cumple la evolución vital, y se crea y nutre la materia organizada” (1867, p.127-8). Pero el término “organización” siempre ha tenido una ambigüedad demasiado grande como para que esa cita resulte respaldo suficiente para mi tesis sobre el sentido y la función que Bernard le atribuía a las leyes morfológicas. Creo, por eso, que debo justificarla por otra vía, y a ese respecto me parece que lo primero que cabe observar es que, por lo menos en la *Introducción*, la problemática de la *idea directriz* aparece planteada en la misma sección en la que se discute la temática de la teleología intraorgánica, tema al que me referí en el capítulo II, en cuya última sección planteé el tema sobre el cual ahora estamos discutiendo: el hecho de que en los seres vivos las estructuras y actividades sean efectivamente funcionales. En su mayor parte, ellas están configuradas y articuladas para contribuir a la constitución y a la preservación del organismo. Si no fuese así, la indagación fisiológica fracasaría siempre, o muy a menudo, y eso no deja de plantear un problema: ¿qué es lo que le garantiza o le permite al fisiólogo que su perspectiva funcional o teleológica sea fértil y lo conduzca a descubrir conexiones causales efectivas entre la operación de los subsistemas estudiados y el funcionamiento total del organismo? ¿Qué es lo que le promete que en el laboratorio real-

mente lo esperen seres organizados que efectivamente se presten a sus análisis teleológicos o funcionales?

Tema, ese, que, como también ya vimos, siempre podía dar espacio para una fuga hacia la teología. Paul Janet (1877[1864], p.100) no dejó de ver esa oportunidad y no se privó de “distinguir [...] dos cosas: los fenómenos que se suceden en el ser vivo, y el mismo ser vivo. Según él decía, era indudable “que los fenómenos de la vida están sometidos en ciertos límites a las leyes de la física y de la química”, y el desarrollo de la fisiología experimental suponía y ratificaba ese hecho. Hasta ahí, y como en otros casos, Janet y Bernard no entraban en contradicción. Pero, según Janet (1877[1864], p.100), de ahí no se seguía “que la vida misma sea un hecho mecánico, físico o químico, porque siempre falta saber cómo todos esos fenómenos se combinan en conjunto de tal modo que constituyan un ser que vive; siempre existe la unidad central que coordina todos esos fenómenos en un acto único”. Ahí él veía, satisfecho, un límite que el materialismo no podía traspasar. Bernard, sin embargo, solo veía una dificultad sobre la que no tenía mucho para decir; y sin aceptar la salida teológica, ni entrever la darwiniana, escapó hacia esas ignotas leyes morfogenéticas.

Bernard no pudo hacer, y quizá no hubiese querido hacer, lo que dos célebres compatriotas y herederos intelectuales suyos, que fueron François Jacob y Jacques Monod, sí pudieron, supieron, y quisieron hacer ya pasado desde la publicación de la *Introducción al estudio de la medicina experimental*: admitir que los resultados de la biología funcional, por más que pudiesen llegar a la infraestructura material más básica de los fenómenos orgánicos, no por eso dejarían de suscitar preguntas que solo la teoría de la selección natural podía responder (*cf.* Caponi, 2001). Aunque cuenta de la infraestructura molecular de todos los fenómenos biológicos, la biología funcional seguía sin dar cuenta de la organización biológica; y para explicar esa organización, que Monod (1971, p.24) llamaba “teleonomía”, y yo vengo llamado “diseño”, era preciso recurrir a la teoría darwiniana. En gran medida, los libros *El azar y la necesidad* (Monod, 1971) y *La lógica de lo viviente* (Jacob, 1973) fueron escritos para mostrar esa necesaria complementación de la biología funcional por la biología evolucionaria (Caponi, 2000, p.68; 2006, p.15). Bernard, en cambio,

aunque vio el problema que Monod y Jacob se plantearon, no llegó a ver, no podía ver, por dónde debía llegar la solución. Esta recién estaba emergiendo cuando él sentaba las bases de ese primer capítulo de la biología funcional moderna que era la fisiología experimental, y esa solución no encajaba en sus ideales epistemológicos (*cf.* Caponi, 2000, p.71).

Volvemos, entonces, al tema con el que cerramos el capítulo II: en la biología contemporánea, esa cuestión en la que Bernard se extravió tiene una respuesta clara y reconocida: la selección natural es la que produce esos seres austeros, pero por lo mismo viables, en los que casi no hay estructuras superfluas y en los que casi todo tiene una función, fisiológica o autoecológica, a desempeñar. El fisiólogo, claro, puede hacer sus imputaciones funcionales con total independencia de esa teoría, y para justificarlas, él, al igual que el naturalista que trabaja en autoecología, solo deberá mostrar cómo la operación del supuesto ítem funcional contribuye causalmente a la realización del ciclo vital del organismo en análisis. Pero, si antes de entrar al laboratorio, ese fisiólogo se pregunta por el fundamento de su confianza en que allí realmente lo esperen seres organizados, en el sentido kantiano de la palabra, o si al irse se pregunta por qué no salió defraudado, la única respuesta que la ciencia contemporánea le permitirá darse es aquella que Darwin propuso en 1859. Se equivocaba, por eso, Paul Mazliak (2002, p.314), y como él muchos otros, cuando decía que el problema que le abrumaba a Claude Bernard fue resuelto por la biología molecular. En realidad ese problema fue resuelto por la teoría de la selección natural. Y la diferencia entre las dos cosas es importante.

Otra respuesta posible al problema de Bernard

Pero ya dije, y ya repetí, que Bernard mal conocía esa respuesta¹⁰⁰; y todo indica que, de haberla conocido un poco mejor, él tampoco

100 Al respecto ver Pi-Sunyer (1944, p.39), Toulmin & Goodfield (1962, p.336) y Prochiantz (1991, p.19; 2016, p.80).

se hubiese interesado mucho por ella (*cf.* Prochiantz, 1990, p.113). Para Bernard, Darwin no era un personaje muy distinto a Goethe, Oken, Carus y Geoffroy Saint-Hilaire (1984[1865], p.140), todos ellos simples *naturalistas* comprometidos con una ciencia de observación y que poco podían contribuir al progreso efectivo de la fisiología experimental (*cf.* Prochiantz, 1991, p.12). Es más: en 1876, él todavía podía decir que, en fisiología, no hacía gran diferencia ser “cuvierista o darwinista”: una y otra posición solo eran “dos formas diferentes de comprender la historia del pasado y el establecimiento del régimen presente” (1878, p.332); y “eso no puede proveer ningún medio para reglar el futuro” (1878, p.332), que era lo que al fisiólogo le competía hacer (1947, p.89). Pero, además de eso, y en lo que respecta al tema que ahora nos ocupa, lo cierto es que Bernard (1878, p.340-1) jamás hubiese aceptado que las inabarcables contingencias de las relaciones entre el viviente y su mundo circundante pudiesen ser, como Darwin lo pretendía (Caponi, 2011, p.152), el fundamento de esa teleología intraorgánica que el fisiólogo debía suponer como fundamento y norte de su trabajo (*cf.* Conry, 1974, p.374). Pero él tampoco podía aceptar la respuesta que Paul Janet proponía para la cuestión. Según este último decía en *Las causas finales*:

Las correlaciones orgánicas evidencian de manera notoria el principio al cual Kant remite la finalidad, a saber, la pregerminación de las partes por la idea del todo. Esta preordenación de las partes al todo, ese gobierno anticipado de las partes por el todo, y el acuerdo de ese mismo todo con ese fenómeno general que se llama vida, parece indicar que el todo no es un simple efecto, sino también una causa, y que las partes no habrían adoptado esa disposición si el todo no lo hubiese ordenado antes (Janet, 1882, p.68).

Para explicar por qué no podía aceptar esa tesis, en las *Lecciones sobre los fenómenos de la vida comunes a animales y vegetales*, Bernard –inmediatamente después de aludir a las leyes morfológicas (1878, p.335 n.1)– se refiere a la edición de 1876 de esa obra de Janet que ahora acabo de citar y puntualiza que

el papel actual de los órganos no es la causa que determinó su formación. Paul Janet ha presentado todos los argumentos para demostrar que las cosas están arregladas, armonizadas en vistas de un fin determinado. Nosotros estamos de acuerdo con él, porque sin esa armonía la vida sería imposible, pero esa no es una razón para que el fisiólogo procure la explicación de la morfología en causas finales actualmente activas (1878, p.335-6).

Aunque Janet destaca la misma teleología de las correlaciones orgánicas que Bernard considera centrales, este se recusa a aceptar que esa “*harmonie préétablie*”, a la que Janet (1882, p.57) también se refiere para hablar de la organización, pueda ser considerada como un principio ejecutivo; y es por esa misma razón que él tampoco hubiese aceptado la solución que Johannes Müller propuso para el problema del origen de la organización (*cf.* Waisse-Priven, 2009, p.113). Pero como Müller se enfrentó con esa cuestión de una forma muy clara y frontal, el examen de la solución que él propuso para ese problema en su *Manual de fisiología* (Müller, 1851) —una obra que ciertamente Bernard leyó— puede ayudarnos a aclarar y delimitar mejor las razones del recurso a las leyes morfológicas ensayado por Bernard. Pero insisto: el recurso a Müller aclara más la naturaleza del problema de Bernard que la naturaleza de la solución que él propuso para este.

Es que, aunque el lenguaje que Bernard y Müller usan para delimitar la cuestión es notablemente semejante, este último, pese a su pretendido kantismo (*cf.* Müller, 1851, p.16), propone una solución que parece apoyarse en una posición francamente vitalista (Albarra-cín, 1983b, p.91-2)¹⁰¹ que Bernard nunca hubiese estado dispuesto a asumir. “Los cuerpos organizados”, dice Müller (1851, p.16) en los prolegómenos de su ya referido manual,

101 Tiendo a pensar que considerar a Müller como un teleomecanicista, tal como Lenoir (1989, p.3), y otros después de él lo han hecho (*cf.* Waisse-Priven, 2009, p.117), puede inducirnos al error de negar ese compromiso con el vitalismo que, según digo, se insinúa en su obra.

[...] no difieren de los cuerpos inorgánicos únicamente por la manera en la cual se configuran los elementos que los constituyen; la actividad continua que se despliega en la materia orgánica viviente goza también de un poder creador ajustado a las leyes de un plan razonado, de armonía, porque las partes están dispuestas de suerte que ellas responden a un fin en vistas del cual el todo existe, y es eso precisamente lo que distingue al organismo.

Para Müller (1851, p.18), como podemos verlo, la “armonía preestablecida entre la organización y las facultades” que constamos en los seres vivos nos llevaría a aceptar que “la fuerza orgánica del todo, que es la condición de existencia de las partes, también posee la propiedad de producir, con la materia orgánica, los órganos necesarios al conjunto” (Müller, 1851, p.18); y la evidencia más clara de que él está entendiendo esa fuerza orgánica como si fuera un factor ejecutivo, y no legislativo como lo pretendía Bernard, está en su afirmación de que “la vida no es [...] una simple consecuencia de la armonía y de la acción recíproca de sus miembros”, sino que “ella comienza a manifestarse con una fuerza, o una sustancia imponderable, que actúa en la materia del germen” (Müller, 1851, p.25). Müller parecía no tener pruritos en postular un agente ajeno a las fuerzas físicas que fuese responsable de generar lo que él caracterizaba como la “armonía” o el “acoplamiento” funcional de las partes orgánicas (Müller, 1851, p.19), y por eso se permitía decir, taxativamente, y sin reticencias, que “la fuerza orgánica, la causa primera del ser orgánico, es una fuerza creadora que le imprime cambios armoniosos a la materia” (Müller, 1851, p.22). Müller, para decirlo de otro modo, retomaba a Blumenbach y anticipaba a Driesch.

