

Hacia dónde va la evolución

por María Susana Rossi

Los orígenes y la Nueva Síntesis

La teoría de Darwin-Wallace (Wallace, 1858; Darwin, 1859) cumplió ya 150 años, durante los cuales fue objeto de controversias dentro del propio campo científico, pero también con el creacionismo y las concepciones fijistas provenientes del relato de la Biblia sobre la creación de las especies. A pesar de que cada tanto el «antievolucionismo» logra cierta prensa, las evidencias de la evolución de los seres vivos, desde su genoma hasta sus estructuras corporales son tan abrumadoras que el hecho de la evolución ya no es más un tema de discusión para los científicos. Sin embargo, las controversias siguen, aunque -por supuesto- cambiaron de interlocutores y de temática. Ya no se trata de discutir si la evolución ocurre o no sino *cómo* ocurre. Esta discusión, lejos de reflejar la decrepitud de una teoría tambaleante, muestra la fertilidad del paradigma evolutivo que un siglo y medio después le puede dar la bienvenida a nuevos enfoques y hallazgos.

En la primera mitad del siglo XX la teoría de evolución darwiniana por selección natural pisaba en firme: su capacidad explicativa alcanza una posición muy sólida con la evidencia de que la herencia está formada por unidades discretas que pasan de generación en generación y que recombinan, aportadas por August Weismann y Thomas H. Morgan, y del redescubrimiento de las leyes de la herencia de Mendel. Luego, vino el enorme impulso de la genética de poblaciones que se desarrolló en Estados Unidos y en Inglaterra y que recogió datos sobre la variabilidad genética y morfológica de poblaciones naturales a granel. El festejo de los primeros 100 años del seminal libro de Darwin reunió a una comunidad de biólogos entusiasmados con la idea de que la evolución por selección natural, es decir, el reemplazo gradual de las variantes existentes por otras levemente más ventajosas, era el mecanismo principal -si no el excluyente- del proceso evolutivo. La llamada Nueva Síntesis puso a la selección natural como el eje unificador de toda la Biología, desde la embriología y la anatomía, hasta la ecología y la biogeografía. No se trataba de poner a prueba si una estructura, órgano o función o si la distribución de una especie estaban condicionadas o no por selección natural, sino más bien de encontrar a qué factor ambiental o a qué condición de vida

respondía cada una de las estructuras de los organismos, todas ellas consideradas adaptaciones. El núcleo más duro de esta tradición consideró a los dos postulados centrales de Darwin, la selección natural y el origen común de todas las especies, como aspectos del mismo proceso, explicando el segundo por el primero. Las diferencias entre especies - y hasta entre subespecies -, eran consideradas diferencias adaptativas. Las investigaciones se dirigían más bien a dilucidar cuál era la ventaja selectiva de los caracteres, que *a priori* suponía adaptativos, más que someter la hipótesis de la adaptación a su potencial falsificación. Los desarrollos técnico-metodológicos de mediados del siglo XX le hubiesen permitido a los biólogos la evaluación rigurosa de la hipótesis central de Darwin pero no hubo ningún desarrollo en ese sentido porque la presunción sobre la universalidad de la adaptación fue mucho más fuerte.

Limitaciones de la adaptación

Como ocurre muchas veces en ciencia, el primer cuestionamiento al adaptacionismo a ultranza no fue hacia su núcleo, sino hacia un aspecto que podría considerarse subsidiario. Este cuestionamiento lo inició George Willms (1966) y no estaba relacionado con la selección natural sino con la selección de especies. Sin embargo, este primer cuestionamiento fue fructífero, porque inauguró un nuevo período en la concepción de la adaptación biológica. Finalmente Stephen J. Gould y Richard Lewontin, en su famoso artículo «Las enjutas de San Marco y el paradigma panglosiano: una crítica al programa adaptacionista» («*The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique to the adaptasionist programe*», Gould y Lewontin, 1979), le acertaron el golpe final al adaptacionismo ingenuo, al viejo pan-adaptacionismo originado en la Nueva Síntesis.

María Susana Rossi es bióloga, recibida en Facultad de Ciencias Exactas de la UBA, investigadora del CONICET y trabaja en temas de biología evolutiva. Trabajó en la Universidad Autónoma de Barcelona y en la Universidad de Pavía; fue docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UBA y ha dictado cursos, escrito artículos y organizado actividades de divulgación científica. Es coautora del libro «Qué es (y qué no es) la evolución» (Ed. Siglo XXI) y autora del libro cuentos «El cautivo» (Ed. Colihue).

