



A GENÉTICA ES UNA CIENCIA SIN OBJETO^{1*}

Genetics is a science without object

André Pichot^{2**}

(Traducción: Rodrigo Zapata Cano)³

“La longevidad está escrita en los genes, pero no se puede ser un tonto para leer un gen”. “En todo caso, el ADN es muy práctico”. (Gourio, 2000)

Resumen

La genética es la ciencia de los caracteres hereditarios; por lo menos ésta es su definición. Pero un análisis histórico de las nociones de gen y herencia pone en entredicho la aparente evidencia de estos términos. Antes de creer en las “promesas” de la genética, es necesario volver sobre algunas falsas certidumbres de la biología.

^{*} Artículo tomado de la revista *Esprit*, n° 284, París, 2002. Pp. 102-131. Agradecemos la amabilidad del autor y del jefe de redacción de la revista, Marc-Olivier Padis, por permitirnos traducir y publicar este artículo.

^{**} Investigador del CNRS, Epistemología e historia de las ciencias. Autor de numerosos artículos y libros sobre filosofía e historia de la biología. Entre sus libros podemos mencionar: *Histoire de la notion de vie*, París, éd. Gallimard, coll. TEL, 1993; *Histoire de la notion de gène*, París, Champs-Flammarion, 1999 y *La société pure. De Darwin à Hitler*, París, Flammarion, 2000.

³ Historiador. Docente de la cátedra Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS- del INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO –ITM-. Medellín-Colombia. Contacto: rodrigozapatak@yahoo.com

Palabras clave: genética, concepto de herencia, concepto de gen, historia de la biología, epistemología, medios de comunicación.

Abstract

Genetics is the science of hereditary traits; at least this is its definition. But a historical gene and inheritance notion analysis questions the apparent evidence of these terms. Before believing in genetics “promises”, it is necessary to revisit some false certainties of biology.

Keywords: genetics, the concept of inheritance, gene concept, biology history, epistemology, media.

Cuando la genética se pone de moda, la herencia se vuelve invasora, no sólo en los medios de comunicación, sino también en la biología donde sirve como explicación

universal. Es preciso saber qué es la genética y la herencia, más allá de la opinión común que pretende que la primera sea la ciencia y la segunda su objeto.

La genética como ciencia de los caracteres hereditarios

En una entrevista, el genetista Axel Kahn y la filósofa de la biología Anne Fagot-Largeault se ponen de acuerdo para ver en la genética la ciencia que estudia la transmisión de los caracteres biológicos hereditarios (Fagot-Largeault y Kahn, 2000). Desde luego, pero ¿qué es un carácter hereditario? ¿Hay caracteres hereditarios en un ser vivo? La pregunta puede parecer rara debido a que nos hemos acostumbrado a escuchar hablar de “caracteres hereditarios” y de “caracteres adquiridos”. Sin embargo, la genética pretende que cualquier carácter se produzca por la conjunción de un determinismo genético y de un determinismo externo enmarañados de manera inextricable. Por consiguiente, no existe ningún carácter que sea puramente hereditario y ninguno que no lo sea de algún modo.

No tiene ningún sentido decir que la genética es la ciencia de los caracteres hereditarios: todos los caracteres son hereditarios y ninguno lo es totalmente, o lo que quiere decir lo mismo, todos los caracteres son adquiridos y ninguno lo es totalmente.

La cuantificación en este campo continúa siendo imposible y de esto resulta que las expresiones “caracteres hereditarios” y “caracteres adquiridos” son abusos del lenguaje; se debería hablar del “determinismo genético de los caracteres” pero, por esta razón, es necesario que éste se pueda separar claramente de un determinismo no genético y que se precise por qué se privilegia.

Estos abusos del lenguaje, cuya repetición engendra una verdadera contaminación ideológica, se mantienen por la dificultad de precisar lo que es un carácter. No hablo aquí

de la dificultad que existe para “descuartizar” un ser vivo en distintos caracteres que serían entidades naturales (y no simplemente el producto de lo arbitrario de un biólogo que practica la disección), sino de la costumbre que tienen los genetistas de distinguir el genotipo y el fenotipo. De un lado, el genotipo es el conjunto de los genes propios de una forma viviente. Del otro, desde hace tiempo (pues no es el sentido original), el fenotipo ha sido considerado como el conjunto de los caracteres aparentes del individuo (la etimología procede del griego *phaino*: parecer, ser visible y *tipos*: marca, forma) y, no obstante, sin que nunca se haya precisado lo que es un carácter aparente: sin lugar a dudas, el color de los ojos y la forma de la nariz son caracteres aparentes (y por ende fenotípicos), pero ¿podemos decir que la estructura primaria de una proteína es un carácter aparente (fenotípico)? La pregunta es importante, pues si se puede unir casi directamente la estructura primaria de una proteína a un determinismo genético (y entonces decir que esta estructura es hereditaria o casi), la relación es menos directa para el color de los ojos y es imposible precisarla para la forma de la nariz: este color y esta forma son ambos producidos a partir de proteínas cuya estructura primaria es “hereditaria” y además de muchos otros factores.

De este modo, la expresión “carácter hereditario” resulta de un deslizamiento del sentido que, gracias a la ligereza que rodea a la noción de fenotipo, pasa de la estructura primaria de las proteínas (directamente ligada a los genes) a caracteres biológicos macroscópicos, incluso a caracteres psicológicos que sólo mantienen con los genes relaciones muy indirectas y complejas y cuyo determinismo comprende todas clase de factores no genéticos.

Además, el uso que en la actualidad se hace de la noción de fenotipo no corresponde con su definición inicial. En efecto, esta noción fue introducida en 1909 por Wilhelm Johannsen (uno de los creadores de la genética de poblaciones) y en esta época era una noción estadística: era el tipo medio aparente de una población (Johannsen, 1909). Poco a poco, este sentido inicial se borró y el

fenotipo acabó por designar los caracteres aparentes de un individuo, sin que nadie sepa exactamente por qué y cómo ocurrió. Sin duda hubo una contaminación con las nociones de *soma* y *germen* que había propuesto August Weismann a fines del siglo XIX.

Tenemos aquí un caso totalmente característico de una pretendida noción científica que no tiene ninguna definición estricta y cuyo uso se ha impuesto por la costumbre y la facilidad del lenguaje; una especie de “concepto blando” cuya imprecisión lo vuelve fácil y sirve para enmascarar la falta de rigor del pensamiento. La indeterminación de la noción de fenotipo permite hablar de “caracteres hereditarios” y de “caracteres adquiridos”, para cualquier cosa y sin importar cuál, y sin que nunca se experimente la necesidad de precisar de qué se trata; lo que es muy práctico, véase más adelante el papel que han desempeñado las enfermedades hereditarias en estos abusos del lenguaje.

La genética como ciencia de los genes

Finalmente, se podría objetar que todo esto importa poco y que, a falta de caracteres hereditarios, podemos replegarnos sobre los genes que son más concretos y mejor definidos. La genética sería entonces la ciencia que estudia los genes.

Veamos pues la historia de esta noción de gen (Pichot, 1999). La primera forma más o menos científica que tuvieron los genes, antes de que se denominaran así, se encuentra en la teoría del plasma germinativo de August Weismann donde se denominan “bióforos” y en la teoría de la pangénesis intracelular de Hugo De Vries donde se designan “pangenes” (Weismann, 1892; 1893; de Vries, 1889; 1910).

En ambas teorías, los “genes” son las partículas elementales que componen la “materia viviente”,

partículas principalmente compuestas de proteínas y, sobre todo, partículas cuya muestra representativa constituye el material hereditario. Esta teoría particular de una “materia viviente” no sobrevivió a sus autores; por el contrario, la partícula (bióforo o pangén) alcanzó una larga posteridad con otro nombre: el gen.

Veinte años más tarde, en 1909, Johannsen le da su nombre definitivo (una abreviación del “pangén” de De Vries), el gen se vuelve una abstracción, una “unidad de cálculo” (Johannsen, 1909). Cuando desaparecieron y no fueron reemplazadas las teorías particulares de Weismann y de De Vries, Johannsen renunció a cualquier definición concreta para el gen, que no obstante conserva como unidad de herencia: esto fue posible puesto que los métodos de la genética de poblaciones –inventados por Johannsen– son matemáticos e indiferentes a la naturaleza física del sustrato de la herencia.

Algunos años más tarde, en 1915, para Thomas H. Morgan, el creador de la genética formal, el gen es un *locus*, es decir, un emplazamiento sobre un cromosoma, emplazamiento cuyo contenido se desconoce y está esencialmente definido por su capacidad para mutar. Así pues, el gen encuentra, si no una materialidad, por lo menos cierta naturaleza concreta al localizarse en un mapa cromosómico (Morgan, 1972).

Treinta años más tarde, en 1944, gracias a Erwin Schrödinger, el gen se vuelve un orden físico, el orden de los átomos de una macromolécula (Schrödinger, 1951); lo que más tarde se conocerá como “información” o “programa”. Se trata del retorno a una definición abstracta, pero de una manera distinta a la de Johannsen.

Hasta aquí, la naturaleza física del gen (cuando se le concede una) es desconocida y, si a veces se evoca, se piensa en general que se trata de una proteína que se hereda y que, por ende, se “explica” a través de una especie de actividad enzimática.

Un poco más tarde, a fines de los años cincuenta, después del descubrimiento del ADN (Avery *et al.*, 1944, pp. 137-158) y de su estructura como soporte de la herencia (Watson y Crick, 1953, pp. 737-738), el gen ya no es una proteína, es un segmento de ADN dirigiendo la síntesis de una proteína (el cual actúa luego como lo hacía el gen cuando se le otorgaba una naturaleza proteica). El gen será un segmento de ADN hasta los años setenta del siglo XX donde, poco a poco, aparecerá su complejidad y carácter dividido y donde sólo podrá definirse por su producto: en general una proteína (Gros, 1991). Lo que equivale a un abandono de la definición estructural en provecho de una definición funcional; suponiendo que en este caso todavía sea posible hablar de definición.