Pero creo que, llegados a este punto, esa diferencia entre Müller y Bernard ya es una cuestión secundaria. Ahora, en estas páginas finales, lo que más me importa es señalar que ambos fisiólogos consideraron que la simple constatación de la teleología orgánica es insuficiente para establecer los fundamentos de la fisiología. Esta debería poder dar razón, en algún sentido, de la existencia de seres organizados. Es a eso que apunta Müller (1851, p.20) cuando dice que “la armonía entre los miembros, necesaria para constituir el todo,

no subsiste sin la influencia de una fuerza que actúa también sobre el todo, sin depender de ninguna de sus partes, y preexiste a estas últimas porque ellas solo son creadas, por la fuerza del germen, en el momento en que el embrión se desarrolla”. Y es a eso que apuntaba Bernard cuando decía que

hay algo así como un diseño vital que traza el plan de cada ser y de cada órgano, de manera que, si considerado aisladamente, cada fenómeno del organismo es tributario de las fuerzas generales de la naturaleza, si tomados en su sucesión y en su conjunto, ellos parecen revelar un nexo especial; ellos parecen dirigidos por alguna condición invisible en la ruta que ellos siguen, en el orden que los encadena (2016[1875], p.69)¹⁰².

La peculiaridad de la solución que Bernard insinúa para el problema del origen de la organización¹⁰³ está en que él procuró *dar razón* de esa organización, aunque quizá no explicarla, remitiéndola a “leyes preestablecidas que reglan los fenómenos en su sucesión, su concierto, su armonía”, y que deben distinguirse de las “las condiciones físico-químicas determinadas que son necesarias a la aparición de los fenómenos” (1878, p.66)¹⁰⁴. Bernard no apeló a nada semejante con un *impulso formador*, que es lo que Müller acabó haciendo, y tampoco recurrió a un artífice sobrenatural. Pero en lugar de procurar un proceso natural, efectivo, que fuese capaz de generar esa organización,

102 Una formulación prácticamente idéntica puede encontrarse en las *Lecciones* (1878, p.51).

103 Digo peculiar porque ella se distingue, quizá, de la formulada por Müller, pero sobre todo porque ella también se distingue de otras soluciones que fueron propuestas para esa cuestión, como la teológica o la darwiniana.

104 Formulaciones muy semejantes a esta también se pueden encontrar en varios pasajes de las *Lecciones*, incluso en el resumen final (1878, p.345). Y eso es una prueba más de la importancia que Bernard le daba a la cuestión y a la centralidad que él le adjudicaba a esas leyes de la forma.

tal como lo es la selección natural, prefirió remontarse a una legalidad que la preestablecía antes de que cualquier fenómeno orgánico pudiese ocurrir. Una legalidad que, dada las condiciones adecuadas, era capaz de pautar la producción de seres organizados, tan ciega y mecánicamente como las leyes de cristalización pautan la forma de los diamantes. Para Darwin el diseño orgánico resultaba de la propia historia de lo viviente (Caponi, 2012b, p.70); para Bernard la organización antecede a esa historia: era su condición de posibilidad.

Por otra parte, nótese que para Claude Bernard la organización no era un fenómeno improbable: las formas organizadas, según su punto de vista, ya estaban preinscritas, desde siempre, en las leyes de la naturaleza. Estas estaban virtualmente preñadas de formas organizadas prontas a actualizarse cuando se diesen las condiciones cósmicas que las hiciesen viables¹⁰⁵. Y cuando digo esto último me asalta una última duda: ¿se habría dado cuenta Claude Bernard de que sus tesis a ese respecto no dejaban de ser compatibles con teorías autogénicas sobre el origen de las especies? ¿Sería eso lo que explicaría su desinterés por el transformismo?¹⁰⁶ No creo que sean preguntas improcedentes, pero no tengo condiciones de responderlas. Prefiero, por eso, dejarlas de lado y cerrar estas páginas volviendo a una distinción a la que me referí en el capítulo 1. Aludo a aquella que Bernard establecía entre: [1] las leyes preestablecidas que rigen la forma y el orden interno de los seres orgánicos, y [2] las condiciones físico-químicas determinadas que son necesarias a la aparición de los

105 Esa es una idea que ya estaba en Buffon (*cf.* Caponi, 2010b, p.103).

106 Lo que Nikolaas Rupke (2010) llama “teorías autogénicas” pretendían explicar el origen de todas las formas de vida, y no solo de las más simples, por abruptos procesos independientes de generación espontánea. Procesos que, en general, se darían solo en condiciones muy particulares. Ejemplos claros de esas teorías las encontramos en Buffon (1788 [1778], p.27-8) y en Delamétherie (1805, p.162). Analicé el caso de Buffon en mi libro sobre él (Caponi, 2010b) y en mi artículo “La génesis de las especies según Jean Claude Delamétherie”; hice otro tanto con las teorías autogénicas de este otro naturalista francés (Caponi, 2014c).

fenómenos que en ellos ocurren. La retomo porque, para poder pasar a limpio todo lo aquí dicho, es preciso saber articular esa distinción con la polaridad ejecutivo-legislativo. Y lo que se debe entender es que no se trata de dos distinciones equivalentes.

Dos tipos de leyes

Las condiciones físico-químicas que determinan la aparición de los fenómenos, conforme ya lo vimos en el capítulo 1, obedecen a leyes. Y una parte de esas leyes, las que son las más fundamentales y generales, no dejan de inscribirse en esa esfera de lo legislativo a la que aludía Bernard. Piénsese, concretamente, en las leyes físicas y químicas más generales, tal es el caso del principio de Arquímedes. Esas leyes son el marco y el límite inmodificable de toda intervención experimental que podamos hacer sobre cualquier orden de fenómenos. No ocurre lo mismo, sin embargo, con aquellos invariantes o regularidades causales más locales, pero cruciales para el fisiólogo, que dependen de la configuración particular de cada organismo o de cada taxón. En cierto tipo de experimentos, estos invariantes locales tienen que ser aceptados como un límite; pero si modificamos la morfología de los seres con los que estamos trabajando, o producimos nuevos tipos de organismos, esas correlaciones habrán de modificarse. Eso nos indica que esas correlaciones particulares, o locales, pertenecen al orden de los efectos segundos y no al marco legal más general de toda la naturaleza. Dichas correlaciones segundas son los invariantes causales específicos de la fisiología. Invariantes locales que, en general, no aluden a propiedades físico-químicas, sino a propiedades vitales como la irritabilidad.

La modificabilidad de esos invariantes específicamente fisiológicos no deja de tener su análogo en lo que ocurre cuando cambiamos el diseño de una máquina alterando su forma de operar. Pensemos en un caso simple, pero fundamental, como puede serlo una palanca. La operación de un caso particular de palanca supone una correlación local que resulta de la conjunción de una ley general y una configuración particular de elementos. Si esa configuración se mantiene fija, la

correlación también se mantendrá fija: habrá una cierta relación constante, un invariante estable bajo intervenciones, tal que a cada valor de la fuerza aplicada podemos prever el momento de torsión resultante. Pero si la configuración se altera, pensemos en un alargamiento del brazo de palanca, la correlación también se altera, instalándose otro invariante válido para esa nueva disposición de partes. Lo que no cambiará es la ley general según la cual a mayor brazo de palanca, mayor el momento de torsión resultante de la aplicación de cualquier fuerza. Esta ley, para Bernard, se inscribiría en el orden de lo legislativo. Mientras tanto, la correlación entre fuerza aplicada y momento de torsión, que resulta de un largo particular del brazo de palanca, sería parte de la dimensión ejecutiva de la naturaleza. Ese invariante local y fácilmente revocable formaría parte de las condiciones materiales manipulables, condiciones que resultan de otras condiciones particulares anteriores y de las cuales resultarán, a su vez, otras condiciones particulares, siempre con arreglo a las leyes más generales.

Aún así, todas esas morfologías particulares, las de los organismos y las de las máquinas, cuya realización depende de que se den ciertas condiciones cósmicas particulares, o que dichas condiciones sean experimentalmente producidas en laboratorios o talleres, no dejarán de someterse a esas otras leyes que son las leyes morfológicas. Leyes que, por supuesto, también se inscriben en la dimensión legislativa de la naturaleza. Esto vale para los seres vivos, vale para las máquinas, vale para los cristales y vale para todo tipo de cuerpo bruto. Esas leyes definen todo lo que tiene condición de existir. Pero aquí no estoy pensando en la noción bernardiana de *condición de existencia*, que equivale a la de *causa próxima*, sino que estoy pensando en la noción que queda expresada por el “Principio de las condiciones de existencia” que Cuvier enunció en *El reino animal* (cf. Caponi, 2008, p.41).

Dicho principio, recordémoslo, rezaba así:

como nada puede existir si no reúne las condiciones que tornan su existencia posible, las diferentes partes de cada ser deben estar coordinadas de manera tal que posibiliten el ser total, no solamente en sí mismo, sino también en relación con aquellos seres que lo circundan (Cuvier, 1817, p.6).

Y su aplicación no se restringía a los seres vivos: todo lo que existe, organizado o bruto, tiene que estar compuesto de partes mutuamente compatibles, y compatibles con el orden cósmico general. Compatibilidad con el entorno, esta última que, en el caso de los seres vivos, supone la delicada integración funcional descrita en ese “Principio de la correlación de las partes” que Cuvier también enunció y Bernard, conforme vimos, no dejó de aceptar (cf. Caponi, 2008, p.42-3). Por eso, en el caso de los seres vivos y según Bernard lo suponía, las leyes morfológicas eran toda la explicación que debía darse de la organización. Ellas garantizaban que todo lo que viniese a existir tuviese condición de existir. No había por qué recurrir a un artífice supremo, ni tampoco era preciso complicarse con las imprevisibles y múltiples contingencias de la selección natural.

Refiriéndose a Cuvier, Cassirer (1948, p.165) decía que “las únicas relaciones” que este naturalista reconocía eran “las relaciones de la simultaneidad, no las de la sucesión”, y agregaba que “las leyes a que esas relaciones [de simultaneidad] nos llevan no son leyes del devenir, sino de la coexistencia”¹⁰⁷. Nosotros podemos retomar esa distinción y decir que en el orden legislativo de la naturaleza al que alude Bernard es dable establecer una partición entre leyes de la sucesión y leyes de simultaneidad. Las primeras son las que rigen el suceder y la ocurrencia, o aparición, de los fenómenos, y son leyes causales. Las segundas son leyes de coexistencia que definen la forma, la configuración, que habrán de tener los seres resultantes de los procesos causales pautados por las leyes de la sucesión. Pero como esas leyes de coexistencia no solo establecen la mutua compatibilidad entre las partes de un mismo sistema, sino también su compatibilidad, su capacidad de coexistir, con un orden cósmico determinado, entonces, en el caso de los seres vivos, ellas también garantizan

107 La distinción de Cassirer parece remitir a la diferencia entre la segunda analogía y la tercera analogía de la experiencia que Kant establece en su *Crítica de la razón pura*. La segunda analogía es el principio de la “sucesión temporal según ley de causalidad” [A232/B189], y la tercera analogía es la “ley de la acción recíproca” [A211/B256].

esa exigente integración y viabilidad organizacional que permite la vida y que ratifica la tozuda fe del fisiólogo. Aquí también Bernard termina pareciendo más “cuvierista” que “darwinista”, y cuando digo esto lo hago recordando que, en las *Lecciones* (1878 p.325), los cuatro tipos de organización propuestos por Cuvier (1817) y Von Baer (1853[1826-1828])¹⁰⁸ son presentados como manifestaciones de esas leyes morfológicas que establecerían la forma fundamental de todo animal posible.