Una versión actual de la adaptación reconoce los límites de las adaptaciones en los organismos, condicionados por la herencia filogenética que cada linaje recibe de sus ancestros, por la arquitectura o plan corporal general del organismo (*baüplane*) que restringe los cambios posibles de un órgano o función, y por las restricciones que imponen las patrones y vías del desarrollo embrionario, que delimitan muchas formas del adulto. Todos estos factores ponen un límite a las posibilidades de las «mejoras» adaptativas.

Actualmente, en la explicación de los procesos evolutivos, la adaptación ya no es un *a priori*, sino uno de los posibles *a posteriori* de un análisis que incorpora los procesos históricos que sufren las poblaciones y las especies (deriva, hibridación, vicarianza, etc.), las restricciones que impone el desarrollo embrionario y la herencia de los ancestros. Hoy existen una gran cantidad de datos moleculares, morfológicos y ambientales (y metodologías que los analizan) para poner a prueba el peso de todos estos procesos en el pasado reciente y también en pasado el remoto de las especies.

Las otras herencias

Ahora quisiera poner el foco en otro aspecto que la biología evolutiva debe incorporar: la expansión del concepto de «herencia». Veamos este ejemplo. En Europa y Asia crece una planta herbácea de la especie denominada *Linaria vulgaris* en honor a Linneo, quien la estudió por primera vez. Las flores de esta planta son amarillas y tienen en general simetría bilateral. Sin embargo, en el campo, con una cierta frecuencia pueden encontrarse, plantas que tienen también cinco pétalos como las salvajes, pero dispuestos en simetría radial. Aunque ocasionalmente en una planta con flores de simetría radial puede originarse por reversión una flor con simetría bilateral, la característica bilateral o radial se hereda por la línea germinal, es decir, una planta con flores radiales origina una planta con flores radiales y lo mismo para las bilaterales. La base genética de la simetría floral reside en un gen denominado *Lcyc*. Cuando se estudiaron estas dos variantes morfológicas con metodologías de la genética molecular moderna (Cubas et al. 1999), se encontró que la secuencia de ADN del gen *Lcyc* en las plantas mutantes presentaba una modificación en sus bases citocinas por unión de grupos metilo, en cambio las salvajes no presentaban esta modificación. La modificación de bases por la unión de grupos metilo en las bases de ADN se llama metilación, y son marcas transitorias que regulan el modo y la intensidad en que se expresan muchos genes. La metilación es una de las llamadas marcas epigenéticas (*epi*, del griego: sobre). Estas marcas



Diferentes formas florales de *Linaria vulgaris*, el tipo normal o salvaje con simetría bilateral (derecha) y la forma radial (izquierda).

Fuente: <http://aob.oxfordjournals.org/content/97/1/11/F4.expansion.html>

modifican la expresión de los genes, sin que medien mutaciones en la secuencia de ADN de los genes. Las marcas epigenéticas son muy frecuentes en las células somáticas (por ejemplo, las células resultantes de una división de una célula de la piel «recuerdan» que son células de la piel, y no musculares, por las marcas epigenéticas que llevan ciertos genes), Pero lo interesante en el caso de *Linaria vulgaris* es que la marca epigenética se hereda *a través de la línea germinal*. Esta es la razón por la cual plantas con flores de simetría radial originan plantas con flores de simetría radial, aún cuando los genes de los dos tipos de planta tienen una secuencia idéntica.

La herencia epigenética es menos estable que la genética, y en ese sentido sus variantes son menos adecuadas como sustrato de la selección natural que la herencia genética. Pero la mayor frecuencia con la que aparecen las variantes epigenéticas, por un lado, y el rol crucial que tiene el ambiente, por el otro (aspecto que excede la extensión de este artículo), les otorga un potencial evolutivo enorme. La genética evolutiva está frente a un tipo de herencia todavía no estudiada en profundidad, en la que el ambiente condiciona no sólo su valor adaptativo, como en el caso de las variantes genéticas, sino también su aparición y expresión.

Pero hay otras herencias que también son sustrato del proceso evolutivo. Además de diferenciarse en la secuencia de sus genes, y en las marcas epigenéticas de éstos, los organismos se diferencian también por su comportamiento. Algunos son cruciales para el éxito en la utilización de los recursos disponibles. Un caso muy documentado es la habilidad de los herrerillos azules de las zonas rurales para destapar botellas de leche, lo que les permite incorporar una fuente riquísima en proteínas y grasas a su dieta. Este comportamiento se comenzó a observar en algunas



Ejemplar de herrerillo azul (*Cyanistes caeruleus*).