Así pues, en un poco más de un siglo de existencia, el gen ha conocido cinco definiciones radicalmente diferentes (sin contar con aquella, anexa, que lo convertía en una proteína); estas definiciones son, mal que bien, amontonadas las unas sobre las otras puesto que no se reemplazan. Se podría pensar que la definición actual es la buena y que sintetiza las otras, pero es evidentemente lo que se ha pensado cada vez. Por lo demás, esta última definición, debido a su carácter funcional y no estructural, contraviene los principios fundadores de la genética moderna, lo que plantea varias series de problemas. Veamos lo que en la actualidad escribe el genetista Michel Morange:

La única solución es aceptar la “triste” realidad: el concepto de gen es vago, mal definido y, más exactamente, múltiple. Esta debilidad de la noción de gen es también su fuerza. Permite que esta noción se pueda utilizar en estas acepciones ligeramente diferentes y, por consiguiente, por especialistas que tienen enfoques experimentales y objetivos diferentes. Así, la noción de gen puede circular, enriqueciendo el interior de cada uno de los campos disciplinarios en los que se utiliza. Es un vínculo que permite mantener el conjunto de la biología contemporánea [...]. El gen es una construcción histórica y social que no existe en ninguna parte. Lo que no quiere decir que no sea útil. Es preciso

rendir homenaje a Mendel y a sus sucesores, no por el descubrimiento del gen, sino por la construcción de una noción tan útil, aunque coja (Morange, 2001; 1998).

M. Morange se resigna un poco fácilmente a la “triste realidad” de la blandura de la noción de gen (es preferible “blando” a “flojo”, véase más adelante). En efecto, como todos los genetistas, M. Morange “olvida” que este carácter blando o flojo del gen no concuerda con su definición estructural sobre la que se fundó la genética. Ésta reposa sobre el principio de Schrödinger según el cual la herencia es la transmisión de un orden físico por la transmisión de una sustancia físicamente ordenada, que este autor asociaba con un carácter “sólido” de la sustancia portadora de la herencia; por esta razón, prefiero “blando” a “flojo”, pues se trata de un reblandecimiento del gen, casi en el sentido físico del término. El fundamento de la genética se desvanece cuando el orden del gen se vuelve cada vez más vago y su relación con el orden del ser vivo se torna cada vez más incierto (véase, Pichot, “Sur la notion de programme génétique”, en *Philosophia Scientiae*, publicación en proceso).

Ahora bien, no tiene nada que ver con la ciencia la fuerza que el carácter vago le daría al gen, según M. Morange.

La fuerza procede de lo vago cuando permite mantener todos los discursos que se quieran y convertir al gen en un “comodín”.

La situación es exactamente la misma para el fenotipo, cuyo carácter blando y vago tiene como ventaja principal autorizar todos los discursos sobre los caracteres hereditarios, incluso los peores; véase lo que la genética afirmó en la primera mitad del siglo y que vuelve a aparecer en la actualidad (Pichot, 2000). Después del carácter fenotípico, ahora es el gen el que pierde cualquier definición rigurosa. ¿Qué queda entonces de la herencia que tanto nos repiten los genetistas a través de los medios de comunicación?

De cierta manera, M. Morange tiene razón al escribir que la noción de gen es en la actualidad “el vínculo que mantiene el conjunto de la biología contemporánea”. Sin duda, aquí está su principal utilidad y la razón por la cual los biólogos se unen a ella. Debemos preguntarnos por el valor de una biología que sólo se sostiene por medio de una noción que es, según M. Morange, “una construcción histórica y social [...] coja”. Igualmente, si admitiéramos que la ciencia es una “construcción histórica y social” (lo que habría que discutir seriamente), no vemos muy bien por qué debería permitir en su seno nociones “cojas” y menos aún ponerlas a “circular” entre las disciplinas con el pretexto de enriquecerlas. Por el contrario, me parece que lo primero que se debe hacer es su análisis, corrección o eliminación y, por supuesto, no un elogio y uso intempestivo en cualquier especie de discurso mediatizado a ultranza.

A falta de caracteres hereditarios definibles y de genes cuya definición sería aún mejor, no queda sino decir que la genética es una ciencia sin objeto. Esto puede parecer exagerado, sobre todo si se piensa en la insistencia mediática; sin embargo, por poco que se examine la situación de cerca, es completamente exacto. La genética no tiene objeto, sólo tiene una función. Para comprenderlo, es necesario interesarse en la noción de herencia e intentar comprender lo que recubre y sin preocuparse por caracteres hereditarios ni genes.

La aparición de la noción de herencia

La palabra “herencia” (del latín *hereditas*) designaba inicialmente el conjunto de bienes, títulos y funciones dejados por un hombre al morir (era un sinónimo de heredad) y el derecho para sus hijos de tomar posesión. Sólo en los años 20 del siglo XIX adquiere un sentido biológico por analogía: así como los hijos heredan los caracteres biológicos y psicológicos de sus padres, asimismo heredan sus bienes, títulos y funciones. Según el *Dictionnaire historique de la langue française* Le

Robert, que no da referencia precisa, el primer caso de la palabra “herencia” en su acepción biológica dataría de 1821. Sin embargo, es preciso anotar que en el siglo XVIII, algunas enfermedades y malformaciones eran calificadas a veces de “hereditarias”; así, en 1762, Charles Bonnet, como Maupertuis, estudió casos de tales malformaciones, especialmente la polidactilia (Bonnet, 1985, p. 49). De este modo, ya existía la idea de una transmisión biológica, pero sin que el concepto de herencia fuera individualizado. Por lo demás, es significativo que en biología la palabra “hereditario” se haya asociado primero a las enfermedades (véase más adelante).

No sólo la palabra “herencia” no era utilizada en un sentido biológico antes de los años 20 del siglo XIX, sino que, propiamente hablando, tampoco existían teorías de la herencia con este u otro nombre.

Sólo habían teorías de la generación, también se decía “reproducción” o “propagación”, las cuales tenían algunas veces un componente que podía corresponder a lo que en la actualidad llamamos “herencia”. Este componente no estaba separado del resto de la teoría y, por consiguiente, no existía distinción entre los caracteres desde el punto de vista de la herencia. Lo que todavía nos hace creer falsamente que estas teorías eran teorías de la herencia de los caracteres adquiridos: en tanto teorías de la generación, no distinguían entre caracteres desde el punto de vista de la herencia, concepto que no existía en este momento.

La palabra “herencia” tuvo problemas para imponerse en su sentido biológico. En 1829, este sentido biológico fue ignorado por el *Dictionnaire universel de la langue française* de Pierre Boiste. En 1824, la cuarta edición del *Dictionnaire de médecine* de P-H. Nysten no tiene la entrada “herencia” y sólo aparece “hereditario” en el caso de las enfermedades: “Enfermedades hereditarias: se

denominan así las enfermedades cuyo germen se transmite de padres a hijos”.

En los años cuarenta del siglo XIX, el *Dictionnaire d'histoire naturelle* de Charles d'Orbigny tampoco posee la entrada “herencia”. El artículo consagrado a la generación (con el nombre de “propagación”; 77 páginas en dos columnas) no recurre a esta noción. En la misma época, el *Manuel de physiologie* de Johannes Müller trata de la generación sin decir ni una palabra sobre la herencia.

Los dos gruesos volúmenes del *Traité philosophique et physiologique de l'hérédité naturelle* de Prosper Lucas datan de 1847 y 1850. Sin duda, es la primera obra importante consagrada a la herencia, en el sentido biológico del término. Su título completo es en sí mismo un programa: *Traité philosophique et physiologique de l'hérédité naturelle dans les états de santé et de maladie du système nerveaux, avec l'application méthodique des lois de la procréation au traitement général des affections dont elle est le principe, ouvrage où la question est considérée dans ses rapports avec les lois primordiales, les théories de la génération, les causes déterminantes de la sexualité, les modifications acquises de la nature originelle des êtres, et les diverses formes de névropathies et d'aliénation mentale. [Tratado filosófico y fisiológico de la herencia natural en los estados de salud y enfermedad del sistema nervioso, con la aplicación metódica de las leyes de la procreación en el tratamiento general de las afecciones cuyo principio es la herencia, obra donde se considera el problema en sus relaciones con las leyes primordiales, las teorías de la generación, las causas determinantes de la sexualidad, las modificaciones adquiridas de la naturaleza original de los seres y las diversas formas de neuropatías y de alienación mental]*.

Propiamente hablando, no implica una teoría de la herencia, sino solamente un enfoque “fenomenista” de lo que entonces se consideraba como hereditario (de todo

un poco). La herencia psicológica y la mórbida ocupan un gran espacio en esta obra. En la actualidad, la obra está muy olvidada (es difícil de leer, pues las nociones utilizadas han cambiado de sentido desde su época) y no se toma nunca en cuenta por los historiadores de la genética, aunque se cita muy a menudo a propósito del eugenismo. En todo caso, gozó de cierta reputación en su época; Darwin la cita y también es su principal referencia en materia de herencia en el *Origen de las especies*.

A pesar de este tratado, la edición de 1863 del *Dictionnaire de la langue française* de Émile Littré sólo da la acepción biológica de la palabra “herencia” en la quinta y última posición (después de “Calidad de heredero”, “Derecho de heredar”, “Privilegio concedido a un oficio convertido en hereditario”, “Bienes dejados por una persona al morir”. Veamos la definición de esta quinta y última acepción: “Término de fisiología. Condición orgánica que hace que las maneras de ser corporales y mentales pasen a los ascendientes o descendientes”. Luego se distinguen diversas especies de herencias que han desaparecido en la actualidad (“herencia directa, indirecta, en retorno y de evolución”).