108 Vertebrados, moluscos, articulados y zoofitos.

Referencias bibliográficas

- ALBARRACÍN TEULÓN, Agustín 1983a: La teoría celular, paradigma de la biología del siglo XIX. *Dynamis* 2: 241-262.
- ALBARRACÍN TEULÓN, Agustín 1983b: *La teoría celular: historia de un paradigma*. Madrid: Alianza.
- ALBARRACÍN TEULÓN, Agustín 2001: *Harvey*. Madrid: Nivola.
- ALQUIÉ, Ferdinand 2002[1934]: *La philosophie des sciences*. Paris: La Table Ronde.
- AMEGHINO, Florentino 1915[1884]: *Filogenia*. Buenos Aires: La Cultura Argentina.
- AMUNDSON, Ron & LAUDER, George 1998[1994]: Function without purpose: the uses of *causal role function* in Evolutionary Biology. In ALLEN Collin, BEKOFF, Marc; LAUDER, George (eds): *Nature's purpose: analysis of function and design in Biology*. Cambridge: MIT Press, pp.335-370.
- ANDRAULT, Raphaële 2013: Définir le vitalisme: les lectures de Claude Bernard. In DUCHESNEAU, François; KUPIEC, Jean; MORANGE, Michel (eds.): *Claude Bernard: la méthode de la Physiologie*. Paris: Éditions Rue d'Ulm, pp.133-152.
- APPEL, Toby 1987: *The Cuvier-Geoffroy debate*. Oxford: Oxford University Press.
- APERT, Eugène 1920: *L'Hérédité morbide*. Paris: Flammarion.

- ARISTÓTELES 1992: *Investigación sobre los animales*. Madrid: Gredos.
- ARISTÓTELES 1996: *La reproducción de los animales*. Madrid: Gredos.
- BACHELARD, Gaston 1973[1951]: La actualidad de la historia de las ciencias. In BACHELARD, Gaston: *El compromiso racionalista*. México: Siglo XXI, pp.129-142.
- BAKER, John 1938: The evolution of breeding seasons. In DE BEER, Gavin (ed.): *Evolution*. Oxford: Clarendon Press, pp.1-10.
- BALAN, Bernard 1979: *L'ordre et le temps*. Paris: Vrin.
- BELL, Charles 1837: *The hand: its mechanism and vital endowments as evincing design*. London: Pickering.
- BERGSON, Henri 1938: *La philosophie de Claude Bernard*. In BERGSON, Henri: *La pensée et le mouvant*. Paris: PUF, pp.229-238.
- BERNARD, Claude 1856: *François Magendie: Leçon d'ouverture du cours de Médecine du Collège de France*. Paris: Baillière.
- BERNARD, Claude 1865: Du progrès dans les sciences physiologiques. *Revue des Deux Mondes* 58 (35): 640-663.
- BERNARD, Claude 1866: *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*. Paris: Baillière.
- BERNARD, Claude 1867: *Rapport sur les progrès et la marche de la Physiologie Générale en France*. Paris: L'Imprimerie Impériale.
- BERNARD, Claude 1869: *Discours prononcé à sa réception à l'Académie Française le 27 Mai 1869*. Paris: Didier.
- BERNARD, Claude 1872: *De la Physiologie Générale*. Paris: Hachette.
- BERNARD, Claude 1875: *Leçons sur les anesthésiques et sur l'asphyxie*. Paris: Baillière.
- BERNARD, Claude 1878: *Leçons sur les Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris: Baillière.
- BERNARD, Claude 1878[1864]: Études physiologiques sur quelques poissons américains: le curare. In BERNARD, Claude: *La science expérimentale*. Paris: Baillière, pp.237-315.

- BERNARD, Claude 1878[1865]: Du progrès dans les sciences physiologiques. In BERNARD, Claude: *La science expérimental*. Paris: Baillièrè, pp.38-98.
- BERNARD, Claude 1878[1867]: Le problème de la Physiologie Générale. In BERNARD, Claude: *La science expérimental*. Paris: Baillièrè, pp.99-148.
- BERNARD, Claude 1878[1869]: Discours de réception à l'Académie Française. In BERNARD, Claude: *La science expérimental*. Paris: Baillièrè, pp.404-440.
- BERNARD, Claude 1878[1875]: Définition de la vie. En BERNARD, Claude: *La science expérimental*. Paris: Baillièrè, pp.149-212.
- BERNARD, Claude 1878[1876]: La sensibilité dans le règne animal et dans le règne végétal. In BERNARD, Claude: *La science expérimental*. Paris: Baillièrè, pp.218-236.
- BERNARD, Claude 1879: *Leçons de Physiologie Opératoire*. Paris: Baillièrè.
- BERNARD, Claude 1880: *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Madrid: Enrique Teodoro.
- BERNARD, Claude 1947: *Principes de médecine expérimentale*. Paris: PUF
- BERNARD, Claude 1965: *Cahier de notes 1850-1860* (edition intégrale du *Cahier rouge* présentée et commentée par Mirko Grmek). Paris: Gallimard.
- BERNARD, Claude 1984[1865]: *Introduction a l'étude de la médecine expérimentale*. Paris: Flammarion.
- BERNARD, Claude 2016[1875]: *Définition de la vie*. Paris: Villar Rose.
- BERT, Paul 1878: Claude Bernard. In BERNARD, Claude: *La science expérimental*. Paris: Baillièrè, pp.15-35.
- BERTALANFFY, Ludwig 1974: *Robots, hombres y mentes*. Madrid: Guadarrama.
- BICHAT, Xavier 1994[1798]: Discours sur l'étude de la Physiologie. In BICHAT, Xavier: *Recherches physiologiques sur la vie et la mort [1o partie] et autres textes*. Paris: Flammarion, pp.285-300.

- BICHAT, Xavier 1994[1800]: *Recherches physiologiques sur la vie et la mort [1o partie]*. In BICHAT, Xavier: *Recherches physiologiques sur la vie et la mort [1o partie] et autres textes*. Paris: Flammarion 1994, pp.55-209.
- BICHAT, Xavier 1994[1801]: *Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine* (prefáce et considérations générales). In BICHAT, Xavier: *Recherches physiologiques sur la vie et la mort [1o partie] et autres textes*. Paris: Flammarion 1994, pp.211-284.
- BLANCO, Daniel 2008: La naturaleza de las adaptaciones en la teología natural británica: análisis historiográfico y consecuencias metateóricas. *Ludus Vitalis* 16: 3-26.
- BLUMENBACH, Johann 1817[1810]: *The institutions of Physiology*. London: Cox & Son.
- BOGNON-KÜSS, Cécilia 2012: Le vitalisme est-il un indéterminisme? *Matière première* 2: 413-422
- BORDIER, Henry 1902: *Précis de manipulations de Physique Biologique*. Paris: Doin.
- BOUTROUX, Émile 1949[1893]: *De l'idée de loi naturelle dans la science et la philosophie contemporaines* [Cours professé à la Sorbonne en 1892-1893]. Paris: Vrin.
- BOWLER, Peter 1985: *El eclipse del darwinismo*. Barcelona: Labor.
- BOWLER, Peter 1996: *Life's splendid drama*. Chicago: University of Chicago Press.
- BOWLER, Peter 2001: La contribución de Mendel. In BARAHONA, Ana; SUÁREZ, Edna; MARTÍNEZ, Sergio (eds.): *Filosofía e historia de la biología*. México: UNAM, pp.399-416.
- BROWN, Harold 1983: *La Nueva filosofía de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- BUFFON, Georges 1749: *Histoire Naturelle Générale et Particulière*, Tome 2. Paris: L'Imprimerie Royale.
- BUFFON, Georges 1766: *Histoire Naturelle Générale et Particulière*, Tome 14. Paris: L'Imprimerie Royale.
- BUFFON, Georges 1988[1778]: *Les époques de la nature*. Paris: Mémoires du Muséum National d'Histoire Naturelle.
- BURTT, Edwin 1960: *Los fundamentos metafísicos de la ciencia moderna*. Buenos Aires: Sudamericana.

- CANGUILHEM, Georges 1965: *La Connaissance de la Vie*. Paris: Vrin.
- CANGUILHEM, Georges 1961a: La physiologie en Allemagne. In TATON, René (ed.): *La science contemporaine*, Tome 1. Paris: PUF, pp.475-480.
- CANGUILHEM, Georges 1961b: Technique et problèmes de la physiologie au XIX siècle. In TATON, René (ed.): *La science contemporaine*, Tome 1. Paris: PUF, pp.480-484.
- CANGUILHEM, Georges 1966: Préface a BERNARD, Claude: *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris: Vrin, pp.7-14.
- CANGUILHEM, Georges 1972: *Le normal et le pathologique*. Paris: PUF.
- CANGUILHEM, Georges 1988: *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*. Paris: Vrin, pp.81-97.
- CANGUILHEM, Georges 1983a: Théorie et technique de l'expérimentation chez Claude Bernard. In CANGUILHEM, Georges: *Études d'Histoire et de Philosophie des Sciences*. Paris: Vrin, pp.143-155.
- CANGUILHEM, Georges 1983b: L'idée de médecine expérimentale selon Claude Bernard. In CANGUILHEM, Georges: *Études d'Histoire et de Philosophie des Sciences*. Paris: Vrin, pp.127-141.
- CANGUILHEM, Georges 2015[1957]: Claude Bernard. In LIMOGES, Camille (ed.): *Georges Canguilhem: résistance, philosophie biologique et histoire des sciences 1940-1965 (Œuvres complètes Tome IV)*. Paris: Vrin, pp.757-764.
- CAPONI, Gustavo 2000: Cómo y porqué de lo viviente. *Ludus Vitalis* 8 (14): 67-102.
- CAPONI, Gustavo 2001: Biología funcional vs. biología evolutiva. *Episteme* 12: 23-46.
- CAPONI, Gustavo 2006: Prefácio à sexta edição de MONOD, Jacques: *O acaso e a necessidade*. Petrópolis: Vozes, pp.11-18.
- CAPONI, Gustavo 2007: La amplia agenda de la filosofía de la ciencia. *Filosofía Unisinos* 8(2):75-82.

- CAPONI, Gustavo 2008: *Georges Cuvier: un fisiólogo de museo*. México: UNAM.
- CAPONI, Gustavo 2010a: Análisis funcionales y explicaciones seccionales en biología: una crítica de la concepción etiológica del concepto de función. *Ideas & Valores* 143: 51-72.
- CAPONI, Gustavo 2010b: *Buffon*. México: UNAM.
- CAPONI, Gustavo 2011: *La segunda agenda darwiniana*. México: Centro Lombardo Toledano.
- CAPONI, Gustavo 2012a: *Função e desenho na biologia contemporânea*. São Paulo: Editora 34.
- CAPONI, Gustavo 2012b: ¿Fue Darwin el Newton de la brizna de hierba? *Principia* 16(1): 53-79.
- CAPONI, Gustavo 2013a: La función de los estudios epistemológicos en un sistema de ciencia y tecnología. *Ludus Vitalis* 21(39):257-261.
- CAPONI, Gustavo 2013b: El concepto de presión selectiva y la dicotomía próximo-remoto. *Aurora* 25(36): 197-216.
- CAPONI, Gustavo 2013c: Teleología naturalizada: los conceptos de función, aptitud y adaptación en la teoría de la selección natural. *Theoria* 76: 97-114.
- CAPONI, Gustavo 2014a: *Leyes sin causa y causas sin ley en la explicación biológica*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- CAPONI, Gustavo 2014b: Contribución a una historia de la distinción próximo-remoto. *Revista Brasileira de História da Ciência* 7(1): 16-31.
- CAPONI, Gustavo 2014c: La génesis de las especies según Jean Claude Delamétherie. *Llul* 37(49): 13-38.
- CAPONI, Gustavo 2017: *El darwinismo de Ameghino: una lectura de filogenia*. Florianópolis: NEL-UFSC.
- CAPONI, Sandra 2012: *Loucos e degenerados*. Rio de Janeiro: Fio-cruz.
- CASSIRER, Ernst 1948: *El problema del conocimiento*, Tomo 4. México: Fondo de Cultura Económica.
- CASSIRER, Ernst 1967[1918]: *Kant: vida y doctrina*. México: Fondo de Cultura Económica.