Fuente: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Blue_Tit_aka.jpg

localidades rurales de la campiña inglesa pero en muy poco tiempo se había extendido a toda Inglaterra y a casi toda Europa, y no sólo entre las poblaciones de herrerillos, sino también de algunas otras especies. Incluso algunas poblaciones no sólo habían aprendido a distinguir las botellas de leche, sino también el carro del lechero, e intentaban abrir las botellas antes que el pobre hombre las dejara frente a las casas de sus clientes. Bien, la capacidad de incorporar esta conducta, su difusión evidentemente no requirió que una variante genética particular estuviese presente.

Hay muchos ejemplos de rasgos de comportamiento que están relacionados con la sobrevivencia diferencial: la «pesca» de hormigas mediante el uso de ramas por parte de los chimpancés o la construcción de los nidos de aves. Este es otro tipo de herencia, que a diferencia de la genética y la epigenética se transmite también horizontalmente entre miembros de una población y entre poblaciones. Además, claro, de transmitirse de padres a hijos. Esta característica cumple con los requerimientos de la evolución darwiniana: es innovadora (variación), se trasmite culturalmente (hay herencia) y hay variantes mejores y peores (*fitness* o adecuación diferencial).

La transmisión de comportamientos es muy importante en el caso de organismos (en particular animales) en los que conviven e interaccionan individuos de varias generaciones formando sociedades. Y más aún cuando hay cuidado parental durante las primeras etapas del desarrollo. Lo interesante de este tipo de transmisión es que muchos casos el receptor no se limita a reproducir el rasgo, sino que lo

reconstruye de acuerdo a su «idiosincracia» cognitiva. Eso hace que la tasa de recambio y reemplazo de un comportamiento y sobre todo de un rasgo cultural, por ejemplo en el caso de nuestra especie, sea comparativamente más alta que en el caso de variantes genéticas o epigenéticas.

El paradigma debe ampliarse

Han pasado 150 años y los postulados iniciales e incluso los establecidos por la Nueva Síntesis resultan insuficientes para explicar el curso evolutivo de los linajes y sus rasgos. La biología evolutiva, con más entusiasmo en algunos casos, con menos en otros, se ve ante la necesidad de ampliar fronteras. Por un lado, es necesario reconocer que el mecanismo de selección natural produce un buen ajuste de una estructura a cierta condición ambiental *pero no explica la aparición de la estructura misma*, que depende más bien de la estabilidad de su sistema genético y de herencia, de la arquitectura general del organismo y de las restricciones durante el desarrollo embrionario. Por otro lado, el descubrimiento de las marcas epigenéticas en un creciente número de procesos celulares, su pasaje por la línea germinal, frecuente sobre todo en plantas, abren la perspectiva de un nuevo campo de variabilidad y herencia. Además, la incorporación de las herencias comportamentales y culturales como sustratos del proceso de selección y evolución amplían el la interfase de la biología evolutiva con la psicología cognitiva, que ya había sido inaugurada por el propio Darwin. Definitivamente, el paradigma evolutivo darwiniano debe ampliarse y aún en algunos terrenos reformularse para seguir en vigencia.



Bibliografía general

Darwin, C. 1859. *The origin of the species by means of natural selection*. Murray Ed. (Nota de la autora: una buena traducción la publicó Editorial Alianza en 2007.)

Cubas, P., Vincent, C. y Coen, E. 1999. A epigenetic mutation responsible for natural variation in floral symmetry. *Nature*. Vol. 401, Num. 9, pp. 157-161.

Gould, S.J. y Lewontin, R.C., 1979. The spandrels of San Marco and the panglossian paradigm: a critique to the adaptationist program. *Proc. Roy. Soc. Lond. B* Vol. 205, pp. 581-598. [fecha de consulta: febrero 2011]. Disponible en: [http://www.life.illinois.edu/ib/443/Gould & Lewontin.pdf](http://www.life.illinois.edu/ib/443/Gould%20&%20Lewontin.pdf)

Wallace, A. R. 1858. On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type. (Nota de la autora: Wallace envió éste artículo a Darwin, desde el archipiélago malayo, donde se encontraba en un viaje de campaña).

Willams, G.C. 1966. *Adaptation and Natural Selection*, Princeton: Princeton University Press.