En la segunda mitad del siglo XIX y, sobre todo, después de 1860, la palabra “herencia” se difunde en su sentido biológico. El concepto se vuelve invasor. Las teorías “científicas” de la herencia aparecen y se multiplican en esta época. En la actualidad hemos olvidado hasta el nombre de sus autores. Quien se interese por las curiosidades (y tenga la necesaria paciencia para comprenderlas) encontrará un resumen de las más importantes en Yves Delage, *L'Hérédité et les grands problèmes de la biologie générale* (1909). Observamos, lo que no carece de importancia, que la mayoría es la obra de biólogos que se esfuerzan por construir teorías químicas de la vida y que, más a menudo, también tienen preocupaciones evolucionistas; por el contrario, los fisiólogos que estudian la función de la generación, casi no se preocupan por la herencia.

¿Por qué se puede decir que estas teorías son teorías de la herencia, mientras que las anteriores sólo lo eran de la generación, con algunos elementos que correspondían a lo que actualmente se conoce como “herencia”?

Simplemente, porque en general, estas teorías distinguen, poco o mucho, un “órgano” de la herencia (y no sólo un órgano de la generación), lo que indica que la herencia se comprende entonces como una especie de función fisiológica separada, distinta de la función de la generación y que se busca identificar el órgano encargado de ejercerla. De esta manera, en 1866 Ernst Haeckel postula que el núcleo de la célula tiene la carga de la herencia, mientras que el citoplasma tiene como función recibir las acciones externas (Haeckel, 1866, pp. 287-289). En 1876, Oscar Hertwig observa que durante la fecundación existe fusión de núcleos del espermatozoide y del óvulo (Hertwig, 1876, pp. 347-434). A finales de los años 70 del siglo XIX, Gustav Jäger y Moritz Nussbaum distinguen la descendencia de las células germinales y la de las células somáticas y proponen la teoría de una continuidad de la descendencia germinal a través de las generaciones (Jäger, 1877, pp. 17-25 y 306-317; 1878-1879, pp. 377-385; Nussbaum, 1880, pp. 1-121). En 1884, Karl Wilhelm von Nägeli propone un idioplasma, “portador de la herencia”, separado del protoplasma que forma la materia del ser vivo (von Nägeli, 1884). A finales de los años 80 del siglo XIX, Weismann inventa un plasma germinativo (o *germen*) separado del resto del organismo (o *soma*) y postula su continuidad a través de las generaciones, etc. (Weismann, 1892). Observamos que la mayor parte de estos autores son alemanes o de cultura alemana, lo que no carece de importancia, como se verá más adelante.

Estos trabajos están más o menos unidos entre sí y son algo especulativos y contradictorios. Así, Weismann inventa el plasma germinativo porque la descendencia de las células

germinales no se separa inmediatamente de la de las células somáticas durante el desarrollo embrionario; lo que es necesario compensar colocando un plasma germinativo que está separado desde el comienzo. Aún aquí, reina lo más vago y a menudo es difícil de encontrar. Pero todo apunta hacia la definición de un órgano específico de la herencia. A nivel del organismo: las células germinales, cuya descendencia es continua y separada de la de las células somáticas. A nivel celular: el núcleo y, luego, de manera más precisa, los cromosomas.

La tesis de Weismann de la separación de una continuidad de un plasma germinativo será sostenida por la ciencia ulterior (esencialmente porque era más clara y simple y no porque se beneficiara de alguna demostración o prueba) y de esta tesis proviene la distinción entre caracteres hereditarios y adquiridos, los unos eran heredables y los otros no, sobre la base de la distinción *germen/soma*, que contaminará la distinción posterior entre genotipo y fenotipo, véase más adelante.

Por lo demás, lo único que se mantuvo de Weismann es la separación y continuidad del plasma germinativo. El resto de su teoría fue olvidada en su totalidad, en especial el aspecto particular de la “materia viviente”; aunque el plasma germinativo en la actualidad se comprende en términos modernos completamente anacrónicos. Aquí tenemos uno de los puntos delicados de la genética: la mayor parte de sus nociones (y no sólo la de fenotipo) se elaboraron durante una época extremadamente confusa de la historia de la biología y éstas son en sí mismas muy confusas. Han sido objeto de un número considerable de reinterpretaciones, aunque se ha llegado a olvidar sobre qué se fundan (en general, sobre casi nada). En todo caso, el hecho de que se mantuviera la separación del plasma germinativo indica dónde está el punto esencial de la teoría de Weismann, lo que la convierte en una teoría de la herencia antes que en una simple teoría de la generación entre tantas otras.

De estas múltiples teorías nacerá una ciencia. Primero, en una forma aplicada; Galton le da un nombre en 1883: “eugenesia” (*eugenics*), que etimológicamente significa la ciencia de los buenos nacimientos (Galton, 1883). La palabra “hereditario” sirvió primero para las enfermedades y este carácter mórbido subyace en la ciencia de la herencia; después, veinte años más tarde, aparece en una forma más teórica y con el nombre de “genética” (*genetics*), propuesta en 1905 por William Bateson (no tengo la referencia precisa), la cual muy rápidamente se impuso en todos los países.

En resumen, la herencia es una noción biológica tardía. Apareció más o menos en la misma época, por medio de una individualización en el seno de la función “generación”, en la que se concibieron las teorías que son específicas aquí (un bosquejo después de 1820 y una realización plena en los últimos 40 años del siglo XIX). En lo esencial, es una invención de finales del siglo XIX. Con frecuencia se piensa que es la genética la que data de esta época y que la herencia es una idea tan vieja como el mundo (como lo son las grandes funciones biológicas de la nutrición, la respiración y la generación, etc.) y que Aristóteles ya la conocía, así: la *Encyclopédie internationale des sciences et des techniques* escribe en el artículo “Herencia”: “Esta noción, conocida de manera intuitiva desde hace mucho tiempo, es en la actualidad el objeto de una ciencia, la genética” (Morvan *et al*, 1971, p. 611). En realidad, la herencia fue inventada al mismo tiempo que la genética, el objeto fue creado al mismo tiempo que su ciencia. M. Morange veía en el gen “una construcción social e histórica” destinada a explicar la herencia que sería una función biológica natural. De hecho, si retomáramos sus términos (lo que no se haría sin haberlos enmendado), sería preciso decir que es la herencia la que es “una construcción social e histórica”. Por su parte, el gen corre tras la herencia para intentar dar cuenta, en vano, de su función biológica natural.

Por lo demás, el carácter secundario y fabricado de la acepción biológica de la palabra “herencia” se indica debido a su inadecuación con la etimología.

En efecto, las palabras *hereditas*, *hérédité*, *heredity*, *eredita*, *heredad*, remiten a la raíz indo-europea *gbe*, que indica la idea de privación. El alemán *Erbe*, *Vererbung*, remite, de manera más explícita, a la raíz *orbh*, que significa “privado de padres”; de allí procede también el griego *orphanos*, huérfano (Grandsaignes d’Hauterives, 1994). Etimológicamente, heredero es aquel que ha perdido a sus padres; lo que coincide con el sentido económico-jurídico de “herencia”, pero de ningún modo con el sentido biológico que se le adjudica. El griego utiliza palabras diferentes según las acepciones económico-jurídicas (entre otras, la explícita *patricos*, “que viene del padre”). Conoce la enfermedad hereditaria con el nombre de *nosema syngenikon*, literalmente: “enfermedad de parentela” lo que sin duda es la denominación más acertada.

La herencia ¿por qué y cómo?

¿Por qué se “inventó” la herencia y (la genética)? ¿Qué debía explicar? Desde luego, no lo que pretende la opinión común, el parecido de los hijos a los padres; lo que ya se conocía antes del siglo XIX y se explicaba por las teorías de la generación que no recurrían a ninguna herencia. En realidad, para responder a estas preguntas (sólo me interesaré por las razones científicas), es necesario examinar la fecha de aparición de la palabra (y del concepto) y aquella en la que se difunde. En efecto, aparece hacia 1820 y se difunde después de 1860. Ahora bien, 1809 es la fecha de la publicación de la *Filosofía Zoológica* de Lamarck y 1859 la del *Origen de las especies* de Darwin. Sin duda existe alguna relación entre la idea de evolución y la de herencia.

Nos debemos dirigir a Lamarck para comprender esta relación, aunque al contrario de lo que dice la leyenda, nunca propuso la más mínima teoría de la herencia y tampoco la de los caracteres adquiridos. ¿Para qué sirve la evolución en Lamarck? Para explicar el ser vivo por medio de las solas leyes físicas, excluyendo cualquier principio vitalista o intervención divina.

Según Lamarck, los seres vivos más simples aparecen por generación espontánea. Esto quiere decir que se construyen por medio de la única acción libre de las leyes físicas: lo permite la simplicidad de su organización. Así pues, se pueden explicar como entidades físicas completamente “normales” y como producciones ordinarias de la naturaleza. Por el contrario, los seres vivos más complejos no se pueden explicar de ese modo, debido a que su complejidad no se presta para una generación espontánea. Por consiguiente, se deben hacer derivar de seres más simples. Éstos engendran seres un poco más complicados que, a su vez, engendran otros un poco más complicados y así sucesivamente hasta la producción de seres tan complejos como los mamíferos y el hombre. Esta progresiva complejización es producto de la acción de las leyes físicas en la organización de los seres vivos; organización que actualmente se calificaría como “autocatalítica”. De tal modo que Lamarck puede pretender explicar los seres vivos complejos como producciones de la naturaleza que sólo necesitan las leyes de la física. Por esta razón, es necesario que estas leyes se pongan en acción, en una organización particular, durante periodos muy largos y que sobrepasen la duración de una sola generación. En este proceso se incorpora la acción del medio exterior: la diversidad de circunstancias externas y sus variaciones hacen estallar en diversas formas la complejización, que sin ella sería lineal. Lo que explica la multiplicidad de las especies. En síntesis, la explicación de seres vivos muy complejos que aparecen por generación espontánea, debe asociar un componente histórico (la evolución que atraviesa las generaciones) con un componente físico-químico (la organización y

el funcionamiento individuales de los actuales seres) (Lamarck, 1994).

Estos dos componentes se deben articular en una sola explicación. Se necesita una continuidad física entre las generaciones, de tal manera que la vida individual se prolonga en una evolución de las especies y, de este modo, la explicación histórica es una explicación física extendida en el tiempo y la explicación física actual una continuación de la explicación histórica. Se trata de un “puente” que une las sucesivas generaciones. Este “puente” corresponde a lo que más tarde se denominará “herencia”; pero en Lamarck es algo más vago e impreciso.