- CAULLERY, Maurice 1961: La physiologie en France. In TATON, René (ed.): *La science contemporaine*, Tomo 1. Paris: PUF, pp.469-474.
- CHAZAUD, Jacques 1997: Claude Bernard et les tribulations de Sophie. In CHAZAUD, Jacques (ed.): *Médecine des philosophes et philosophie médicale*. Paris: L'Harmattan, pp.165-191.
- CHURCHILL, Frederick 1973: Chabry, Roux, and the experimental method in Nineteenth-Century Embryology. In GIERE, Ronald & WESTFALL, Richard (eds.): *Foundations of scientific method: the Nineteenth Century*, Bloomington: Indiana University Press, pp. 161-205.
- COLEMAN, William 1964: *Georges Cuvier: zoologist*. Cambridge: Harvard University Press.
- COLEMAN, William 1985: *La biología en el siglo XIX*. México: Fondo de Cultura Económica.
- COLLINGWOOD, Robin 1940: *An essay on Metaphysics*. Oxford: Oxford at the Clarendon Press.
- COMTE, Auguste 1838: *Cours de Philosophie Positive*, Tome 3. Paris: Bachelier.
- COMTE, Auguste 1907[1842]: *Cours de Philosophie Positive*, Tome 6. Paris: Schleicher.
- COMTE, Auguste 1912[1854]: *Système de Politique Positive*, Tome 2. Paris: Crès & Cie.
- CONRY, Yvette 1974: *L'Introduction du darwinisme en France au XIX siècle*. Paris: Vrin.
- CUMMINS, Richard 1975: Functional analysis. *The Journal of Philosophy* 20: 741-765.
- CUVIER, Georges 1798: *Tableau élémentaire de l'Histoire Naturelle des Animaux*. Paris: Baudouin.
- CUVIER, Georges 1805: *Leçons d'Anatomie Comparée*, Tome 1. Paris : Baudouin.
- CUVIER, Georges 1810: *Rapport Historique sur les progrès des Sciences Naturelles depuis 1789, et sur leur état actuel*. Paris: L'Imprimerie Impériale.
- CUVIER, Georges 1817: *Le règne animal*, Tome 1. Paris: Deterville.
- CUVIER, Georges 1992[1812]: *Recherches sur les ossements fossiles de quadrupède: discours préliminaire*. Paris: Flammarion.

- DAGONET, François 1984: Chronologie et préface de BERNARD, Claude 1984[1865]: *Introduction a l'étude de la Médecine Expérimentale*. Paris: Flammarion, pp.5-21.
- DARWIN, Charles 1859: *On the origin of species*. London: Murray.
- DARWIN, Charles 1868: *The variation of animals and plants under domestication* (2 Vols.). London: Murray.
- DASTRE, Albert 1906: *La vida y la muerte*. Madrid: Gutenberg.
- DAUDIN, Henri 1927: *Cuvier et Lamarck: les classes zoologiques et l'idée de série animale*, Tome 2. Paris: Alcan.
- DAVIES, Paul 2001: *Norms of nature: naturalism and the nature of function*. Cambridge: MIT Press.
- DE LOISY, Karen 2016: Biographie de Claude Bernard. In BERNARD, Claude: *Définition de la vie*. Paris: Villar Rose, pp.105-108.
- DEBRU, Claude 1979: Claude Bernard et l'idée d'une chimie biologique. *Revue d'Histoire des Sciences et de leurs applications* 32 (2): 143-162.
- DEBRU, Claude 1991: L'art du physiologiste et l'interprétation des faits. In MICHEL, Jacques (ed.): *La nécessité de Claude Bernard*. Paris: Méridiens Klincksieck, pp.21-35.
- DELAMETHERIE, Jean 1805: *De la nature des êtres existants*. Paris: Courcier.
- DELOUYA, Daniel 1994: A Filosofia da Biologia à luz da Biologia Molecular: resolveu-se o mistério? *Cadernos de História e Filosofia da Ciência* [S.3]4(1): 51-59.
- DELSOL, Michel & PERRIN, Louis 2000: *Médecine et Biologie: quelle logique?* Paris: Masson.
- DELSOL, Michel 1989: *Cause, Loi, Hasard en Biologie*. Paris: Vrin.
- DIAMOND, Jared 1998: Evolution of biological safety factor: a cost/benefit analysis. In WEIBEL, Ewald; TAYLOR, Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of Animal Design: The Optimization and Symmorphosis Debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.21-27.
- DIDEROT, Denis 1875[1782]: *Le rêve de d'Alembert*. In ASSEZAT, Jules (ed.). *Œuvres complètes de Diderot*, Tome II. Paris: Garnier, pp.112-181.

- DIDON, Henri 1878: *Claude Bernard*. Paris: Pougin.
- DÍEZ, José 2002: Explicación, unificación y subsunción. In GONZÁLEZ, Wenceslao (ed.): *Diversidad de la explicación científica*. Barcelona: Ariel, pp.73-93.
- DRIESCH, Hans 1908: *The science and philosophy of organism*. London: Black.
- DUCHESNEAU, François 1997: *Philosophie de la biologie*. Paris: PUF.
- DUCHESNEAU, François 1999a: La structure normale et pathologique du vivant. In GRMEK, Mirko (ed.): *Histoire de la pensée médicale en Occident*, Tome 3. Paris: Seuil, pp.29-58.
- DUCHESNEAU, François 1999b: Force essentielle et force formative: les modèles de l'épigenèse. In FELTZ, Bernard; CROMMELINK, Marc; GOUJON, Pierre (eds.): *Auto-organisation et émergence des sciences de la vie*. Bruxelles: Ousia, pp.66-88.
- DUCHESNEAU, François 2011: Blumenbach et la théorie des forces vitales. In NOUVEL, Pascal (ed.): *Repenser le vitalisme*. Paris: PUF, pp.73-88.
- DUCHESNEAU, François 2013: Théorie cellulaire et synthèse morphologique. In DUCHESNEAU, François; KUPIEC, Jean; MORANGE, Michel (eds.): *Claude Bernard: la méthode de la Physiologie*. Paris: Éditions Rue d'Ulm, pp.33-48.
- DUMAS, Jean-Baptiste 1878: Discours prononcé aux funérailles de Claude Bernard, le 16 Février 1878. In BERNARD, Claude: *La science expérimentale*. Paris: Ballière, pp.5-14.
- DUPONT, Jean & SCHMITT, Stephane 2004: *Du Feuillet au gène*. Paris: Editions Rue d'Ulm.
- DURIS, Pascal & GOHAU, Gabriel 1997: *Histoire des sciences de la vie*. Paris: Nathan.
- ESPINA y CAPO, Antonio 1880: Prólogo a BERNARD, Claude: *Introducción al estudio de la medicina experimental*. Madrid: Enrique Teodoro, pp.9-10.
- ETXEBERRIA, Arantza & NUÑO, Laura 2010: ¿Fue Darwin el Newton de la brizna de hierba? *Endoxa* 24: 185-216.
- FEDER, Martin 1998: Testing the evolutionary origin and maintenance of symmorphosis. In WEIBEL, Ewald; TAYLOR,

- Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of animal design: the optimization and symmorphosis debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.48-55.
- FICHANT, Michel 1971: Idea de una historia de las ciencias. *En* FICHANT, Michel & PÉCHEUX, Michel: *Sobre la historia de las ciencias*. México: Siglo XXI, pp.51-126.
- FLOURENS, Pierre 1838: Éloge de Cuvier. *Mémoires de L'Académie Royale des Sciences de L'Institut de France* 14: i-lxviii.
- FLOURENS, Pierre 1861: *Ontologie Naturelle*. Paris: Garnier.
- FOX-KELLER, Evelyn 2000: *The century of the gene*. Cambridge: Harvard University Press.
- GAILL, Françoise 1987: Organisme. *In* STENGERS, Isabelle: *D'une science à l'autre: des concepts nomades*. Paris: Seuil, pp.244-265.
- GALTON, Francis 1876: A theory of heredity. *Journal of the Anthropological Institute* 5: 329-348.
- GARLAND, Theodore 1998: Conceptual and methodological issues in testing the predictions of symmorphosis. *In* WEIBEL, Ewald; TAYLOR, Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of animal design: the optimization and symmorphosis debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.40-47.
- GAYON, Jean 1991: Un objet singulier dans la philosophie biologique Bernardienne: l'hérédité. *In* MICHEL, Jacques (ed.): *La nécessité de Claude Bernard*. Paris: Meridiens-Klincksiek, pp. 169-182.
- GAYON, Jean 1996: Les réflexions méthodologiques de Claude Bernard. *Bulletin d'Histoire et d'Épistémologie des Sciences de la Vie* 3(1): 145-161.
- GAYON, Jean 1999: Évolutionnisme. *In* LECOURT, Dominique (ed.): *Dictionnaire d'Histoire et Philosophie des Sciences*. Paris: PUF, pp. 387-96.
- GAYON, Jean 2007: Où s'arrête la régression fonctionnelle en Biologie. *In* MARTIN, Thierry (ed.): *Le tout et les parties dans les systèmes naturelles*. Paris: Vuibert, pp.67-74.
- GAYON, Jean 2010: Raisonement fonctionnel et niveaux d'organisation en Biologie. *In* GAYON, Jean & RICQLÈS, Armand

- (eds.): *Les fonctions: des organismes aux artefacts*. Paris: PUF, pp.125-138.
- GAYON, Jean 2013: Claude Bernard et l'hérédité. In DUCHESNEAU, François; KUPIEC, Jean; MORANGE, Michel (eds.): *Claude Bernard: la méthode de la Physiologie*. Paris: Éditions Rue d'Ulm, pp.115-132.
- GENDRON, Pierre 1992: *Rationalité d'une méthode*. Paris: Vrin.
- GEOFFROY SAINT-HILAIRE, Isidore 1854: *Domestication et naturalisation des animaux utiles*. Paris: Dusacq, 1854.
- GEOFFROY SAINT-HILAIRE, Isidore, 1859. *Histoire Naturelle Générale des Règnes Organiques*, Tome II. Paris: Masson.
- GINSBORG, Hannah 2001: Kant on understanding organism as natural purposes. In Watkins, Eric (ed.): *Kant and the sciences*. Oxford: Oxford University Press, pp.231-258.
- GOLDSTEIN, Kurt 1951: *La structure de l'organisme*. Paris: Gallimard.
- GOODFIELD, June 1983: Estrategias cambiantes; comparación de actitudes reduccionistas en la investigación médica y biológica en los siglos XIX y XX. En AYALA, Francisco & DOBZHANSKY, Theodosius (eds.): *Estudios sobre la filosofía de la biología*. Barcelona: Ariel, pp.98-126.
- GOODFIELD, June 1987: *El desarrollo de la fisiología científica*. México: UNAM.
- GORDON, Malcon 1998: Evolution of optimal systems. In WEIBEL, Ewald; TAYLOR, Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of animal design: the optimization and symmorphosis debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.37-39.
- GOULD, Stephen 1977: *Ontogeny and Phylogeny*. Cambridge: Harvard University Press.
- GOULD, Stephen & VRBA, Elisabeth 1998[1982]: Exaptation: a missing term in the science of form. In ALLEN, Collin; BEKOFF, Mark; LAUDER, George (eds.): *Nature's purpose: analysis of function and design in Biology*. Cambridge: MIT Press, pp.519-540.
- GRMEK, Mirko 1965: Commentaires a BERNARD, Claude 1965: *Cahier de notes: 1850-1860*. Paris: Gallimard, pp.203-295.

