



LAMARCK Y LA HERENCIA DE LOS CARACTERES ADQUIRIDOS

Gabriel Bernardello

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Universidad Nacional de Córdoba

*"Pedirle a un grupo de científicos que revise su teoría,
es como pedirle a un grupo de policías que revise la ley"...*

Principio de la Inercia de Barr

La historia de las Ciencias Biológicas, como la de cualquier otra disciplina, tiene sus idas y sus vueltas. En otras palabras, lo que en algún momento fue un gran hallazgo, pasó a ser más tarde una idea obsoleta. O viceversa: una teoría olvidada por ser considerada inadecuada, resurgió

posteriormente como cierta. En este último caso, es frecuente que una hipótesis lanzada en una época determinada, tenga que aguardar a veces varios siglos para que se compruebe su validez. Suele pasar que hombres con mentes preclaras intuyen realidades para las que la humanidad no está aún preparada.

En este escenario, y a las puertas del siglo XXI, debemos reanalizar la actuación de Lamarck (1744-1829). Por un lado, porque es preciso ser justos con él, ya que sus ideas fueron denostadas tanto en su época como en el presente, y por otro lado, porque como trataré de mostrar seguidamente, su teoría aunque modernamente aceptada, no forma parte aún del cuerpo de conocimientos de biólogos, profesores y estudiantes de Biología contemporáneos. Si le preguntáramos a cualquiera de ellos sobre la herencia de las características adquiridas, casi la totalidad contestaría que jamás ocurre. De la misma manera, en la generalidad de los textos universitarios y secundarios -para lo cual no hace más falta que hojear uno al azar- se la descarta como falsa, por no mencionar que algunos hasta comentan sus ideas con sorna. Si les preguntáramos acerca del propio La-



Fig. 1. Jean Lamarck, un pensador principalmente autodidacta que hizo sus mejores trabajos después de los 50 años.

marck, todos coincidirían que se trata de un pionero del evolucionismo, un papel que se ha ganado con respeto y admiración, pero casi como un dato de curiosidad histórica. La actitud escéptica hacia la herencia de los caracteres adquiridos que se plasma en la falta de mención sobre la existencia del fenómeno en los libros de texto, tal vez se deba en parte al politizado debate que mantuvieron entre 1940 y 1950 los genetistas occidentales con el mejorador vegetal soviético Trofim D. Lysenko, quién adhirió a los conceptos de Lamarck por razones ideológicas (Landman, 1993).

No obstante, hay un número sorprendente de citas bien documentadas sobre este fenómeno y, como si esto fuera poco, hoy se piensa que ha jugado un importante papel en acelerar la evolución. Antes de entrar en la materia, quiero destacar la tarea fundamental de Otto E. Landman (1991, 1993), de cuya voz me hago eco, en la divulgación de estas ideas y en la necesidad de que se incorpore la teoría lamarckiana actualizada a la enseñanza moderna de la Biología.

Un análisis de casi cualquier problema científico lleva automáticamente al estudio de su historia (Mayr, 1988), que repasaremos ahora de manera muy rápida. La evolución de los organismos es un concepto que no surgió en el desarrollo del pensamiento humano en forma sistemática hasta el siglo XIX. Es cierto que, de alguna manera, desde los filósofos griegos se había hablado del tema, y que posteriormente se presentaron algunas evidencias de su existencia (Rostand, 1985). No obstante, fue Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet, caballero de Lamarck, en un libro titulado *Philosophiae Zoologicae* y publicado en 1809, quien plantea por primera vez en el mundo científico una genuina serie de ideas sobre la evolución de las especies en la forma de una teoría. No obstante, no fue tomada en cuenta y fue superada por la teoría de la selección natural, propuesta por Darwin en 1859 y ampliamente conocida por todos en el presente. Esta teoría se mantiene en vigencia, habiendo sido modificada varias veces a raíz de los avances del conocimiento ocurridos en la última década (Tabla 1).