En efecto, Lamarck no tenía teoría de la herencia (en 1809, la palabra todavía no se usaba en su acepción biológica) y no parece haber comprendido su necesidad. Se refiere de manera implícita, pues no las nombra, a las teorías de la generación que estaban en boga en su tiempo y que daban cuenta, entre otras, de lo que llamamos “herencia de los caracteres adquiridos”; en realidad, a falta de un concepto de herencia, éstas no distinguen entre caracteres hereditarios y adquiridos. Estas teorías de la generación, de las cuales Lamarck no da ningún ejemplo (habría podido citar a Maupertuis y Buffon), estaban fundadas en la de Hipócrates; se han contado noventa versiones entre Hipócrates y Darwin, incluyendo a este último que, al contrario de Lamarck, propuso una teoría de la llamada “herencia de los caracteres adquiridos” (Zirkle, 1946, p. 91-151).

La herencia es el punto central del Lamarckismo, pero un punto que, en el mismo Lamarck, está marcado por un vacío. Este vacío se llenará, mal que bien, con la palabra y el concepto de herencia que aparece en los años 20 del siglo XIX (luego con su desarrollo después de 1859, pero esta vez en el marco del darwinismo).

Si tanto se hablaba, a finales del siglo XIX, de una “herencia lamarckiana” (que no existe en Lamarck), es porque, como lo hemos visto, se trataba del centro de la teoría y porque se llenó el vacío proyectando anacrónicamente una noción de herencia elaborada después de Lamarck y mucho más a partir de su teoría.

Es difícil precisar cómo se formó la noción de herencia. No hubo conceptualización en Lamarck y parece que tampoco en sus seguidores; sin duda, el relativo éxito del Lamarckismo no facilitó la reflexión sobre el tema. Sin embargo, podemos proponer el siguiente esquema.

La noción de herencia está ligada a la necesidad de una dimensión histórica en la explicación del ser vivo y, por lo tanto, a la noción de evolución. En efecto, en un marco teórico donde las especies son fijas, la generación es, desde el punto de vista de la especie, una simple reproducción, una casi duplicación (la palabra “reproducción” se utiliza en su acepción biológica desde el siglo XVI –viene sin duda de la agricultura donde “reproducir” significaba “producir una segunda vez”-, se encuentra en este sentido en Olivier de Serres; sentido que se deslizará hacia la idea de duplicación). En un marco fijista, la generación reproduce los genitores, incluso el tipo intemporal de la especie (en Aristóteles, la generación es la que palia la mortalidad de los individuos y permite la conservación de la forma). Así pues, la (re) producción del mismo es una repetición. Propiamente hablando, tal generación no tiene dimensión histórica, no crea nada nuevo; es una sucesión de duplicaciones, una conservación.

La generación no se puede comprender en el modo de la reproducción (el retorno circular del mismo), con la dimensión histórica que el evolucionismo le aporta a la biología (por lo menos en Lamarck). Se comprenderá en el modo de la transmisión y, eventualmente, en el de la acumulación; lo que le da una dirección y un sentido al proceso de generación (véase más adelante por qué la transmisión se impone en este papel). La noción de herencia se formará a partir de esta idea de transmisión.

La reproducción y la transmisión no son simplemente modos diferentes de la generación; existe una disimetría entre éstas. Así, la transmisión no es una reproducción; pero puede haber una reproducción por transmisión, pues la transmisión caracteriza el mecanismo de la generación, así como esta generación produce el mismo (reproducción) o el diferente. Por consiguiente, la generación-transmisión (y la herencia que saldrá de allí) es compatible tanto con el fijismo como con el evolucionismo, aunque sólo se impone con el último.

Por lo demás, lo que la reproducción reproduce es el individuo (o la forma), mientras que lo que la transmisión transmite, no es el individuo (ni la forma –excepto en Aristóteles donde lo que se transmite es el alma-forma), sino los caracteres, un plasma germinativo, genes, etc. Así pues, la transmisión tiende a separar una “parte” de la generación (y del individuo) para darle una importancia particular (esta “parte separada” de la generación será la herencia y su órgano).

Es preciso matizar aún más todo esto introduciendo la noción de variación. En efecto, la reproducción, la transmisión y la variación mantienen relaciones complejas; y puede haber una reproducción con variaciones. Así, a finales del siglo XIX, desde el punto de vista de la herencia, era corriente distinguir los “caracteres de raza” y los “caracteres individuales”. Esta distinción ya se encuentra en 1850 en Prosper Lucas y es probable que sea la reactivación de una problemática preformacionista. Por ejemplo, en el siglo XVIII, Bonnet, quien era ovista, escribe: “El germen lleva la impronta original de la especie y no la de la individualidad. Es en miniatura un hombre, un caballo, un toro, etc., pero no es cierto hombre, cierto caballo, cierto toro, etc.” (Bonnet, 1985, p. 441). Así, los caracteres específicos se dan con el germen preformado en el óvulo y no queda sino explicar los caracteres individuales y, por lo tanto, el parecido a los padres: por la forma en que la madre alimenta el germen, pero también el padre, cuya simiente cumple con esta función.

En la segunda mitad del siglo XIX, los “caracteres de raza” siempre se transmitían por la herencia; lo que aseguraba la “reproducción” y la conservación de la forma, asimilada a la raza. Los “caracteres individuales” se transmitían o no según el caso y según principios que no se conocían: la conservación de la forma no excluía la variación de los caracteres individuales y su transmisión. Todo depende entonces de la definición (que nunca se formuló) de los “caracteres de raza” y de los “caracteres individuales”, de la manera por la cual una variación puede transformar a éstos en aquéllos y de la transmisión o no de esta variación. Existe una relación entre estas diferentes nociones y todo se juega en pequeños deslizamientos de sentido que pueden pasar de la generación-reproducción a la generación-transmisión y de esta última a la evolución.

Debemos comprender por qué se impuso la idea de una transmisión cuando había que darle a la generación la dimensión histórica que le faltaba a la reproducción. Sin duda, las enfermedades y malformaciones hereditarias desempeñaron un papel importante.

En el marco del fijismo y de la generación-reproducción, es necesario concederle un lugar particular a las enfermedades y malformaciones que, antes de Lamarck, ya se calificaban como hereditarias (y por ende, ya se pensaban como transmitidas de padres a hijos).

En efecto, estas enfermedades y malformaciones perturban el esquema específico que se trata de reproducir. Son singularizadas así en el proceso de la generación. El tipo general se reproduce, pero la perturbación se transmite más de lo que se reproduce, pues actúa como una marca que se puede seguir, un sello que caracteriza una descendencia e indica su continuidad. Traza una línea vertical que atraviesa las capas horizontales que son las generaciones sucesivas,

una línea que forma el filo de la historia. Desde luego, es una historia que trasmite y conserva (la enfermedad o malformación), que crea de nuevo: una historia que no le puede servir de explicación a Lamarck, pero que puede utilizar como soporte para esta explicación indicándole una línea directriz.

Se refutará que un carácter “normal” también podría desempeñar este papel de sello que permite seguir una descendencia a través de las generaciones y, por consiguiente, calificarse como hereditario. Sería olvidar que, si los hijos se parecen a los padres independientemente de cualquier enfermedad o malformación, estas semejanzas siempre son vagas y se diluyen muy rápido en el transcurso de las generaciones; no se pueden seguir por mucho tiempo. Asimismo, los caracteres en apariencia mejor definidos, como el color del cabello o de los ojos, son muy inciertos y variables (a menudo en el mismo individuo). Además, están muy propagados en la población para caracterizar una descendencia particular a través de los múltiples cruces. En una concepción ingenua, un individuo pudo haber heredado los ojos azules de su padre, de su abuela materna, de uno de sus cuatro bisabuelos o de cualquiera de sus ancestros que tuvieron los ojos azules; por el contrario, seguramente su hemofilia procederá de alguno de sus ancestros que era hemofílico. En el marco de la normalidad sólo convendrían como sellos las características físicas muy marcadas, como el prognatismo de los Habsburgo, cuya transmisión podemos seguir en los retratos; pero ya son casi malformaciones.

Nos imaginamos que los caracteres fenotípicos “normales” habrían podido servir de sellos para marcar las descendencias, debido a que los vemos a través de los esquemas teóricos de la genética (esquemas construidos por Morgan a partir de las mutaciones patógenas y teratógenas de la drosófila). En realidad, desde un punto de vista práctico, sólo las enfermedades y malformaciones podían desempeñar este papel. El hecho de que estas enfermedades y malformaciones (ya estudiadas en el siglo

XVIII por Maupertuis y Bonnet) hayan sido los primeros caracteres biológicos en calificarse como hereditarios, lleva a pensar que es el camino que se ha seguido. Con respecto a este calificativo de “hereditario” y la analogía que presupone, anotaremos que en el siglo XVIII, el *Dictionnaire des synonymes* de Condillac precisa para el término “heredar”: “Decimos, en sentido figurado, *heredar* virtudes y vicios de los padres” (Condillac, 1951); se agregarán las enfermedades y malformaciones, como especies de “vicios corporales”.

Es probable que el ejemplo de la transmisión de estas enfermedades y malformaciones ya calificadas como “hereditarias” extendió la explicación histórica lamarckiana hacia la herencia (en el sentido económico-jurídico del término), con una transmisión de caracteres biológicos sobre el modelo de la transmisión de bienes: un “patrimonio hereditario”, así como existen fortunas familiares. A su vez, este modelo económico-jurídico extendió la explicación histórica hacia la idea de una acumulación progresiva de los caracteres biológicos y en detrimento del proceso de complejización “autocatalítico”, que tiende a desaparecer en las interpretaciones del Lamarckismo. A finales del siglo XIX, se hablará de este proceso acumulativo como de una “herencia de los caracteres adquiridos”, en el momento en que los caracteres biológicos ya no se consideran como igualmente transmisibles; en realidad, se trata de la herencia “a secas”, es decir, de la herencia en su forma original, tal como se concibió sobre el modelo de la herencia económico-jurídica y que se comprendía como tal hasta los años 80 del siglo XIX. La herencia no acumulativa —la que conocemos en la actualidad— es una forma derivada de esta herencia original, una forma que remite a una generación que se concibe como una reproducción y que se aleja de lo que era justamente característico de la herencia original: la introducción de una dimensión histórica en lo que sólo era una reproducción.