- GRMEK, Mirko 1990: *La première révolution biologique*. Paris: Payot.
- GRMEK, Mirko 1991a: *Claude Bernard et la méthode expérimentale*. Paris: Payot.
- GRMEK, Mirko 1991b: Claude Bernard entre le matérialisme et le vitalisme. In MICHEL, J. (ed.): *La nécessité de Claude Bernard*. Paris: Méridiens Klincksieck, pp.117-139.
- GRMEK, Mirko 1997: *Le legs de Claude Bernard*. Paris: Fayard.
- GRMEK, Mirko 1999: Le concept de *maladie*. In GRMEK, Mirko (ed.): *Histoire de la pensée médicale en Occident*, Tome 3. Paris: Seuil, pp. 147-168.
- GROSS, Charles 1998: Claude Bernard and the constancy of the internal environment. *The Neuroscientist* 4(5): 380-385.
- GUILLAUMIN, Godfrey 2009: *Raíces metodológicas de la teoría de la evolución de Charles Darwin*. Barcelona: Anthropos.
- GUILLO, Dominique 2003: *Les figures de l'organisation*. Paris: PUF.
- HAECKEL, Ernst 1947[1868]: *Historia de la creación de los seres organizados según leyes naturales*. Buenos Aires: Americana.
- HALPERN, Bernard 1966: Concepts philosophiques de Claude Bernard d'après l'Introduction a l'Étude de la Médecine Expérimentale. *Revue d'Histoire des Sciences et de leurs applications* 19(2): 97-114.
- HARTMANN, Max 1960[1947]: *Introducción a la biología general: sus problemas filosóficos generales*. México: UTHEA.
- HARVEY, William 1970[1628]: *De motu cordis*. Buenos Aires: Eudeba.
- HEMPEL, Carl 1979[1942]: La función de las leyes generales de la historia. En HEMPEL, Carl: *La explicación científica*. Buenos Aires: Paidós, pp.233-246.
- HERSCHELL, John 1846: *Preliminary Discourse on the Study of Natural Philosophy*. London: Parker.
- HODGE, Johnathan 1977: The structure and strategy of Darwin's "long argument". *British Journal for the History of Science* 10(3): 237-246.
- HODGE, Johnathan 1987: Natural selection as a causal, empirical and probabilistic theory. In KRUGER, Lorenz; GIGE-

- RENZER, Gerd; MORGAN, Mary (ds.): The probabilistic revolution, Vol. 2. Cambridge: Cambridge University Press, pp.233-270.
- HODGE, Johnathan 1991: Discussion note: Darwin, Whewell, and natural selection. *Biology & Philosophy* 6:457-460.
- HODGE, Johnathan 1992: Darwin's argument in the Origin. *Philosophy of Science* 59(3): 461-464.
- HODGE, Johnathan 2000: Knowing about evolution: Darwin and his theory of natural selection. In CREATH, Richard & MAIENSCHEIN, Jane (eds.): *Biology and Epistemology*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.27-47.
- HOLMES, Frederic 1974: *Claude Bernard and animal chemistry*. Cambridge: Harvard University Press.
- HOLMES, Frederic 1991: La signification du concept de milieu intérieur. In MICHEL, Jacques (ed.): *La nécessité de Claude Bernard*. Paris: Méridiens Klincksieck, pp.53-65.
- HOLMES, Frederic 1999: La physiologie et la médecine expérimentale. In GRMEK, Mirko (ed.): *Histoire de la pensée médicale en Occident*, Tome 3. Paris: Seuil, pp.59-98.
- HOUSSAY, Bernardo 1941: Claude Bernard y el método experimental. *Revista de la Universidad Nacional de Córdoba*, 28 (9-10): 1282-1295.
- HULL, David 1973: Charles Darwin and nineteenth-century philosophies of sciences. In GIERE, Ronald & WESTFALL, Richard (eds.): *Foundations of scientific method: the Nineteenth Century*, Bloomington: Indiana University Press, pp.115-132.
- HULL, David 1979: *The Darwinian revolution*. Chicago: Chicago University Press.
- HULL, David 2000: Why did Darwin fail? The role of John Stuart Mill. In CREATH, Richard & MAIENSCHEIN, Jane (eds.): *Biology and Epistemology*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.48-63.
- HULL, David 2003: Darwin's science and Victorian Philosophy of Science. In HODGE, Jonathan & RADICK, Gregory (eds.): *Companion to Darwin*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.168-191.

- HUNEMAN, Philippe 1998: *Bichat, la vie et la mort*. Paris: PUF.
- HUNEMAN, Philippe 2011: Vie, vitalisme et émergence. In NOUVEL, Pascal (ed.): *Repenser le vitalisme*. Paris: PUF, pp.201-217.
- HUXLEY, Aldous 2017[1963]: *Literatura y ciencia*. Barcelona: Página Indómita.
- HUXLEY, Julian 1965[1943]: *La evolución: síntesis moderna*. Buenos Aires: Losada.
- JACOB, François 1973: *La lógica de lo viviente*. Barcelona: Laia.
- JANET, Paul 1877[1864]: *El materialismo contemporáneo*. Valencia: Aguilar.
- JANET, Paul 1882: *Las causas finales*. Paris: Baillière.
- JEANNEROD, Marc 1991: Les relations entre organisme et milieu chez Claude Bernard. In MICHEL, Jacques (ed.): *La nécessité de Claude Bernard*. Paris: Méridiens Klincksieck, pp.141-153.
- JENNINGS, Herbert 1913: Doctrines held as vitalism. *The American Naturalist* 47 (599): 385-417.
- JENNINGS, Herbert 1918: Mechanism and vitalism. *The Philosophical Review* 27 (6): 577-596.
- JOHNSTONE, James 1914: *The Philosophy of Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- KANT, Immanuel 1989[1786]: *Principios metafísicos de la ciencia de la naturaleza*. Alianza: Madrid.
- KANT, Immanuel 1991[1790]: *Crítica de la facultad de juzgar*. Caracas: Monte Ávila.
- KANT, Immanuel 2007[1781//1787]: *Crítica de la razón pura*. Buenos Aires: Colihue.
- KAVALOSKI, Vincent 1974: *The vera causa principle: a historico-philosophical study of a metatheoretical concept from Newton through Darwin (Ph. D. thesis)*. Chicago: University of Chicago.
- KIRBY, William 1837: *On the power, wisdom and goodness of god as manifested in the creation of animals and in their history, habits and instincts*. Philadelphia: Carey, Lea & Blanchard.
- KITCHER, Philip 1998[1993]: Function and design. In ALLEN Collin; BEKOFF, Marc; LAUDER, George (eds): *Nature's purpose: analysis of function and design in Biology*. Cambridge: MIT Press, pp.479-504.

- LACHELIER, Jules 1993[1871]: *Du fondement de l'induction*. Paris: Pocket.
- LACK, David 1954: *The natural regulation of animals numbers*. Oxford: Clarendon Press.
- LAKATOS, Imre 1971: History of Science and its rational reconstructions. In BUCK, Roger & COHEN, Robert (eds.): *PSA 1970: In Memory of Rudolf Carnap, Proceedings of the 1970 Biennial Meeting Philosophy of Science Association* (Boston Studies in the Philosophy of Science, Vol. 8). Dordrecht: Springer, pp.91-136.
- LALANDE, André 1947: *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*. Paris: PUF.
- LAMARCK, Jean 1802: *Recherches sur l'organisation des corps vivants*. Paris: Maillard.
- LAMY, Pierre 1939: *Claude Bernard et le matérialisme*. Paris: F. Alcan.
- LARGENT, Mark 2009: Darwin's analogy between artificial and natural selection in the origin. In RUSE, Michael & RICHARDS, Robert (eds.): *Companion to the Origin of Species*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.14-29.
- LAVABRE-BERTRAND, Thierry 2011: Le vitalisme de l'école de Montpellier. In NOUVEL, Pascal (ed.): *Repenser le vitalisme*. Paris: PUF, pp.57-72.
- LAVOISIER, Antoine & LAPLACE, Pierre-Simon 1892[1780]: Mémoire sur la chaleur. In RICHET, Charles (ed.): *Lavoisier: la chaleur et la respiration, 1770-1789*. Paris: Masson, pp.25-48.
- LAVOISIER, Antoine & SÉGUIN Armand 1892[1789]: Premier mémoire sur la respiration des animaux. In RICHET, Charles (ed.): *Lavoisier: la chaleur et la respiration, 1770-1789*. Paris: Masson, pp.65-89.
- LAVOISIER, Antoine & SÉGUIN Armand 1892[1790]: Premier mémoire sur la transpiration des animaux 66;89. In RICHET, Charles (ed.): *Lavoisier: la chaleur et la respiration, 1770-1789*. Paris: Masson, pp.90-104.
- LAVOISIER, Antoine 1892[1777]: Expériences sur la respiration des animaux et sur les changements que arrivent a l'air en passant par leur

- poumons. In RICHET, Charles (ed.): *Lavoisier: la chaleur et la respiration, 1770-1789*. Paris: Masson, pp.11-24.
- LE DANTEC, Félix 1910: Physiologie. In PICARD, Émile (ed.): *De la méthode dans les sciences*. Paris: Felix Alcan, pp.223-248.
- LEBRUN, Gerald 1993: *Kant e o fim da Metafísica*. São Paulo: Martin Fontes.
- LECOURT, Dominique 1999: Déterminisme. In LECOURT, Dominique (ed.): *Dictionnaire d'histoire et philosophie des sciences*. Paris: PUF, pp. 299-303.
- LEDESMA MATEOS, Ismael 2000: *Historia de la biología*. México: AGT.
- LEMOINE, Albert 1864. *Le vitalisme et l'animisme de Stahl*. Paris: Baillière.
- LENNOX, James 2005: Darwin's methodological evolution. *Journal of the History of Biology* 38: 85-99.
- LENOIR, Timothy 1989: *The strategy of life*. Chicago: Chicago University Press.
- LEWENS, Tim 2008: *The Origin and Philosophy*. In RUSE, Michael & RICHARDS, Robert (eds.): *Companion to the Origin of Species*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.314-332.
- LILLIE, Ralph 1914: The Philosophy of Biology: vitalism versus mechanism. *Science (New Series)* 40 (1041): 840-846.
- LIMOGES, Camille 2015[1943]: Annotations a CANGUILHEM Georges: *Résistance, philosophie biologique et histoire des sciences 1940-1965 (Œuvres complètes, Tome IV)*. Paris: Vrin.
- LOISON, Laurent 2010: *Qu'est-ce que le néolamarckisme?* Paris: Vuibert.
- LOISON, Laurent 2013: Controverses sur la méthode dans les sciences du vivant: physiologie, zoologie, botanique (1865-1931). In DUCHESNEAU, François; KUPIEC, Jean-Jacques; MORANGE, Michel (eds.): *Claude Bernard: la méthode de la Physiologie*. Paris: Rue d'Ulm, pp.115-132.
- LONGY, Françoise 2007: Unicité des fonctions et décomposition fonctionnelle. In MARTIN, Thierry (ed.): *Le tout et les parties dans les systèmes naturelles*. Paris: Vuibert, pp.89-96.