Fechas	Etapas	Modificación
1883	Weismann	Teoría del germoplasma
1886		Se reconoce la diploidía y la recombinación genética
1900	Mendelismo	Se aceptan las leyes de Mendel
1918-1933	Fisherismo	Se considera a la evolución como una cuestión de frecuencias génicas y de presiones de selección
1936-1947	Síntesis evolutiva	Se enfatizan los enfoques poblacionales; hay interés en la evolución de la diversidad, la especiación alopátrica y la variación de las tasas evolutivas
1947-1970	Post síntesis	Se considera al individuo como "blanco" de la selección; se alcanza un enfoque más globalizador; aumenta el reconocimiento del papel del azar en la evolución
1954-1972	Equilibrio puntuado	Importancia de la evolución de las especies
1970s -1980s	Redescubrimiento de la selección sexual	Importancia del éxito reproductivo para la selección

Tabla 1. Etapas significativas en la modificación del Darwinismo (basado de Mayr, 1988).

Pero volvamos a Lamarck. Este pensador provenía de una familia noble empobrecida, habiéndose iniciado tarde en su vida en ciencia y de manera básicamente autodidacta. A pesar de que su trabajo estuvo siempre distraído por preocupaciones familiares y económicas, fue capaz de construir un sistema filosófico ampliamente concebido para la historia natural y de ejecutar trabajos descriptivos y clasificatorios perdurables. Creía en el carácter integral de la ciencia que trataba los

temas de la vida, habiendo acuñado nada menos que el término "Biología" en 1802 para definirla. El foco del pensamiento científico de Lamarck varió durante su carrera, pero su objetivo global se mantuvo constante: comprender las leyes fundamentales de la naturaleza. Dentro de este marco, se originó y maduró su perspectiva evolutiva (Coleman, 1994, y citas allí mencionadas).

Como culminación de sus reflexiones expuso lo que él llamó "transformisme" o transformación biológica, y que hoy conocemos como evolución. Y ya que estamos, aunque sea demasiado tarde, es oportuno rescatar la palabra "transformación" como más apropiada que "evolución": en efecto, no tiene un sentido predeterminado, incluyendo tanto a procesos evolutivos como involutivos.

Lamarck tuvo la osadía de proponer que todas las especies proceden de otras especies, y además, que los seres vivos están organizados en una creciente complejidad, de modo que cada especie deriva de otra precedente, menos compleja. Se basaba en observaciones simples: las rocas más antiguas solían contener fósiles de formas de vida más simples, lo que sugería que las formas superiores habrían surgido de las formas simples por una suerte de progresión. Esto llegó a crearle la enemistad de los científicos antievolucionistas (por cierto, la mayoría en la época) quienes lo aislaron totalmente, haciendo que en sus últimos días se encontrara -además de ciego- solo, pobre como casi siempre vivió, y desacreditado científicamente.

La transformación de los seres vivos para Lamarck, dependía de dos fuerzas principales:

1. Un principio creativo universal: una fuerza vital interna que conducía a los seres vivos a ascender en la *Scala Naturae* de Aristóteles y que los llevó hacia una mayor complejidad. En este esquema, las formas más sencillas de vida emergían constantemente por generación espontánea para llenar el vacío que quedaba en la base de la escala.
2. La herencia de los caracteres adquiridos: en los animales, los órganos se fortalecen o se debilitan, según el uso que se les dé, y estos cambios se transmiten de los progenitores a la prole. Su ejemplo más famoso, usado en su época para ponerlo en ridículo, era la evolución de la jirafa; la jirafa moderna habría evolucionado de antepasados que estiraron el cuello cada vez más para alcanzar las hojas de las ramas altas, respondiendo a una necesidad interna. Estos antepasados transmitieron sus cuellos más largos a sus hijos y así sucesivamente.

La realidad de este último mecanismo fue sujeto de apasionados debates y de controversias políticas a fines del siglo XIX y en las seis primeras décadas del siglo XX. Los aportes decisivos de la genética clásica y de la biología molecular (Tabla 2) sumergieron este debate a tal punto que, como ya dijera, hoy se estima que no hay tal cosa.