Debemos hacer aquí una pequeña digresión sobre la siguiente pregunta: ¿puede calificarse una enfermedad

como carácter biológico? *A priori*, parece que no: una enfermedad no es un carácter biológico, es la alteración de uno (o más) carácter (es) biológico (s). Por consiguiente, la herencia de una enfermedad no es la herencia de un carácter, sino la herencia de la alteración de un carácter (el cual tiene un determinismo muy amplio y comprende diversos factores genéticos y no genéticos). Esto significa que si la enfermedad es hereditaria, en tanto que alteración de un carácter, el carácter que altera, propiamente hablando, no es hereditario; puesto que su determinismo no se reduce al de su alteración y comprende varias especies de factores diferentes (como lo anunciamos antes, no existen caracteres verdaderamente hereditarios, excepto la estructura primaria de las proteínas; esta última herencia ya no es en la actualidad tan estricta como todavía lo era hace algunos años). Así pues, el hecho de que una transmisión de caracteres biológicos se haya imaginado a partir del ejemplo de la transmisión de las enfermedades introducía, desde el comienzo, un vicio conceptual en la noción de herencia.

Encontramos este problema entre los años 1910 y 1920, cuando Morgan elabora los principios de la genética moderna a partir de las mutaciones de la drosófila. Estas mutaciones (naturales o provocadas por agentes como los rayos X) producen diversas malformaciones y enfermedades en este insecto. Aún aquí, la herencia de malformaciones y enfermedades sirvió de modelo para la herencia de los caracteres biológicos. Por ejemplo, tomemos el caso de la mutación que le da ojos blancos a la drosófila (que normalmente tiene los ojos rojizos). Esta mutación no sólo tiene este efecto, también disminuye la actividad del animal y reduce la duración de su vida. Esto significa que perturba numerosos procesos fisiológicos y que está en el origen de una enfermedad hereditaria, uno de cuyos síntomas es el color blanco de los ojos. La genética de Morgan retiene este único síntoma, pues es el más evidente y fácil de observar y estudia su transmisión. Actúa como si estudiara la herencia del carácter “ojos blancos” (o del carácter “color de los ojos”), cuando en realidad estudia la herencia de una

mutación que provoca una enfermedad cuyo síntoma más evidente es la posesión de ojos blancos en vez de rojizos; es decir, la herencia de la alteración de un carácter (entre otras alteraciones) y no la herencia de este carácter.

No podemos desarrollar aquí este complejo problema de las relaciones de la herencia y la patología, pero algunas observaciones bastarán para hacer presentir que estas relaciones están en el origen de muchas dificultades teóricas.

Aclaran la obsesión que la genética tiene hace tiempo por la herencia mórbida, con sus consecuencias eugenésicas. También explican por qué en la actualidad las enfermedades hereditarias son objeto de una insistencia mediática sin ninguna medida común con la frecuencia de sus casos, ni con la dimensión del problema de salud pública que constituyen: cuando no se sabe lo que es un carácter hereditario, ni lo que es un gen, no queda sino aferrarse a las enfermedades genéticas, tan raras como sean.

Pero volvamos al problema de saber cómo se impone la transmisión (después la herencia) en las teorías de la generación. Es necesario agregar el siguiente hecho a los ejemplos de las enfermedades y malformaciones hereditarias: la primera mitad del siglo XIX vio regresar y desaparecer las concepciones vitalistas y las teorías preformistas aunque, con respecto a la generación, sólo quedan en la palestra las teorías derivadas de Hipócrates, es decir, las teorías donde la reproducción se hacía según el modo de la transmisión (en Hipócrates era la transmisión de una muestra representativa de los humores del cuerpo; en Weismann, será la transmisión de una muestra representativa de bióforos. La novedad será la separación y la continuidad de esta muestra que se vuelve así un plasma germinativo, órgano especializado de la herencia). Independientemente del evolucionismo, la transmisión está bien instalada para volverse la explicación

de la generación y por el simple hecho de la desaparición progresiva de otras teorías.

Aunque la herencia sólo aparece después de Lamarck y no se desarrolla realmente sino después de Darwin, posee cierta autonomía frente al evolucionismo (de este modo, Prosper Lucas es fijista). La distinción que evocamos antes entre los “caracteres de raza” (siempre transmitidos) y los “caracteres individuales” (cuya transmisión es variable) permitía conciliar el fijismo con la herencia (incluso la de los caracteres adquiridos). Si recordamos que el lamarckismo reposa sobre la idea de la continuidad de las formas vivientes, también podemos considerar que esta distinción entre los caracteres apunta a sacar la herencia de su marco evolucionista de origen para dar una explicación de la reproducción en un marco fijista (la obra de Prosper Lucas contiene una crítica del lamarckismo). Finalmente, observamos que la dimensión histórica propia de la herencia original, en vez de ser pura y simplemente eliminada como en el fijismo, también se puede invertir: una degeneración en lugar de una evolución; este será el caso en las teorías eugenésicas, que se difundirán a partir de los años 80 del siglo XIX y perdurarán hasta los años 50 del siglo XX.

Evidentemente, todo esto es especulativo pues nadie sabe con exactitud cómo se formó la noción de herencia biológica (sin duda a partir de los años 20 del siglo XIX, pero debió tomar cierto tiempo; véase más adelante el periodo darviniano). En realidad, nadie se interesa por este tema, pues todo el mundo parece pensar que la herencia es una noción evidente que siempre ha existido. De todos modos, lo que es seguro, es que esta herencia nunca fue conceptualizada ni definida verdaderamente; fue una construcción del sentido común, una analogía económico-jurídica, que poco a poco se consideró como una especie de función fisiológica natural, “que procede de sí misma”, como la generación, la nutrición o la respiración.

La teoría de Lamarck tuvo muy poco éxito. Por el contrario, cincuenta años más tarde, la de Darwin tuvo mucho auge. La herencia (y la evolución) sólo balbuceó después de Lamarck y conoció un gran éxito después de Darwin. De allí procede el desarrollo de las teorías aferentes después de 1859.

En el *Origen de las especies*, las palabras “herencia y hereditario”, aparecen brevemente en su acepción biológica de “transmisión de caracteres”. Así pues, Darwin conocía esta noción y también se refería al tratado de Prosper Lucas que versa sobre el tema. Da como ejemplo los “casos de albinismo, de piel espinosa y velluda, etc., heredados en varios miembros de una misma familia” y a continuación escribe: “Ahora bien, si las desviaciones raras y extraordinarias pueden transmitirse realmente por medio de la herencia, con mayor razón podemos sostener que las desviaciones menos extraordinarias y más comunes también se pueden transmitir” (Darwin, 1992, p. 58).

La enfermedad y la malformación son todavía los arquetipos de los caracteres hereditarios; o el arquetipo de las variaciones hereditarias de estos caracteres: en el darwinismo, la herencia de las variaciones importa mucho más que la de los caracteres. Véase más adelante nuestras observaciones sobre la genética de Morgan.

Sin embargo, Darwin no tiene una teoría de la herencia en el *Origen de las especies*. En esta obra también escribe que las leyes de la herencia son desconocidas (Darwin, 1992, p. 57). Propondrá tal teoría algunos años más tarde; se trata de su “hipótesis de la pangénesis”, que por lo demás es una teoría de la generación –inspirada en la de Hipócrates *vía* Maupertuis- antes que una teoría de la herencia propiamente hablando (Darwin, 1868, pp. 398-431).

El desarrollo darwiniano y posdarwiniano de la noción de herencia se hará entonces sin que se afine la conceptualización, y con las siguientes complicaciones que terminaron por embrollarlo todo.

En primer lugar, Darwin nunca comprendió el papel que Lamarck le había dado a la evolución. Su obra se titula *El origen de las especies* y busca explicar efectivamente este origen (el hecho de que existen diferentes especies adaptadas a su medio) de una forma distinta a los principios de la teología natural: una creación por un Dios omnisciente y omnipotente (Pichot, 1996, p. 25).

Le era completamente ajena la necesidad de una explicación histórica, como complemento de la explicación físico-química actual del ser vivo; en la época de Lamarck, la existencia del vitalismo hacía que este problema se volviera muy agudo y sensible.

Esta necesidad epistemológica de la evolución también escapa a una de las ramas del darwinismo (que se calificará como anglosajón) que, en este caso, ha continuado el trabajo de Darwin. Por el contrario, en Alemania se percibió mejor el problema de la articulación de la explicación histórica y de la físico-química, debido al desarrollo de la química como especialidad nacional (especialmente la química orgánica, con el impulso de Justus von Liebig) que en el siglo XIX tenía una importante tradición en el análisis químico del ser vivo. Probablemente, es la explicación del por qué las teorías de la herencia se multiplicaron en este país en la segunda mitad del siglo XIX. Tal vez más en la prolongación de la tradición química alemana que en la clara percepción de la necesidad epistemológica antes mencionada; las teorías particulares de la “materia viviente”, que son la base de las primeras teorías de la herencia, están directamente inspiradas por la química de la época.