- LÓPEZ BELTRÁN, Carlos 2004: *El sesgo hereditario*. México: UNAM.
- LORENZANO, César 1980: Dos racionalismos críticos: Claude Bernard y Karl Popper. *Teoría*, 1(1): 223-245.
- LORENZANO, César 2010: Estructuras y mecanismos en fisiología. *Scientiae Studia* 8 (1): 41-67.
- LORENZANO, Pablo 2006: La emergencia de un programa de investigación en genética. In MARTINS, Lilian; REGNER, Ana; LORENZANO, Pablo (eds.): *Ciências da vida: estudos filosóficos e históricos*. Campinas: AFHIC, pp.333-360.
- LORENZANO, Pablo 2007: Filosofía diacrónica de la ciencia: el caso de la genética clásica. In MARTINS, Lilian; PRESTES, Maria Elice; STEFANO, Waldir; MARTINS, Roberto (eds.): *Filosofia & História da Biologia 2*. São Paulo: Mackpesquisa, pp.369-392.
- LORENZANO, Pablo 2011: Leis e teorias em Biologia. In ABRANTES, Paulo (ed.): *Filosofia da Biologia*. Porto Alegre: Artmed, pp.52-82.
- LUCAS, Prosper 1847: *Traité philosophique et physiologique de l'hérédité naturelle*. Paris: Baillière.
- MALHERBE, Jean-François 1981: Karl Popper et Claude Bernard. *Dialectica* 35: 373-388.
- MÁRQUES, António 1987: *Organismo e Sistema em Kant*. Presença: Lisboa.
- MARTÍNEZ, Sergio 1997: *De los efectos a las causas*. México: Paidós.
- MARTINS, Roberto 2010: August Weismann, Charles Brown-Séquard e a controvérsia sobre a herança de caracteres adquiridos. *Filosofia e História da Biologia*, 5(1): 141-176.
- MAUREL, Marie & MIQUEL, Pierre 2001: *Programme Génétique: concept biologique ou métaphore?* Paris: Kimé.
- MAYR, Ernst 1961: Cause and effect in Biology. *Science* 134: 1501-1506.
- MAYR, Ernst 1982: *The growth of biological thought*. Cambridge: Harvard University Press.
- MAYR, Ernst 1988: *Toward a new Philosophy of Biology*. Cambridge: Harvard.

- MAYR, Ernst 1992: *Una larga controversia: Darwin y el darwinismo*. Barcelona: Crítica.
- MAYR, Ernst 1993: Proximate and ultimate causations. *Biology & Philosophy* 8: 93-94.
- MAYR, Ernst 1998: *Así es la biología*. Madrid: Debate.
- MAZLIAK, Paul 2002: *Les fondements de la biologie: le XIX siècle de Darwin, Pasteur et Claude Bernard*. Paris: Vuibert.
- McNEILL ALEXANDER, Richard 1998: Symmorphosis and safety factors. In WEIBEL, Ewald; TAYLOR, Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of animal design: the optimization and symmorphosis debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.28-36.
- MEDAWAR Peter 1974: Hypothesis and imagination. In SCHILPP, Paul (ed.): *The Philosophy of Karl Popper*. La Salle: Open Court, pp.274-291.
- MERLEAU-PONTY, Maurice 1976[1953]: *La estructura del comportamiento*. Buenos Aires: Hachette.
- MILL, John Stuart 1851: *A system of logic* (in two volumes). London: Parker.
- MILLIKAN, Ruth 1998[1989]: In defense of proper functions. In ALLEN Collin, BEKOFF, Marc; LAUDER, George (eds): *Nature's purpose: analysis of function and design in Biology*. Cambridge: MIT Press, pp.295-312.
- MILLIKAN, Ruth 2002[1999]: Biofunctions: two paradigms. In ARIEW, Allen; CUMMINS, Robert; PERLMAN, Mark (eds.): *Functions: new essays in the Philosophy of Psychology and Biology*. Oxford: Oxford University Press, pp.113-143.
- MONOD, Jacques 1971: *El azar y la necesidad*. Caracas: Monte Ávila.
- MORANGE, Michel 2017: *Une Histoire de la Biologie*. Paris: Seuil.
- MOREL, Benedict 1857: *Traité des dégénérescences physiques, intellectuelles et morales de l'espèce humaine*. Paris: Baillière.
- MORENO, Álvaro & MOSSIO, Mateo 2015: *Organization and biological autonomy*. London: Springer.
- MÜLLER, Johannes 1851: *Manuel de Physiologie*, Tome 1. Paris: Baillière.

- MÜLLER-WILLE, Staffan 2003: Characters written with invisible ink: elements of hybridism 1751-1875. *Proceedings of the 2^o Conference: A cultural history of heredity*. Berlin: Max Plank Institute, pp.47-60.
- NAGEL, Ernst 1998: Teleology Revisited. In ALLEN, Collin; BEKOFF, Marc; LAUDER, George (Eds.): *Nature's purposes: analysis of function and design in Biology*. Cambridge: MIT Press, pp.197-240.
- NAGEL, Ernst 1978: *La estructura de la ciencia*. Buenos Aires: Paidós.
- NEANDER, Karen 1998[1991]: Functions as selected effects. In ALLEN Collin, BEKOFF, Marc; LAUDER, George (eds.): *Nature's purpose: analysis of function and design in Biology*. Cambridge: MIT Press, pp. 313-334.
- NORMAN, Richard 1971: *Biología experimental*. Buenos Aires: Troquel.
- OSPOVAT, Dov 1981: *The development of Darwin's theory: Natural History, Natural Theology, and Natural Selection, 1838-1859*. Cambridge: Cambridge University Press.
- PAPINEAU, David 2003: Philosophy of Science. In BUNNIN, Nicholas & TSUI-JAMES, Eric (eds.): *The Blackwell Companion to Philosophy*. Oxford: Blackwell, pp.286-316.
- PALEY, William 1809. *Natural Theology*. London: John Faulder.
- PAPP, Desiderio 1968: *Claude Bernard*. Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.
- PAPP, Desiderio 1980: *Filosofía de las leyes naturales*. Buenos Aires: Troquel.
- PAPP, Desiderio 1983: *Historia de la ciencia en el siglo xx*. Santiago de Chile: Universitaria.
- PEPIN, François 2012: Claude Bernard et Laplace: de un déterminisme physique vers un déterminisme proprement biologique. *Matière première* 2: 41-79.
- PEPIN, François 2013: Le milieu intérieur et le déterminisme. In DUCHESNEAU, François; KUPIEC, Jean; MORANGE, Michel (eds.): *Claude Bernard: la méthode de la Physiologie*. Paris: Éditions Rue d'Ulm, pp.11-32.

- PERLMAN, Mark 2009: Changing the mission of theories of teleology: DOs and DON'Ts for thinking about function. In KROHS, Ulrich & KROES, Peter (eds.): *Functions in biological and artificial worlds: comparative philosophical perspectives*. Cambridge: MIT Press, pp.17-36.
- PERRU, Olivier 2011: Le vitalisme bersognien dans l'évolution créatrice. In NOUVEL, Pascal (ed.): *Repenser le vitalisme*. Paris: PUF, pp.167-180.
- PICHOT, André 1983: Explication biochimique et explication biologique. In BARREAU, Hervé (ed.): *L'explication dans les sciences de la vie*. Paris: CNRS, pp.69-105.
- PICHOT, André 1993: *Histoire de la Notion de Vie*. Paris: Gallimard.
- PICHOT, André 1994: Présentation a BICHAT, Xavier: *Recherches physiologiques sur la vie et la mort [1o partie] et autres textes*. Paris: Flammarion, pp.6-50.
- PICHOT, André 1999: *Histoire de la notion de gène*. Paris: Flammarion.
- PIÑERO, Daniel 2001: La tradición de los hibridólogos en los siglos XVIII y XIX. La teoría celular y su influencia en el nacimiento de la biología. En BARAHONA, Ana; SUÁREZ, Edna; MARTÍNEZ, Sergio (eds.): *Filosofía e historia de la biología*. México: UNAM, pp.367-379.
- PI-SUNYER, J. 1944: *El pensamiento vivo de Claude Bernard*. Buenos Aires: Losada.
- POLANYI, Michael 1962: *Personal knowledge*. Chicago: Chicago University Press.
- POLANYI, Michael 1966: *El estudio del hombre*. Buenos Aires: Paidós.
- PONCE, Margarita 1987: *La explicación teleológica*. México: UNAM.
- POPPER, Karl 1962[1934]: *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Tecnos.
- POPPER, Karl 1977: *Búsqueda sin término*. Madrid: Tecnos.
- POPPER, Karl 1983[1953]: La ciencia: conjeturas y refutaciones. In POPPER, Karl: *Conjeturas y refutaciones: el desarrollo del conocimiento científico*. Buenos Aires: Paidós, pp.57-86.
- POPPER, Karl 1985[1945]: *La sociedad abierta y sus enemigos*, Tomo 1. Buenos Aires: Hyspamerica.

- POULTON, Edward 1908: Mutation, Mendelism and Natural Selection. Introduction to POULTON, Edward: *Essays on evolution: 1889-1907*. Oxford: Clarendon Press, ppv-xlvi.
- PROCHIAANTZ, Alan 1990: *Claude Bernard: la révolution physiologique*. Paris: PUF.
- PROCHIAANTZ, Alan 1991: Claude Bernard: la force du vivant. In MICHEL, J. (ed.): *La nécessité de Claude Bernard*. Paris: Meridiens-Klincksiek, pp.11-20.
- PROCHIAANTZ, Alain 2012: *Qu'est-ce que le vivant?* Paris: Seuil.
- PROCHIAANTZ, Alain 2016: Claude Bernard ou l'incarnation de la Physiologie. In BERNARD, Claude: *Définition de la vie*. Paris: Villar Rose, pp.75-100.
- PSILLOS, Stathis 2002: *Causation and explanation*. Stockfields: Acumen.
- PSILLOS, Stathis 2009: Regularity theories. In BEEBE, Helen; HITCHCOCK, Christopher; MENZIES, Peter (eds.): *The Oxford Handbook of Causation*. Oxford: Oxford University Press, pp.131-157.
- QUARFOOD, Marcel 2006: Kant on biological teleology: towards a two-level interpretation. *Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 37: 735-747.
- QUATREFAGES, Armand 1878: *L'espèce humain*. Paris: Baillière.
- RAVAISSON, Félix 1868: *La Philosophie en France au XIX e siècle*. Paris: L'imprimerie Imperial.
- RAYNAUD, Dominique 2011: Chronique et motifs de la controverse entre les écoles médicales de Paris et Montpellier. In NOUVEL, Pascal (ed.): *Repenser le vitalisme*. Paris: PUF, pp.33-56.
- RECKER, Doren 1987: Causal efficacy: the structure of Darwin's argument strategy in the origin of species. *Philosophy of Science* 54(2): 147-175.
- REISS, John 2009: *Not by design*. Berkeley: University of California Press.
- RESCHER, Nicholas 1994. *Los límites de la ciencia*. Madrid: Tecnos.
- REY, Roselyne 1996: L'âme, le corps et le vivant. In GRMEK, Mirko (ed.): *Histoire de la pensée médicale en Occident II (de la renaissance aux lumières)*. Paris: Seuil, pp.117-156.