Hay observaciones fehacientes, concernientes a la herencia de los caracteres adquiridos, que son totalmente compatibles con los conceptos actuales de la genética molecular. La herencia de los caracteres adquiridos puede coexistir confortablemente con la herencia mendeliana en el universo de la biología molecular. Así, a la luz de estos hallazgos, una nueva perspectiva de la herencia y de la evolución está en curso.

Ahora bien, para empezar a dilucidar el tema, debemos distinguir qué entendemos por caracteres adquiridos (Grant, 1975), una distinción que en general no fue hecha históricamente, y que ha contribuido a que se negara su existencia de manera sistemática.

1	El programa genético por sí mismo no proporciona el material para producir nuevos organismos, sino la base para construir el fenotipo
2	La información genética va en un solo sentido: desde los ácidos nucleicos hacia las proteínas.
3	No sólo el código genético sino también los mecanismos moleculares básicos son semejantes en todos los organismos.
4	La mayoría de las mutaciones génicas parecen ser neutrales o casi neutrales, es decir que no tienen un efecto notable en el valor selectivo del genotipo. Esta situación, sin embargo, varía de acuerdo al gen de que se trate.
5	Un análisis comparativo crítico de los cambios moleculares durante la evolución provee un gran número de datos valiosos para la reconstrucción de la filogenia. Esto es particularmente importante cuando la evidencia morfológica es dudosa. No obstante, los caracteres moleculares también pueden ser convergentes.
6	Se reconoce que la mutación juega un papel mucho más complejo en la evolución de lo que se creía, gracias al hallazgo de los genes mutadores y del fenómeno de la hipermutación. Los mecanismos para la generación de las variantes genéticas están sujetos a su vez a la evolución (Beardsley, 1997)

Tabla 2. Aportes más significativos de la biología molecular en la evolución, principalmente en la producción de variación genética (basado en Mayr, 1988, salvo indicación contraria).

Por lo común, se interpretó a estas características como modificaciones fenotípicas recientemente adquiridas por un organismo las cuales serían heredadas por la próxima generación, es decir que estarían determinadas por material genético. En este caso, tanto la genética como la biología moleculares han demostrado convincentemente que modificaciones ocurridas en una parte del cuerpo de un organismo multicelular, no pueden producir cambios en el material genético de sus células gaméticas, de modo tal que los rasgos implicados puedan transmitirse a la descendencia; esta premisa es igualmente válida para seres unicelulares. En otras palabras, por más que una jirafa lograra alargar su cuello de tanto estirarlo, este carácter no será heredado por sus descendientes, del mismo modo que un fisiculturista que con esfuerzo personal logra un gran desarrollo muscular, no conseguirá que sus hijos lo hereden. Estas modificaciones corporales (o caracteres adquiridos) no son hereditarios, tal como lo sugirieran Weismann (1893) con su teoría del germoplasma y Johannsen (1911) con los conceptos de fenotipo y genotipo. Lysenko, en cambio, sostuvo su heredabilidad, idea que persistió hasta entrada la década del 60 en la Unión Soviética.

Los sistemas de herencia de los caracteres adquiridos que han sido comprobados, se definen operacionalmente como tales porque responden al siguiente patrón experimental: organismos individuales o cultivos de células incubadas en un medio particular son expuestas brevemente a un tratamiento físico o químico, bajo condiciones que permiten poco o ningún crecimiento, descartándose así la selección de mutantes. Luego de la exposición, y habiéndose regresado a los organismos a su ambiente original, todos o una gran proporción de los organismos o de las células tratadas exhiben nuevas características que son heredadas por las generaciones subsiguientes. Esta fenomenología es completamente contraria al comportamiento esperado en la herencia mendeliana, pero concuerda con lo previsto por la herencia de los caracteres adquiridos que propusiera Lamarck, aunque en distintos términos. Estaríamos frente a características resultantes de reacciones fenotípicas a estímulos ambientales que son heredados por los descendientes.

Vayamos a los hechos que lo demuestran. En una bacteria en crecimiento, las rígidas paredes celulares son simultáneamente sintetizadas y destruidas por enzimas. Si un experimentador remueve por completo la pared celular de una bacteria, rompe su balance entre síntesis y destrucción, por lo que la bacteria continúa creciendo y multiplicándose indefinidamente sin pared celu-

lar. Estos experimentos fueron hechos en *Bacillus subtilis* por Landman y Halle (1963).