De este modo, el principal representante del darwinismo alemán, Ernst Haeckel, asociaba las tesis de Lamarck y Darwin (tanto el uno como el otro creían en lo que nosotros llamamos “herencia de los caracteres adquiridos”, lo que no planteaba ningún problema) y se convertía en el campeón de un materialismo biológico al unir estrechamente la

explicación físico-química y la evolución (que por lo tanto se debían percibir como complementarias y articuladas). De Haeckel procede la tradición de una biología a la vez evolucionista y materialista; más que del mismo Darwin, quien siempre mantuvo lo vago e indeciso en este género de problemas. Veamos lo que escribe Haeckel sobre la herencia en 1868 (el subrayado es suyo):

De una manera general, se puede decir que la herencia se caracteriza por la continuidad material, por la identidad material parcial del organismo generador y del organismo procreado, del hijo y de los padres. Debido a cualquier acto reproductor, cierta cantidad del protoplasma o de la materia albuminoide de los padres se transmite al hijo y con este protoplasma *el modo individual especial del movimiento molecular* se transmite simultáneamente. [...] De otra parte, la adaptación o la variación es simplemente el resultado de las influencias materiales experimentadas por la materia constituyente del organismo bajo la influencia del medio ambiente material [...]. En cada acto de adaptación, el movimiento molecular especial en el individuo se trastorna o modifica, ya sea en la totalidad del individuo o en una de sus partes, por medio de influencias mecánicas, físicas o químicas. Por esto, los movimientos vitales del plasma, los que son innatos, heredados, es decir, los movimientos moleculares de las más pequeñas partículas albuminoideas, cambian más o menos. (Haeckel, 1874, pp. 142-143).

Y estos cambios se pueden transmitir a la descendencia pues, en Haeckel, la herencia es a la vez “conservadora” y “progresiva”, conserva y acumula los adquiridos y, además, los transmite.

Un poco más tarde, hacia finales de los años 80 del siglo XIX, el problema de la articulación de la física y de la historia se menciona explícitamente (aunque muy brevemente) en las dos principales teorías de la herencia de este siglo: la de la pangénesis intracelular de De Vries (que era holandés pero escribía en alemán) y la del plasma germinativo de Weismann; sin embargo, Weismann, quien comenta este

tema en De Vries, minimiza su importancia (De Vries, 1910, pp. 39 y 43; Weismann, 1893, pp. 39 y 47). En todo caso, esto significa que este problema todavía se percibe, aunque tiende a borrarse.

Más tarde desaparecerá completamente (incluso en estos dos autores) y la herencia sólo será una modalidad de la generación. Las razones son múltiples. Sin duda, la principal es, además de la incompreensión del problema en numerosos darvinistas, el hecho de que la generación se asimilará de nuevo a una reproducción; debido a la vez a la supresión, por Weismann, de la herencia de los caracteres adquiridos (al contrario de lo que en la actualidad afirman los biólogos, esta supresión era una posición puramente teórica, como lo afirmaba el mismo Weismann) y a la teoría de la mutación de De Vries, en la cual la variación es justamente un accidente que perturba una reproducción por lo demás conservadora. Teoría que está acompañada en su autor, de manera significativa, por una concepción casi tipológica de la especie.

Es necesario agregar a lo anterior que toda la dimensión física de la herencia se eclipsa con la desaparición de las teorías particulares de la “materia viviente” (pangénesis de De Vries y bioforos de Weismann) a comienzos del siglo XIX y con el reino de la genética formal y la genética de las poblaciones; y esto, prácticamente hasta los trabajos de Avery sobre el ADN en 1944. Así pues, se olvida definitivamente el papel de la herencia en la articulación de la física y la historia. En adelante, la herencia se reduce a la transmisión conservadora de caracteres o a la transmisión de genes cuya función es la de dirigir estos caracteres. Aún se define así en la actualidad (véase más adelante las debilidades de esta definición).

En resumen, la herencia nació de la necesidad, en el Lamarckismo, de articular una explicación histórica con la explicación física del ser vivo, ya sea en la necesidad de pasar de una generación ahistórica que reproduce la misma forma a una generación integrada en un proceso histórico

de evolución de las formas. Lo que se ha comprendido, por analogía con la herencia económico-jurídica, como una transmisión de caracteres biológicos de padres a hijos: las enfermedades hereditarias sirven de ejemplos y la generación hipocrática provee un posible mecanismo. Todo esto sin que hubiera existido la más mínima conceptualización.

La articulación de las explicaciones física e histórica se ha materializado entonces en un proceso biológico: la herencia-transmisión-de-caracteres fue primero una manera de comprender la generación de tal modo que fuera compatible con la evolución (allí donde en otro tiempo sólo existía una reproducción), después se volvió un proceso biológico en sí; cualquiera que haya sido la dificultad para definir los caracteres transmitidos. Esta herencia-transmisión-de-caracteres, puramente analógica y no conceptualizada, logró así su independencia, se liberó de su marco inicial (la articulación de las dos explicaciones biológicas) y se transformó, sobre todo con la irrupción del darwinismo. De esta manera, se llegó a conceptualizarla como un proceso biológico (con el mismo título que la generación), un proceso que necesita una explicación como cualquier otro; mientras que en un comienzo era en sí misma una noción explicativa y una manera de explicar la generación. Y además se le encontraron leyes: en 1866, con Mendel, quien no utiliza la palabra -y apenas la noción- se trata simplemente de leyes de hibridación.

Finalmente, esta herencia-transmisión-de-caracteres se explicó por la transmisión de genes que dirigen dichos caracteres y sin que nunca se haya definido con exactitud lo que es un carácter hereditario (ejemplo de una noción falsamente evidente), ni lo que es un gen (aquí habrían más bien muchas definiciones).

Cuando examinamos su génesis de cerca, vemos que la herencia no es propiamente hablando una función fisiológica, como la generación o la nutrición. Pero es muy difícil decir lo que puede ser y precisar su estatuto epistemológico. Es un “objeto biológico no identificado”,

un “OBNI”: es tanto una manera de explicar la generación, como un proceso biológico que requiere explicación, así como ambos a la vez.

La función, la forma y el desarrollo de la genética

La genética tiene una función y esta función explica su importancia, forma y desarrollo, a falta de un objeto bien identificado.

Cuando el ser vivo tiene necesidad de dos explicaciones complementarias, la una física (fisiología y bioquímica) y la otra histórica (evolucionismo), es necesario reunir ambas explicaciones en una, unificarlas. Es la función de la genética.

Y para ejercer esta función unificadora, la genética utilizará la noción de herencia, que al mismo tiempo pretende estudiar como si se tratara de un objeto biológico.

Es lo que quiere decir M. Morange (anteriormente citado) cuando escribe que el gen es “el vínculo que mantiene el conjunto de la biología contemporánea”. En realidad, no es el gen, sino la genética la que mantiene el conjunto de las diversas explicaciones biológicas. Sin embargo, la expresión de M. Morange es esclarecedora, pues sobreentiende que el gen (como la herencia) no es ciertamente un objeto biológico para estudiar (como la circulación sanguínea, la síntesis de proteínas o el ADN), sino que es una noción explicativa construida para articular los diferentes componentes de la biología; mucho más que para explicar la semejanza de los hijos a los padres, la transmisión de caracteres u otras cosas de este estilo.

Debido a su función, la genética ocupa una posición central en biología, incluso un lugar dominante. Por lo demás, su ambición es explícita con el nombre que se le da de “teoría sintética”, desde finales de los años 30 del siglo XX, a una

especie de alianza entre disciplinas biológicas que apuntan a una explicación total del ser vivo bajo la autoridad de la genética o de la de los genetistas que la han propuesto. No obstante, esta posición dominante es un poco ilusoria, pues la genética se construyó en función de disciplinas que debía articular y calcó su desarrollo sobre el suyo, a falta de un objeto bien definido que debería explicar. En cada una de las etapas de este desarrollo, las teorías de la herencia que propuso estaban condicionadas por las explicaciones física e histórica por entonces en boga en biología, antes que por la naturaleza de un supuesto objeto.

Esta dependencia es primero sensible en la forma de la genética. En efecto, está escindida en dos disciplinas principales, cada una unida a ambas ramas de la explicación biológica.

De un lado, está la genética fisiológica (en la actualidad representada por la genética molecular), que estudia el mecanismo físico-químico de la transmisión de los caracteres por los genes. Esta genética se une a la explicación física del ser vivo y se inclina hacia la bioquímica y las disciplinas afines. Del otro, está la genética de poblaciones, que se preocupa poco por la naturaleza física de la herencia, pero estudia la proporción de los diferentes genes en el seno de las poblaciones y propone modelos matemáticos de la evolución de esta proporción al filo de las generaciones. Esta genética de poblaciones se inclina hacia el evolucionismo: ha pretendido explicarlo reduciendo la evolución de las especies a una evolución de la proporción de los diferentes genes en el seno de las poblaciones. Así pues, se incorpora a la explicación histórica del ser vivo.

La genética formal, inventada por Morgan, se encuentra entre ambas ramas de la genética, participando de cada una y produciendo así su unión. Tiene un estatuto híbrido. Es vecina de la genética de poblaciones debido a sus métodos –pero los aplica en descendencias definidas

antes que en poblaciones consideradas de manera indiferenciada- y pretende sacar conclusiones sobre el mecanismo de la herencia, lo que la acerca a la genética fisiológica; sin embargo, no se interesa por la naturaleza físico-química de este mecanismo. Es una genética pseudo-poblacional por los métodos y pseudo-fisiológica por los resultados. No le pertenece a la evolución genética de las poblaciones, ni a la fisiología genética del individuo; está entre ambas, es una genética familiar, una genética de “parentela” (como las enfermedades del mismo nombre; pues se constituyó a partir de tales enfermedades –o de su reemplazo en la forma de mutaciones provocadas en la drosófila-).

El principal resultado de la genética formal y al mismo tiempo su fundamento es lo que se denomina “teoría cromosómica”, es decir, la teoría que pretende que los cromosomas sean los portadores de la herencia (la genética formal los cartografía localizando las mutaciones). Esta “teoría cromosómica” asegura la unidad de toda la genética. Es su principal esquema explicativo y a partir del cual la genética de poblaciones construye sus modelos y desde el cual la genética fisiológica elabora su mecánica de los genes. Es una especie de eje que atraviesa las diferentes ramas de la genética y las reúne en una sola y misma ciencia.