- RICHARD, Robert 1992: *The meaning of evolution*. Chicago: Chicago University Press.
- RICHARD, Robert 2000: Kant and Blumenbach on the *bildungstrieb*: a historical misunderstanding. *Studies in History and Philosophy of Biology and Biomedical Science* 31: 11-32.
- RIESE, Walter 1950: La pensée causale dans l'œuvre posthume de Claude Bernard. In RIESE, Walter: *La pensée causale en médecine*. Paris: PUF, pp.87-92.
- RODRÍGUEZ, Ana 2006: *Claude Bernard: el sebo de la vela y la originalidad científica*. México: Siglo XXI.
- ROLL-HANSEN, Nils 1976: Critical teleology: Immanuel Kant and Claude Bernard on the limitations of experimental biology. *Journal of the History of Biology* 9(1): 59-91.
- ROGET, Peter 1840. *Animal and vegetable physiology considered with reference to natural theology*, Vol. 1. London: Pickering.
- ROSAS, Alejandro 2008: Kant y la ciencia de los organismos. *Ideas & Valores* 137: 5-23.
- ROSTAND, Jean 1966: Claude Bernard. In ROSTAND, Jean: *Hommes d'autrefois et aujourd'hui*. Paris: Gallimard, pp.81-95.
- RUPKE, Nikolaas 2010: Darwin's choice. In ALEXANDER, Denis & NUMBERS, Ronald (eds.): *Biology and ideology from Descartes to Dawkins*. Chicago: Chicago University Press, pp.139-164.
- RUSE, Michael 1975: Darwin's debt to philosophy: an examination of the influence of the philosophical ideas of John F.W. Herschel and William Whewell on the development of Charles Darwin's theory of evolution. *Studies in History and Philosophy of Science* 6(2):159-181.
- RUSE, Michael 1976: Charles Lyell and the philosophers of science. *British Journal for the History of Science* 9(2):121-131.
- RUSE, Michael 1978: Darwin and Herschel. *Studies in the History and Philosophy of Science* 9(4):323-331.
- RUSE, Michael 1979: *The Darwinian revolution*. Chicago: Chicago University Press.
- RUSE, Michael 2000: Darwin and the philosophers: epistemological factors in the development and reception of the theory of the

- Origin of Species*. In CREATH, Richard & MAIENSCHEIN, Jane (eds.): *Biology and Epistemology*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.3-26.
- RUSE, Michael 2003: *Darwin and design*. Cambridge: Harvard University Press.
- SALMON, Wesley 1990: *Four decades of scientific explanation*. Pittsburgh: Pittsburgh University Press.
- SALOMON-BAYET, Claire 2008: *L'institution de la science et l'expérience du vivant*. Paris: Flammarion.
- SAPP, Jan 2003: *Genesis: the evolution of Biology*. Oxford: Oxford University Press.
- SCHÄFER, Edward 1907: On the incidence of daylight as a determining factor in bird-migration. *Nature* 77 (1990): 159-163.
- SCHILLER, John 1973: The Genesis and structure of Claude Bernard's experimental method. In GIÈRE, Ronald & WESTFALL, Richard (eds.): *Foundations of scientific method: the Nineteenth Century*, Bloomington: Indiana University Press, pp.133-160.
- SCHMIDT-NIELSEN, Knut 1998: How much structure is enough? In WEIBEL, Ewald; TAYLOR, Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of animal design: the optimization and symmorphosis debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.11-12.
- SCHRÖDINGER, Erwin 1984[1944]: *¿Qué es la vida?* Barcelona: Tusquets.
- SCHWEBER, Silvan 1983: The wider British context in Darwin's theorizing. In KOHN, David (ed.): *The Darwinian heritage*. Princeton: Princeton University Press, pp.35-69.
- SIMPSON, George 1947: The problem of plan and purpose in nature. *The Scientific Monthly* 64(6): 481-495.
- SMITH, Chris 1977: *El problema de la vida*. Madrid: Alianza.
- SOLÍS, Carlos 1985: Notas a BOYLE, Robert. *Física, química y filosofía mecánica*. Madrid: Alianza.
- SPENCER, Herbert 1858: Transcendental Physiology. In SPENCER, Herbert: *Essays*. London: Longman, pp.262-306.
- SPENCER, Herbert 1891[1864]: *The Principles of Biology*, Tome 1. New York: Appleton.

- SPENCER, Herbert 1905[1880]: *First Principles*, 4^o edition. New York: Collier.
- SPENCER, Herbert 1936[1857]: El progreso: su ley y su causa. *En* SPENCER, Herbert: *Creación y evolución*. Buenos Aires: Tor, pp.73-123.
- TETRY, Andrée 1961: Les problèmes de la génération animale. In TATON, René (ed.): *La science contemporaine*, Tome 1. Paris: PUF, pp. 524-535.
- THAGARD, Paul 1977: Darwin and Whewell. *Studies in the History and Philosophy of Science* 8(4):353-356.
- THOM, René 1986: El método experimental: un mito de los epistemólogos (y de los científicos). *En* HAMBURGER, Jean (ed.): *La filosofía de la ciencia, hoy*. México: Siglo XXI, pp.10-25.
- THOMSON, Arthur 1926: *Problems of bird-migration*. Boston: Mifflin, 1926.
- TIRARD, Stéphane: Claude Bernard et les trois formes de vie. *In* DUCHESNEAU, François; KUPIEC, Jean; MORANGE, Michel (eds.): *Claude Bernard: la méthode de la Physiologie*. Paris: Éditions Rue d'Ulm, pp.49-62.
- TOPHAM, Jonathan 2010: Biology in the service of Natural Theology: Paley, Darwin, and the Bridgewater treatises. *In* ALEXANDER, Denis & NUMBERS, Ronald (eds.): *Biology and Ideology: from Descartes to Dawkins*. Chicago: University of Chicago Press, pp.88-113.
- TOULMIN Stephen 1961: *Foresight and Understanding*. Indianapolis: Indiana University Press.
- TOULMIN, Stephen 1975: Concepts of function and mechanism in medicine and medical science. *In* ENGELHARDT, Hugo & SPICKER, Stuart (ds.): *Evaluation and Explanation in the Biomedical Sciences*. Dordrecht: Reidel, pp. 51-66.
- TOULMIN Stephen & GOODFIELD June 1962: *The architecture of matter*. New York: Harper & Row.
- VON BAER, Karl 1853[1826-1828]: *Fragments relating to Philosophical Zoology*. *In* HUXLEY, Thomas & HENFREY, Arthur (eds.): *Scientific memoirs*. Taylor & Francis, pp.176-238.

- WAISSE-PRIVEN, Silvia 2009: *d&D: duplo dilema*. São Paulo: EDUC.
- WALSH, David 2008: Function. In PSILLOS, Stahis & CURD, Martin (eds.): *Companion to Philosophy of Science*. London: Routledge, pp.349-357.
- WATERS, Kenneth 1998: Causal regularities in the biological world of contingent distributions. *Biology & Philosophy* 13: 5-36.
- WATERS, Kenneth 2003: The arguments in the *Origin of Species*. In HODGE, Jonathan & RADICK, Gregory (eds.): *Companion to Darwin*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.116-137.
- WATKINS, John 1974. Racionalidad imperfecta. In BORGER, Robert & CIOFFI, Frank (eds.): *La explicación en las ciencias de la conducta*. Madrid: Alianza, pp.80-96.
- WEBER, Marcel 2004: *Philosophy of Experimental Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- WEIBEL, Ewald 1998a: Symmorphosis and optimization of biological design: introduction and questions. In WEIBEL, Ewald; TAYLOR, Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of animal design: the optimization and symmorphosis debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.1-10.
- WEIBEL, Ewald 1998b: How good is best? Some afterthoughts on symmorphosis and optimization. In WEIBEL, Ewald; TAYLOR, Richard; BOLIS, Liana (eds.): *Principles of animal design: the optimization and symmorphosis debate*. Cambridge: Cambridge University Press, pp.299-306.
- WEISMANN, Auguste 1990[1883]: De l'hérédité. In LENAY, Charles (ed.): *La découverte des lois de l'hérédité: 1862-1900* (une anthologie). Paris: Pocket, pp.167-212.
- WHEWELL, William 1837: *History of inductive sciences* (3 vols.). London: Parker.
- WHEWELL, William 1847[1840]: *The philosophy of the inductive sciences, founded upon their history* (2 vols.). London: Parker.
- WHEWELL, William 1858: *Novum organum renovatum*. London: Parker.

- WITTGENSTEIN, Ludwig 1958: *Philosophical Investigations*. Oxford: Blackwell.
- WOOD, Roger 2003: The sheep breeders view of heredity [1723-1843]. *Proceedings of the 2º Conference: A cultural history of heredity*. Berlin: Max Plank Institute, pp.21-46.
- WOODWARD, James 2002: What is a mechanism? *Philosophy of Science* 69: S366-S377.
- WOODWARD, James 2003: *Making things happen: a theory of causal explanation*. Oxford: Oxford University Press.
- WOODWARD, James 2010: Causation in Biology. *Biology & Philosophy* 25: 287-318.
- WRIGHT, Larry 1972: Explanation and teleology. *Philosophy of Science* 39: 204-218.
- WRIGHT, Larry 1973: Functions. *The Philosophical Review* 82: 139-168.

Índice analítico

A

Adaptación; 117

Análisis funcional; 89, 90, 95, 96, 117

Analogía de la experiencia

segunda; 37, 157

tercera; 157

Anatomía comparada; 50, 78

Aposemántica; 91, 116, 117

Atavismo; 141

Ausencia de espontaneidad; 51

Autoconciencia epistemológica; 13

Axioma; 32, 103

B

Biología

evolucionaria; 10, 16, 19, 23, 28, 29, 148

experimental; 16, 65, 108

funcional; 16, 19, 29, 36, 107, 148, 159

C

Causa(s)

- ejecutivas; 122, 123
- físico-químicas; 131
- inmediata; 31, 56
- legislativas; 122
- primeras; 113, 114, 118, 120, 122, 123, 135
- próxima(s); 29, 43, 47, 59, 60, 69, 106, 113-116, 119, 122-124, 132, 135, 156
 - bernardianas; 57
 - de un fenómeno; 29, 57
 - ejecutiva; 123
 - físico-químicas; 131
- segundas; 47
- última(s); 115-118, 122

Ciencia(s)

- biológica experimental; 128
- del individuo adulto; 127
- especiales; 15
- experimental(es); 23, 34, 38, 41, 43, 70, 75, 112-114, 121, 122, 139, 142-144
 - de lo viviente; 27
 - de los seres vivos; 86

Complejidad de lo viviente; 35

Compromiso

- determinista; 70
- experimental; 70
- fisicalista; 69, 70

Concepción

- etiológica; 90, 92, 94, 95, 117
- experimentalista; 19

Condición(ones)

- de aparición; 58
- de existencia; 24, 34, 41, 53, 56, 119, 125, 130, 132, 133, 152, 156
- físico-químicas;

Conjeturas; 32
y refutaciones; 29
Conocimiento
 científico; 9, 11, 15
Contexto
de descubrimiento; 13
de justificación; 13
Crítica; 91
Criterios; 9, 33
Critérium experimental; 32, 38, 39, 40
Cuerpos
brutos; 41, 51, 52, 58, 65, 67, 73, 77, 84, 101, 119, 123, 132, 135
no organizados; 65
organizados; 41, 86, 87, 126, 128, 151
químicos; 134

D

Desarrollo
 idea directriz del; 111-113, 131-134, 136, 142, 145
 ontogenético; 109
Determinación; 35, 36, 43, 53, 54, 114
Determinismo;
absoluto; 44, 57, 82
bernardiano; 30
causal; 23
complejo; 73, 75
experimental; 71
físico; 20, 21
físico-matemático; 89
físico-químico; 19
riguroso; 53
Dimensión
 legislativa de la naturaleza; 156
Diseño biológico; 19, 20, 23, 24, 111, 118

E

Economía

- animal; 78
- funcionalde los seres vivos; 105

Efecto de superficie; 63, 80

Elementos

- Anatómicos; 61, 62, 64, 66, 67, 88
- vivientes; 62
- físico-químicos ; 62, 63
- histológicos; 62, 65, 82

Enfoque experimental-determinista; 35

Entelequia; 46, 111

Escuela de Montpellier; 47

Esencia(s)