Por accidente, el protista *Oxytricha fallax* produce a veces monstruos dobles, los cuales consisten en dos individuos fusionados como si fueran lo que conocemos como hermanos siameses en el género humano. Cuando uno de estos monstruos dobles es dividido longitudinalmente, el resultado son dos organismos individuales que se reproducen dando un linaje normal. Pero si se lo secciona en dos transversalmente, la mitad resultante dará origen a nuevos monstruos dobles indefinidamente (Grimes, 1973). Tenemos aquí un rasgo hereditario que puede ser adquirido sólo con un corte.

Los dos casos antes citados ocurren por cambios estabilizados en la expresión de la actividad génica, sin ninguna modificación presente en los genes en sí mismos.

Un tipo distinto de cambio heredable, ambientalmente inducido, ocurre cuando genes no esenciales son eliminados o agregados a un organismo. Por ejemplo, el virus sigma causa sensibilidad al dióxido de carbono en la mosquita de la fruta (*Drosophila melanogaster*). Las mosquitas infectadas pasan el virus a su progenie, pero si son mantenidas varios días en ambiente cálido mientras ponen sus huevos, el virus es eliminado y la descendencia es resistente al dióxido de carbono (Preer y Preer, 1977).

Otro caso lo encontramos en el protista *Euglena*. Este organismo tiene cloroplastos que, como sabemos, son autorreplicables y llevan a cabo la fotosíntesis. Si se lo trata por seis días con el antibiótico estreptomina, pierde sus cloroplastos, los cuales no pueden ser originados nuevamente. Sin embargo, este organismo unicelular puede sobrevivir sin fotosintetizar y transmite esta condición adquirida a sus descendientes (Provasoli et al., 1951).

Puede ocurrir también la adquisición de ácido nucleico foráneo, por ejemplo proveniente de plásmidos que, como sabemos, son pequeñas moléculas circulares de ADN que se encuentran en bacterias e incluyen genes separados del cromosoma bacteriano. Si una *Escherichia coli* que posee un plásmido llamado factor de fertilidad F, se lo pasa a otra *E. coli* que carece de él, el plásmido se difunde rápidamente en el cultivo y es heredado de allí en más (Lederberg et al., 1942). Los virus también pueden ser pasados a la progenie y pueden transformarse en parte permanente de la herencia de un organismo. Por ejemplo, se ha estimado que los cromosomas del ratón contienen alrededor de 25.000 genes de retrovirus que fueron adquiridos a través del transcurso del tiempo por medio de infección (Watson et al., 1987).

Hay muchas otras muestras, pero mencionaré sólo una más. En verdad, la mayoría de los biólogos creen hoy que las células complejas adquirieron la habilidad de fotosintetizar, cuando una célula ancestral se fusionó con bacterias que poseían esa capacidad. Los descendientes de tales bacterias endosimbiontes serían los cloroplastos que hoy encontramos en los vegetales. Algo semejante habría ocurrido con las mitocondrias y los peroxisomas (De Duve, 1996). Tenemos aquí otra vez caracteres adquiridos heredables.

Según Landman (1991, 1993), si incluimos en nuestro concepto de caracteres adquiridos a los genes foráneos introducidos a través de infección viral, de plásmidos y de bacterias, es evidente que estas adquisiciones han jugado un papel importante en la evolución. Dicho autor sugiere que los genes de los organismos pueden ser divididos en dos grupos: (a) los que son heredados "verticalmente" de los ancestros y constituyen la mayoría, y (b) los que han sido adquiridos

“horizontalmente” en distintas eras a partir de virus, plásmidos, bacterias y otros agentes. Los biólogos han comenzado a darse cuenta que los genes en la naturaleza también son transmitidos horizontalmente incluso hasta entre organismos considerados no relacionados, por ejemplo de bacterias a plantas, o de bacterias a levaduras (Landman, 1991).

En síntesis, tratamientos por agentes físicos, químicos o biológicos en ciertos sistemas unicelulares u organismos multicelulares, pueden inducir en ellos cambios en algunas características particulares, las cuales son transmitidas hereditariamente. Las bases moleculares de esta herencia alterada es bastante diferente en los diferentes sistemas que se han presentado. En el primer tipo (llamado extranucleico), la expresión génica se ha estabilizado en un nuevo equilibrio o en un nuevo patrón morfogenético (por ej., en el caso de la pérdida de la pared celular de bacterias, o los monstruos dobles del protista). En el segundo tipo (denominado nucleico) están sistemas en los que se ha inducido la pérdida de ADN no esencial (por ej., en *Euglena* cuando se pierden los cloroplastos) o bien ha ocurrido la adquisición de un nuevo elemento de ácido nucleico (por ej., los casos que involucran virus o plásmidos antes citados). Aunque no fueron analizados en este artículo, hay un tercer tipo, conocido como epinucleico, en el que han ocurrido modificaciones en el ADN (como se comprobó en el bacteriófago T2; Landman, 1991).

Estos caracteres adquiridos heredables aportan cambios repentinos que pueden ser adaptativos y tener un impacto directo en la evolución. Todos los tipos analizados son heredables en organismos unicelulares. En cambio, en organismos multicelulares, aparentemente sólo los caracteres mencionados como del segundo tipo son heredables.

Nada sabía Lamarck de estos asuntos, pero la esencia de su hipótesis se mantiene intacta a través de los años, con ejemplos completamente compatibles con los conocimientos vigentes de genética molecular. Es tiempo de reconocer que la comprensión del papel de los caracteres adquiridos y de su herencia, abre una perspectiva más amplia sobre la genética y la evolución de los organismos. Y que hace poco menos de 200 años que Lamarck lo intuyó...

Bibliografía

- Beardsley, T. 1997. Evolution evolving. *Scientific American* 276, 9-10.
- Coleman, W. 1994. Lamarck. *Encyclopedia Americana* vol. 16, pp. 684-685.
- De Duve, C. 1996. El origen de las células eucariotas. *Investigación y Ciencia* 237, pp. 18-26.
- Grant, V. 1975. *Genetics of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York.
- Grimes, G. W. 1973. An analysis of the determinative difference between singlets and doublets of *Oxytricha fallax*. *Genet. Res.* 21, pp. 57-66.
- Johannsen, W. 1911. The genotype conception of heredity. *Amer. Natur.* 45, pp. 129-159.
- Landman, O. E. 1991. The inheritance of acquired characteristics. *Ann. Rev. Genet.* 25, pp. 1-20.

- Landman, O. E. 1993. Pero, ¿existe la herencia lamarckiana? *Investigación y Ciencia* 202, p. 96.
- Landman, O. E. and Halle, S. 1963. Enzymically induced inheritance changes. *J. Molec. Biol.* 7, pp. 721-738.
- Lederberg, J., Cavalli, L. L., and Lederberg, E. M. 1952. Sex compatibility in *Escherichia coli*. *Genetics* 37, 720-730.
- Mayr, E. 1988. *Toward a new Philosophy of Biology. Observations of an evolutionist*. Harvard University Press, Cambridge, MA.
- Preer, L. B. and Preer, J. R. 1977. Inheritance of infectious elements. En: L. Goldstein, D. M. Prescott (eds.), *Cell Biology: A Comprehensive Treatise 1*, pp. 319-373. Academic Press, New York.
- Provasoli, L., Hutner, S. H., and Pinter, I. J. 1951. Destruction of chloroplasts by streptomycin. *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.* 16, pp. 113-120.
- Rostand, J. 1985. *Introducción a la historia de la Biología*. Planeta-Agostini, Madrid.
- Watson, J. D., Hopkins, N. H., Roberts, J. W., Steitz, J. A. and Weiner, A. M. 1987. *Molecular Biology of the Gene*. 4th ed., Benjamin/Cummings, Menlo Park.
- Weismann, A. 1893. *The Germ-Plasm: A theory of heredity*. Walter Scott, London.