Sin embargo, esta denominación de “teoría cromosómica” es abusiva. Sería mejor hablar de “modelo cromosómico” de la herencia, pues esta teoría cromosómica es en realidad un modelo y su estatuto epistemológico es con certeza el mismo que el de los modelos de la genética de poblaciones. Evidentemente, esto procede de los métodos de la genética formal que se pueden comparar con los de la genética de poblaciones y, por lo tanto, sus resultados tienen estatutos comparables. Lo que quiere decir que esta “teoría cromosómica” tiene, a lo mejor, un valor heurístico, pero de ningún modo puede pretender un estatuto de teoría científica.

La distinción entre la teoría y el modelo no es despreciable, por más que les parezca a la mayor parte de los genetistas. Esta “teoría cromosómica” se encuentra en el centro de la genética; permite la articulación entre la genética fisiológica y la genética de poblaciones y, por ende, la articulación de la explicación física e histórica en biología. Convendría entonces tomar la exacta medida. Señalemos que la ponen en entredicho algunas proposiciones actuales, como la de Henri Atlan (Atlan, 1999).

Así pues, la genética es muy heterogénea en sus métodos y en el estatuto epistemológico de sus componentes, aunque se crea que tiene un objeto único (la herencia). Esta heterogeneidad se origina porque los dos modos de explicación biológica que articula son heterogéneos, el uno tiene un estatuto comparable al de las ciencias físico-químicas y el otro no tiene un estatuto muy definido. Es muy difícil precisar lo que puede ser el estatuto epistemológico de la evolución darwiniana; sin duda, algo que se aproxima al estatuto de las ciencias económicas. M. Morange considera esta heterogeneidad como la riqueza de la noción de gen. Tal vez una riqueza. Pero es también y, sobre todo, el origen de múltiples dificultades y, en primer lugar, el origen de la incapacidad de la genética para constituirse en una verdadera ciencia.

El principal signo de esta incapacidad se encuentra en la manera por la cual la genética se ha desarrollado. En lo esencial, este desarrollo ha consistido en una continua reinterpretación de los mismos esquemas explicativos y su adaptación al desarrollo de dos tipos de explicación que deben articular, según el predominio del uno sobre el otro. La genética avanza únicamente por el progreso de dos explicaciones que articula y sin que sus propios esquemas explicativos se modifiquen de otra forma que en la superficie; por lo menos hasta el presente, pues la situación actual podría aportar cambios que acaben completamente con dichos esquemas.

Existe todo un juego entre la constancia de los esquemas (que da la impresión de que la genética tiene un objeto de estudio real y estable: la herencia asimilada a estos esquemas) y la diversidad de las interpretaciones (que da la impresión de un progreso en la explicación de este objeto).

Este juego de la constancia de los esquemas y la diversidad de las interpretaciones es muy visible cuando se describe la historia.

A finales del siglo XIX, la genética era puramente fisiológica (plasma germinativo de Weismann y pangénesis intracelular de De Vries), pero una fisiología por completo especulativa, cuya base (la teoría particular de la “materia viviente”) desapareció muy rápido y sólo dejó huellas en la concepción particular de la herencia (el gen como partícula de la herencia).

A comienzos del siglo XX, la genética se inclinó hacia la otra rama de la explicación biológica, la teoría de la evolución, debido a esta desaparición y por falta de una fisiología adecuada a sus necesidades. De este modo, se desarrollaron la genética de poblaciones y la genética formal (esta última actuando como complemento pseudo-fisiológico de la primera). Ambas renunciaron a especular sobre la naturaleza física y la fisiología de la herencia, pero conservaron el esqueleto de la teoría weismanniana, que reinterpretaron para convertirla en la base de sus modelizaciones. Estas modelizaciones se agotaron en sí mismas en los años 30 y 40 del siglo XX y donde terminaron dando vueltas.

El desarrollo de la bioquímica y de la biología molecular comenzaba a dejar entrever la posibilidad de estudios más finos de los procesos biológicos. En 1944, Schrödinger propuso una nueva interpretación del esquema weismanniano, lo que permitió reciclarlo en el marco de la bioquímica y de la biología molecular, bajo la forma de

lo que se denomina “programa genético”. Tuvimos entonces una oscilación en sentido inverso y se desarrolló una nueva genética fisiológica (la genética molecular), mientras que la genética de poblaciones y la genética formal, agotadas, pasaban a un segundo plano y se volvían disciplinas accesorias; sin embargo, sin invalidarse, simplemente dependen de otra interpretación del mismo esquema. Y esto hasta la mitad de los años 70 del siglo XX, donde la interpretación de Schrödinger encontró dificultades y vemos reaparecer toda clase de viejas ideas de finales del siglo XIX y comienzos del XX, en las que algunos se esfuerzan por darle un nuevo aire reinterpretándolas en términos modernos.

Acada una de estas etapas corresponde una o más definiciones del gen, entre las que se encuentran las que hemos expuesto anteriormente. Estas diversas definiciones, inherentes a las distintas interpretaciones del mismo esquema explicativo, se acumulan más o menos las unas sobre las otras (según su aproximada compatibilidad), del mismo modo que dichas interpretaciones se suceden sin verdaderamente invalidarse entre ellas.

Así pues, tenemos una acumulación y una sucesión (con recubrimientos parciales) de desarrollos desiguales de las diferentes ramas de la genética, el todo se unifica por la reanudación de los mismos esquemas explicativos reinterpretados sin cesar y ofrecidos al gusto del momento. El plasma germinativo de Weismann, la teoría cromosómica de Morgan, el programa genético y todas sus variantes tienen el mismo esqueleto, pero este esqueleto se recubre de diferentes ropajes, algunas veces superpuestos. El progreso se da más en el ropaje, más o menos rico y sofisticado, que en los principios, siempre los mismos y muy rudimentarios. Muy rudimentarios, si los relacionamos con las normas científicas actuales, puesto que datan de hace más de un siglo.

El peso de la vestimenta ha terminado por romper el esqueleto. Así, en los años 70 del siglo XX, el mejor

conocimiento de los mecanismos de la síntesis de proteínas se alcanzó con la concepción schrödingeriana en la que se fundó la genética molecular. El esqueleto perdió sus vertebras y sólo se sostiene de pie gracias a los adornos y lentejuelas que rigidizan su capa. Evidentemente, estos adornos y lentejuelas se presentan en los medios de comunicación como el triunfo de la genética.

La pertinencia de la herencia

Una vez que se aclara la función y la forma de la genética, podemos intentar volver, si no sobre el estatuto, por lo menos sobre la pertinencia de la noción de herencia. Existen dos niveles posibles de análisis epistemológico: el que piensa que la herencia es un proceso biológico (como por ejemplo la función digestiva) y el que considera que la herencia es en sí misma una noción explicativa, una manera de comprender la generación. Veamos el primero y más simple.

Si la genética tiene como función articular las explicaciones física e histórica, tiene por objeto, de una parte, la articulación entre la organización y el funcionamiento individuales del ser vivo y, de la otra, la evolución de las especies. Más concretamente, debe estudiar el determinismo que sus padres (y por medio de éstos, sus ancestros) hacen recaer sobre el individuo; determinismo que se mezclará con los factores externos actuales para producir este individuo. Por último, se debe verificar si la herencia, concebida como una transmisión de caracteres o de genes, corresponde a tal objeto.

La crítica es inmediata: tal herencia está “artificialmente separada” del resto de la generación, pues es totalmente por medio de la generación que existe una continuidad física entre los padres y los hijos y, por ende, un determinismo de los unos sobre los otros. Esta crítica no es nueva. Así, en 1903, el *Traité de biologie* del neolamarckiano Félix Le Dantec incluye un subcapítulo titulado: “Que le problème

de la hérédité n'est pas un problème distinct" ["Que el problema de la herencia no es un problema distinto"] y se sobreentiende: distinto de la generación (Le Dantec, 1903). También podríamos comprender en este sentido uno de los raros pasajes coherentes de las teorías de Lyssenko (Lyssenko, 1953, p. 493 y ss.). Finalmente, las críticas de Henri Atlan, en su obra antes citada, también se ocupan de esto. Como si las preguntas que no obtienen respuesta acabaran siempre por resurgir.

Seguramente se puede argüir que, aunque es por completo la generación la que asegura la continuidad física entre los padres y los hijos, nada impide que una "parte" tenga una importancia particular en este campo (parte que se llamará "herencia") y que el resto es subalterno y debe ser considerado, a lo mejor, como lo que asegura las regulaciones. Sería preciso comprender cómo distinguir una y otra parte (la herencia y la regulaciones; en Atlan, el banco de datos y el programa) y determinar la importancia de cada una, etc. La discusión es interminable; en sentido propio: no tiene un límite al cual se pueda llegar, no hay salida.

De manera general, y por el momento, basta constatar que la herencia-transmisión (de caracteres o de genes) no concuerda bien con una genética que articula las explicaciones física e histórica del ser vivo. Es pues el resultado de una mala conceptualización; en pocas palabras: la herencia tiene una doble naturaleza debido a su origen, a la vez física e histórica, lo que se ha "resuelto" reduciendo la historia a una memoria inscrita en una sustancia, plasma germinativo o ADN. De esta manera, la historia es "fiscalizada" y también "materializada" y entonces se puede inyectar en la organización y el funcionamiento físico-químico del individuo; lo que es una pobre concepción de la articulación de las explicaciones física e histórica.

En un segundo nivel, el análisis consiste en considerar que la herencia no es realmente un objeto biológico (como el parecido de los hijos a los padres) que una ciencia (la genética) debería estudiar, sino que apareció porque era necesario articular entre ellas dos explicaciones biológicas complementarias.

Está estrechamente ligada a estas dos explicaciones, a las que debe su existencia y forma. Pertenece así a un momento particular de la historia de la biología. Antes de este momento no existía. Excepto el caso de las "enfermedades de parentela", no había herencia biológica antes de Lamarck y sólo se desarrolló realmente después de Darwin. Y no hay signos que nos indiquen que está destinada a sobrevivir.

También podríamos imaginar que si la biología hubiera dado de entrada una explicación unificada del ser vivo, la herencia no habría existido jamás. Por el contrario, una función fisiológica como la generación siempre existiría, si no en tanto que función (pues esta biología tal vez no habría recurrido a la noción de función), por lo menos como un proceso biológico que debe explicarse. Evidentemente, se trata de una ficción, pero muestra por qué la herencia no puede tener un estatuto comparable al de una función fisiológica u otro objeto biológico identificado.

Para retomar la expresión que M. Morange destinaba al gen, la herencia es una "construcción histórica", una construcción propia de cierto estadio de la biología (que descubre, con Lamarck y después con Darwin, la necesidad de la evolución para explicar el ser vivo en el marco de las leyes físicas). Pero es una construcción que se ha llegado a considerar como un objeto biológico natural susceptible de un estudio propio.

Mezcla y bricolajes

Sin duda, hemos encontrado todo esto muy enredado y tenemos razón: es efectivamente muy enredado. Las doctrinas informes no tienen historia y, si poseen una, es muy difícil de describir. El fin del siglo XIX y el comienzo del XX, que ven el nacimiento de los principales conceptos de la genética, son para la historia de la biología un periodo increíblemente desordenado. La mayor parte de los textos relativos a la herencia, incluso los de Weismann y, aún más, los de De Vries, son muy difíciles de leer en la actualidad; en cuanto a los autores de menor importancia, nos preguntamos no sólo si hacen bien la ciencia, sino además lo que quieren decir. No se trata de juzgarlos anacrónicamente reprochándoles no haber tenido los conocimientos que poseemos en la actualidad. Es preciso simplemente reconocer que los problemas nunca se plantean correctamente (suponiendo que sean planteados), que la especulación más desenfadada reina sobre las teorías y que, detrás de todo esto, se perfilan las influencias ideológicas más dudosas. En todo caso, la herencia que se inventó nunca se definió en los términos en que se debe delimitar un objeto científico.

Lo más molesto es que nunca hubo depuración ni mejoría, sino solamente interpretaciones, aunque la actual genética trabaja con conceptos que han sido avanzados para esta época y que los genetistas ya no conocen su origen exacto; lo que en general compensan inventándoles una historia adaptada a las necesidades de la causa: Weismann ha tenido derecho a la historia más reescrita, pues es el principal autor del esquema explicativo. Sin duda, esto ocurre en la mayor parte de las ciencias, pero ha tomado proporciones tan considerables, que la reescritura de la historia se ha vuelto una especie de género literario, cuyos productos casi se integran al cuerpo de la doctrina de la disciplina. De esto se desprende que la genética es, desde un punto de vista científico y epistemológico, una verdadera mezcla donde los genetistas han terminado por perderse.

Esto no parece molestarlos. Rodean el obstáculo elogiando lo vago (como M. Morange) o el bricolaje (como F. Jacob), o aún calificando como “dogmas” sus principios que no reposan sobre nada y tratando de herejes a quienes se atreven a criticarlos; sin duda, la genética es, si no la única ciencia en tener sus “dogmas”, por lo menos la única en calificarlos abiertamente como tales.

Para terminar, tenemos el último retoño de este embrollo: el “talento genético”, presentado como tecnología de punta, cuando sabemos que consiste sobre todo en un bricolaje empírico que completa los bricolajes teóricos antes mencionados y que pretende justificarlos. Desde luego, un bricolaje que algunas veces es útil en medicina (más por la producción de sustancias medicamentosas que por aleatorias terapias génicas), pero la reflexión nunca ha sido reemplazada por las exhibiciones de enfermos y de buenos sentimientos.

Bibliografía

- Atlan, H. (1999). *la Fin du “tout génétique”. Vers de nouveaux paradigmes en biologie*, París, Inra Éditions.
- Avery, O. T., MacLeod, C. M. y MacCarty, M. (1944). “Studies on the Chemical Nature of the Substance Inducing Transformation of Pneumococcal Types”, *Journal of Experimental Biology and Medicine*, 79.
- Boiste, P. (1829). *Dictionnaire universel de la langue française*, París, Verdière.
- Bonnet, Ch. (1985), *Considérations sur les corps organisés* (1762), París, Fayard.
- Condillac, É., (1951). *Dictionnaire des synonymes, en Œuvres philosophiques*, vol. 3, París, PUF.

- d'Orbigny Ch. (1842-1849), *Dictionnaire d'histoire naturelle*, París, Langlois, Leclercq, Fortin et Masson.
- De Vries, H. (1889). *Intracelluläre Pangenesis*, Jena, Fischer.
- _____. (1910). *Intracellular Pangenesis*, trad. de C. S. Gager, Chicago, Open Court, Parcialmente traducida al francés en Ch. Lenay, *la Découverte des lois de l'hérédité, une anthologie*, París, Presses Pocket, 1990.
- Darwin, Ch. (1868). *De la variation des animaux et des plantes sous l'action de la domestication*, t. II, trad. franc. de J.-J. Moulinié, París, Reinwald. [*La variación de los animales y las plantas bajo domesticación*. Madrid, Catarata, CSIC; México, Academia Mexicana de Ciencias, Universidad Autónoma de México, 2008].
- Darwin, Ch. (1992). *l'Origine des espèces*, trad. de la primera edición de D. Becquemont según la Edición de Barbier, París, GF-Flammarion. [*El origen de las especies*, Madrid, EDAF, 1985].
- Delage, Y. (1909). *Hérédité et les grands problèmes de la biologie générale*, París, Schleicher, 2e éd.
- Fagot-Largeault, A. y Kahn, A., (2000). "Biotechnologies et transformation de l'homme", entrevista con D. Rousseau, *Le temps des savoirs*, n° 2, París, Odile Jacob.
- Galton, F., (1883). *Inquiries into Human Faculty and its Development*, Londres, Dent, 1883.
- Gourio, J. M. (2000). *l'Intégrale des brèves de comptoir, 1998-2000*, París, J'ai lu.
- Grandsaignes d'Hauterives, R. (1994). *Dictionnaire des racines des langues indo-européennes*, París, Larousse.
- Gros, F. (1991). *les Secrets du gène*, París, Odile Jacob-Points-Seuil, nouv. éd. revue et augm.
- Haeckel, E., (1874). *Histoire de la création des êtres organisés d'après les lois naturelles* (1868), trad. Ch. Létourneau, París, Reinwald.
- Haeckel, E., (1866). *Generelle Morphologie der Organismen, allgemeine Grundzüge der organischen Formenwissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Descendenztheorie*, Berlin, G. Reimer, t., 2.
- Hertwig, O. (1876). "Beiträge zur Kenntniss des Bildung, Befruchtung und Theilung des thierischen Eies", *Morphologisches Jahrbuch*, I.
- Jäger, G. (1877), "Physiologische Briefe I, II. Über Vererbung", *Kosmos*, I.
- Jäger, G. (1878-1879). "Zur Pangenesis", *Kosmos*.
- Johannsen, W. L. (1909). *Elemente der Exakten Erblichkeitslehre*, Jena, Fischer.
- Lamarck, J. B. (1994). *Philosophie zoologique* (1809), París, GF-Flammarion. [*Filosofía zoológica*, Barcelona, Alta Fulla, 1986].
- Le Dantec, F. (1903). *Traité de biologie*, París, Alcan.
- Littré, Émile (1863). *Dictionnaire de la langue française*, París, Hachette.
- Lucas, Prosper (1847 y 1850). *Traité philosophique et physiologique de l'hérédité naturelle*, 2 vol., París, Bailliére.
- Lyssenko, *Agrobiologie* (1953). Moscú, Éditions en langues étrangères.

- Morange, M. (2001). "La construcción del gen", *Sciences et Avenir*, hors série.
- Morange, M. (1998). *la Part des gènes*, París, Odile Jacob.
- Morvan R. G., Auger, P., Grmek, M. D. y Cazin, M. (Dir.) (1971). *Encyclopédie internationale des sciences et des techniques*, t. 6, París, Presses de la Cité.
- Morgan, T. H., Sturtevant, A. H., Muller, H. J. y Bridges, C. B. (1972). *The Mechanism of Mendelian Heredity* (1915), New York-Londres, Johnson Reprint Corporation.
- Müller, Johannes (1845). *Manuel de physiologie*, trad. A. J. L. Jourdan, París, Baillière.
- Nussbaum, M. (1880). "Zur Differenzierung des Geschlechts im Thierreich", *Archiv für mikroskopische Anatomie*, 18.
- Nysten, P.-H. (1824). *Dictionnaire de médecine*, París, Brosson et Chaudé, 4e éd.
- Pichot, A. (2000). *la Société pure*, París, Flammarion.
- Pichot, A. (1996). "Hérédité et évolution", París, *Esprit*.
- Pichot, A. (1999). *Histoire de la notion de gene*, París, Champs-Flammarion.
- Pichot, A. "Sur la notion de programme génétique", publicación en proceso en *Philosophia Scientiae*.
- Schrödinger, E. (1951). *Qu'est ce que la vie? L'aspect physique de la cellule vivante* (1944), trad. de Léon Keffler, Bruxelles-Genève, Éditions de la Paix. [*¿Qué es la vida? El aspecto físico de la célula viva*, Buenos Aires, Ediciones Orbis S. A, 1985].
- Von Nägeli, K., W. (1884). *Mechanisch-physiologische Theorien des Abstammungslehre*, München et Leipzig, Oldenbourg.
- Watson, J. D., y Crick, F. H. (1953), "Molecular Structure of Nucleic Acids", *Nature*, 171; "Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid", *Nature*, 171. [*Mundo científico* N° 243, Madrid, 2003].
- Weismann, A. (1892). *Das Keimplasma, eine Theorie der Vererbung*, Jena, Fischer.
- Weismann, A. (1893). *The Germ-Plasm. a Theory of Heredity*, trad. de W. Newton Parker y H. Rönfeldt, Londres, Walter Scott Ltd.
- Zirkle, C., (1946). "The Early History of Idea of the Inheritance of Acquired Characters and of Pangenesis", *Transactions of the American Philosophical Society*, N.S. 35.