- del pensar; 119
- última; 119

Esencialismo metodológico; 119

Espontaneidad

- de la materia; 51, 73
- de lo viviente; 22, 35, 73

Estudios histórico-epistemológicos; 12

Evolución; 106, 108, 109, 112, 123, 135, 147

Exaptación; 92

Excitación; 61, 64, 66-68, 71

Excitación(ones); 64, 65

- metódica; 64

Excitantes

- físicos; 63
- químicos; 63

Experimentador (el); 34, 41, 44, 51, 68, 69, 73, 77, 84, 123, 125, 137, 138, 142

Explicación(ones)

- científica; 30, 38, 113, 119
- seleccional; 117
- nomológico-causales; 37

F

Factor excitante; 66

Fenómeno(s)

biológicos; 22, 24, 43, 48, 53, 58, 69, 134, 148

de organización; 132

fisiológicos; 22, 54, 63

natural; 37, 122

organotróficos (o nutritivos); 132

vital; 58, 85, 122, 123, 130

Filosofía

de la biología; 16-18

contemporánea; 16,

evolucionaria; 16, 19,

funcional; 19

de la ciencia; 10-17, 19, 25, 38, 113

inglesa; 14

victoriana; 16

Finalismo; 98

Fisicalismo; 22, 57, 70

experimental; 22, 66, 109

Fisiología experimental; 15, 17, 20-24, 27-29, 38, 41, 46, 50, 51, 78,

81, 83-86, 99, 101, 106, 109, 112, 127, 142, 143, 148-150

Fisiólogo

fe del; 101, 102, 158

Flexibilidad; 63

Fuerza(s)

orgánica; 152

vital(es); 41, 44, 45, 47, 48, 50, 66, 69, 75, 77, 78, 101, 108, 110,
123, 131-133, 145

Función(ones)

accidental; 91

autoecológica; 149

biológica; 97, 98

como papel causal; 20, 23, 90, 93, 95

concepción organizacional de las; 97

concepto de
 concepción etiológica del; 90
 fisiológica; 86, 90, 96, 97, 102, 149
Funcionalidad fisiológica; 10

H

Hechos indeterminables; 34
Herencia; 24, 110, 111, 137-143
Hipótesis; 29, 30, 32, 34, 36, 39, 94, 102, 119, 127
Historia
 de la ciencia; 12, 13, 16, 25, 70
 epistemológica; 9
 de las ciencias de la vida; 16
 filética; 109

I

Idea(s)
 directriz
 del desarrollo; 111-113, 131-134, 136, 142, 145
 rectoras
 del desarrollo; 23
Ideal(es)
 de orden natural; 20, 22, 99-101
Impulso formador; 153
Imputaciones funcionales
 carácter triádico de las; 96
Inputs; 84
Indagaciones
 histórico-epistemológicas; 12
Inerciaexperimental; 71
Invariantes estables bajo intervenciones; 20
Irritabilidad; 20, 60-68, 73, 74, 155
Irritación(ones); 64, 65
 controlada; 64

L

Legalidad física; 47, 52, 53, 81

Ley(es)

biológicas; 54

causales; 59, 60, 157

de gravitación; 100, 145

de la física; 81, 126, 136, 143, 148

especiales; 53-55, 57, 65, 69

específicamente fisiológicas; 53, 58

físicas; 44, 45, 53, 58, 80, 155

fisiológicas; 20, 22, 41, 53, 60, 66, 80

morfogenéticas; 126, 135-137, 148

generales; 143

morfológicas; 20, 23, 24, 55, 81, 126-128, 131, 133, 142, 145, 147, 150, 151, 156-158

organogénica; 123

segunda de Newton; 68

M

Máquina(s)

animal; 79

vivientes; 131

Materia

bruta; 29, 51, 52, 55

inercia de la;

inerte; 47

inorgánica; 61, 135

masa de; 45

orgánica; 61, 135, 152

organizada; 52, 55, 61, 129, 147

viviente; 29, 51, 52, 60, 61

Mecánica

newtoniana; 100

Mecanicismo; 98

Medio(s)

- circundante; 76
- cósmico; 67, 82
- externo; 75, 76, 80, 82, 83, 85
- interno; 20, 22, 48, 75, 76, 81-85, 98
 - caja negra del; 75

Modelo

- nomológico-deductivo de explicación; 20, 30, 38, 39

Morfogénesis

- biológica; 130
- de los cristales; 143
- de los seres vivos; 143
- orgánica; 107, 111, 135

Muerte; 22, 47, 62, 78, 99-101, 120, 121

N

Nominalismo metodológico; 119

Normas

- reconocidas; 15
- tácitas; 15

O

Objetivos

- epistémicos; 13

Ontogenia; 109

Ontología fisicalista; 21

Orden

- de las causas; 43, 47, 63, 69, 123, 131

- de los efectos; 22, 63, 155

- físico-químico; 60, 66, 137

- intraorgánico; 78

- organísmico; 84

- vital; 60, 89, 96-101

Organicismo; 76, 80, 84, 86

Organismo(s)

- transgénicos; 137

Organización; 23, 24, 61, 62, 66, 74, 75, 76, 78, 79, 84, 101, 107, 108, 111, 131, 132, 143-145, 147, 148, 151-154, 157, 158
Outputs; 84

P

Papel

causal; 20, 23, 90, 93-95, 97, 117
vital; 85, 86

Pensamiento(s)

(explicativamente) imprescindibles; 70
teológico; 110, 123

Perspectiva etiológica; 90-92

Presuposición absoluta; 37

Presupuesto; 23, 33, 36, 86, 124

Principio(s)

constitutivos; 136

de Arquímedes; 39, 40, 54, 58, 80, 124, 134, 155

de inercia; 48, 66, 68, 100

de investigación; 136

de la correlación de las partes; 157

en los seres organizados; 77

de las condiciones de existencia; 156

general del determinismo; 32

gravitacional; 39

legislativos; 134, 136

metafísicos; 36, 49

metodológicos; 11

morfogenéticos generales; 137

rectores; 12

regulativos; 136

y fundamentos; 9

Procesos ontogenéticos; 129, 138

Producto organizado de la naturaleza; 87

Programa

de investigación; 17, 18, 36, 131

de una fisiología vitalista; 40

experimental; 35, 40
 genético; 110, 111, 136, 137, 142

Propiedad(es)

 física; 63
 físico-químicas; 62, 69, 155
 químico-físicas; 108
 vital; 62, 67
 fundamental; 62

Proposición paradigmática; 37

Protoplasma; 61, 67

R

Razón de ser; 94, 106, 114-118, 120

Reacciones

 físicas; 63
 físico-químicas; 74
 químicas; 63

Reconstrucciones racionales lakatosianas; 13

Recurso

 a la fuerza; 145
 a la ley; 145

Reducción

 eliminativa; 70

Reduccionismo; 62

Reflexión(ones)

 de la filosofía de la biología; 17
 epistemológica; 9, 11, 13-15, 19, 23, 24
 histórico-epistemológica; 11, 13
 metodológica; 37

Regularidades causales; 54, 155

Relaciones entre propiedades físicas y biológicas; 62

Resultado vital; 85

Revolución darwiniana; 14, 16

Revue des deux mondes; 69, 112

S

Segunda analogía de la experiencia; 37

Selección natural

teoría de la; 19, 23, 24, 93, 104, 105, 116-118, 148, 149

Sensibilidad; 45, 63, 77

Seres

inertes; 49

organizados; 49, 56, 74, 77, 79, 130, 135, 148, 149, 152, 154

teleonómicos; 135

vivos

economía funcional de los; 105

Sustancia

atávica; 142

finita; 49

hereditaria; 141

material; 49

Symmorphosis; 104, 105

T

Teleología intraorgánica; 22, 23, 86, 87, 98, 105, 147, 150

Teleonomía; 148

Teoría(s)

Autogénicas; 154

darwiniana; 14, 148

de la herencia; 24

de la selección natural; 19, 23, 24, 93, 104, 105, 116-118, 148, 149

explicativa; 37

sobre la trama causal del mundo; 33

Tercera República; 115

Tradición orgánica; 139, 140

V

Valores

epistémicos; 13

Vitalismo

del desarrollo; 108

Vitalistas; 22, 35, 42, 46, 52, 73, 74, 80, 81, 134, 145

Viviente (el)

estudio de lo; 50, 103

Índice onomástico

B

Barthez, Paul-Joseph; 47, 60
Bordeu, Théophile de; 60
Brandon, Robert
Broussais, François-Joseph-Victor; 60
Burt, Edwin; 10, 14, 114

C

Carnap, Rudolf; 10
Carus, Carl Gustav; 150
Crick, Francis; 138

E

Egerton, Francis Henry (conde de Bridgewater); 104

G

Glisson, Francis; 60
Goethe, Johann Wolfgang von; 150

H

Haller, Albrecht von; 60
Hipócrates; 108

K

Koyré, Alexandre; 10
Kuhn, Thomas; 10

M

Mendel, Gregor Johann; 138

O

Oken, Lorenz; 150

R

Roux, Wilhem; 109

S

Sharpey-Schäfer, Edward Albert; 115

Silesius, Angelus; 116

Sober, Elliott; 10

V

Virchow, Rudolf Ludwig Karl; 60

W

Watson, James; 138



ESTE LIBRO SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ EL DÍA XXVIII
DE MARZO DEL AÑO MMXVIII.

PARA ESTA EDICIÓN SE USÓ LA FAMILIA TIPOGRÁFICA ADOBE CASLON PRO, EN SU
VARIANTE SERIF A 11,5/15 PUNTOS.

EL FORMATO DE ESTE EJEMPLAR ES DE 18 X 24 CENTÍMETROS.
LA CUBIERTA ESTÁ IMPRESA EN PROPALCOTE DE 280 GRAMOS DE BAJA DENSIDAD
Y LAS PÁGINAS INTERIORES EN PAPEL BOND BEIGE DE 70 GRAMOS.

Gustavo Caponi publicó más de un centenar de artículos en revistas especializadas, contribuyó con trabajos en cerca de cincuenta antologías, y es autor de varios libros: *Georges Cuvier: un fisiólogo de museo* (México, 2008); *Buffon* (México, 2010); *La segunda agenda darwiniana: contribución preliminar a una historia del programa adaptacionista* (México, 2011); *Função e desenho na biologia contemporânea* (São Paulo, 2012); *Réquiem por el centauro: aproximación epistemológica a la biología evolucionaria del desarrollo* (México, 2012); *Leyes sin causa y causas sin ley en la explicación biológica* (Bogotá, 2014); y *El darwinismo de Ameghino: una lectura de Filogenia* (Florianópolis, 2017). Junto con María Luisa Bacarlett, organizó la antología *Pensar la vida: filosofía, naturaleza y evolución* (Toluca, 2015).

ISBN: 978-958-739-123-7



Como lo afirma el autor de este perspicaz libro: el presente de una ciencia no solamente se define por su éxito y su proyección, también hacen parte de su imagen más completa —aunque precisamente por esto jamás acabada— los problemas y polémicas de dicha ciencia; asuntos que la mantienen activa, creativa y avanzando.

Este libro se constituye en una franca imagen del presente de una ciencia como la Biología. Magistralmente Gustavo Caponi examina, a la luz de los problemas y tensiones actuales de la Filosofía de la Biología, la historia del programa de la Fisiología Experimental conformado en el siglo XIX por el médico y biólogo francés Claude Bernard. Así, el objeto de este libro es al menos doble: por un lado, examinar con detalle y ofrecer claridad de los presupuestos y consecuencias epistemológicas de la Fisiología Experimental de Claude Bernard; por otro, valerse de las discusiones históricas de la Biología para traer nuevas respuestas y precisiones al actual debate presente en la Filosofía de la Biología.

“La filosofía de la ciencia sin la historia de la ciencia es vacía; la historia de la ciencia sin la filosofía de la ciencia es ciega”

Imre Lakatos

History of Science and its rational reconstructions



UNIVERSIDAD
EL BOSQUE

Editorial



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA