

Capítulo 20. Evolución: Teoría y evidencia

La teoría de la evolución de Darwin se considera, con justicia, como el mayor principio unificador de la biología. Darwin no fue el primero en proponer una teoría de la evolución, pero fue el primero que describió un mecanismo válido por el cual podría ocurrir. Su teoría difería de teorías previas en que él imaginaba a la evolución como un proceso doble, que dependía: 1) de la existencia de variaciones heredables entre los organismos, y 2) del proceso de selección natural por el cual algunos organismos, en virtud de sus variaciones heredables, dejaban más prole que otros.

Existen numerosas evidencias que ponen de manifiesto la existencia del proceso evolutivo. Distinguiendo el campo del que provienen, pueden reconocerse cinco fuentes de evidencia: la observación directa, la biogeografía, el registro fósil, el estudio de las homologías y la imperfección de la adaptación.

Desde la época de Darwin, se ha acumulado una gran cantidad de nuevas evidencias en todas estas categorías, particularmente en los niveles celular, subcelular y molecular, que destacan la unidad histórica de todos los organismos vivos. Una debilidad central de la teoría de Darwin, que permaneció sin resolver durante muchos años, fue la ausencia de un mecanismo válido para explicar la herencia.

En la década de 1930, el trabajo de muchos científicos se plasmó en la Teoría Sintética de la evolución, que combina los principios de la genética mendeliana con la teoría darwiniana. La Teoría Sintética ha proporcionado -y continúa proporcionando- el fundamento del trabajo de los biólogos en sus intentos por desentrañar los detalles de la historia de la vida.

La teoría de Darwin

Charles Darwin no fue el primero en proponer que la diversidad de los organismos es el resultado de procesos históricos, -pero el reconocimiento por la teoría de la evolución le pertenece por dos razones. En primer lugar su "larga argumentación" -como fue caracterizado El Origen de las Especies- dejó poca duda acerca de que la evolución había ocurrido en realidad y, de esta manera, marcó un punto de viraje en la ciencia de la biología. La segunda razón, que está íntimamente vinculada con la primera, es que Darwin percibió el mecanismo general en virtud del cual se produce la evolución.

El concepto original de Darwin y de Wallace acerca de cómo ocurre la evolución todavía sigue proporcionando el marco básico para nuestra comprensión del proceso. Ese concepto se funda en cinco premisas:

- a. Los organismos engendran organismos similares; en otras palabras, hay estabilidad en el proceso de la reproducción.
- b. En la mayoría de las especies, el número de individuos que sobreviven y se reproducen en cada generación es pequeño en comparación con el número total producido inicialmente.
- c. En cualquier población dada ocurren variaciones aleatorias entre los organismos individuales, algunas de las cuales son hereditarias, es decir, que no son producidas por el ambiente.
- d. La interacción entre estas variaciones hereditarias, surgidas al azar, y las características del ambiente determinan en grado significativo cuáles son los individuos que sobrevivirán y se reproducirán y cuáles no. Algunas variaciones permiten que los individuos produzcan más descendencia que otros. Darwin llamó a estas características variaciones "favorables" y propuso que las variaciones favorables heredadas tienden a hacerse cada vez más comunes de una generación a otra. Este es el proceso al que Darwin llamó selección natural.
- e. Dado un tiempo suficiente, la selección natural lleva a la acumulación de cambios que provocan diferencias entre grupos de organismos.

Evidencias del proceso evolutivo

La formulación de la teoría evolutiva se sustentó en un gran número de datos, a los que se han sumado posteriormente numerosas evidencias que ponen de manifiesto la evolución histórica de la vida. Podemos clasificar estas evidencias distinguiendo las cinco principales fuentes de las que provienen: la observación directa, el estudio de la biogeografía, el registro fósil, el estudio de las homologías y la imperfección de la adaptación.

La observación directa permite apreciar, en algunos casos, la acción de la selección causada por las presiones de la civilización humana sobre otros organismos. Estos casos representan el cambio en pequeña escala que ocurre dentro de las poblaciones (microevolución). Entre los ejemplos modernos de selección natural, que actúa sobre variaciones aleatorias, se encuentra el aumento en la frecuencia de una variante negra de *Biston betularia* en áreas industriales, el incremento de las bacterias resistentes a antibióticos, los múltiples logros de la selección artificial y la constatación de las variaciones existentes entre poblaciones naturales pertenecientes a una misma especie.

En el método para detectar y aislar bacterias resistentes a las drogas. a) Las bacterias son cultivadas en un caldo que contiene nutrientes. b) Se esparce una muestra de la suspensión celular sobre la superficie de una placa de Petri que contiene un caldo nutritivo solidificado con agar. c) Se incuba la placa hasta que se visualizan las colonias individuales. d) Se utiliza un trozo de paño aterciopelado, ajustado alrededor de un bloque cilíndrico, para transferir una muestra de las colonias a otra placa de Petri que contiene un medio sólido con el antibiótico penicilina y que constituirá una réplica de la original. e) Sólo las bacterias resistentes a la penicilina crecerán en la placa que contiene el antibiótico.

Los ejemplos mencionados apoyan la propuesta de Darwin de la selección natural como principal mecanismo del cambio evolutivo. Sin embargo, si bien ilustran significativamente el cambio que ocurre dentro de las poblaciones, no constituyen por sí mismos evidencias del cambio evolutivo que ocurre por encima del nivel de las especies (macroevolución).

Las evidencias del cambio evolutivo a gran escala provienen de otras fuentes:

Los datos provenientes de la biogeografía evidencian qué tipos particulares de organismos se encuentran en áreas geográficas específicas, pero no en otras áreas de clima y topografía similares. Las observaciones de Darwin acerca de la distribución geográfica y una multitud de otros ejemplos biogeográficos constituyen una fuerte evidencia de que los seres vivos son lo que son y están donde están a causa de los acontecimientos ocurridos en el curso de su historia previa.

Otra línea de evidencias que ponen de manifiesto la ocurrencia de la macroevolución es la proporcionada por el registro fósil, que muestra que los organismos tienen una larga historia y que han cambiado en el curso del tiempo. El registro fósil revela una sucesión de patrones morfológicos en la que las formas más simples generalmente preceden a las más complejas. Los estudios geológicos y la recolección de especímenes vegetales y animales formaban parte de las actividades de Darwin durante el viaje del *Beagle*. Las costas de Sudamérica eran de interés particular, porque mostraban evidencias de extensos cataclismos con muchos estratos geológicos expuestos.

Otra prueba importante de la evolución a gran escala que se desprende del análisis del registro fósil está dada por la secuencia de aparición de ciertos grupos de organismos que permite deducir un orden evolutivo para esos grupos: primero peces, luego anfibios, luego reptiles y finalmente aves y mamíferos.

Una línea de evidencias adicional del proceso evolutivo proviene del estudio comparativo de las denominadas estructuras homólogas y de las vías bioquímicas. Las homologías entre las estructuras, los patrones de desarrollo y la unidad bioquímica de organismos diversos denotan una ascendencia común. Las similitudes que expresan homologías son poco explicables en términos de su funcionalidad. La pata del caballo, el ala del murciélago, las aletas de una ballena están constituidas sobre la base de un mismo patrón, que incluye los mismos huesos en posiciones relativas similares. Los miembros con cinco dedos son homólogos en la medida que constituyen una similitud entre especies, que no está justificada funcionalmente. Para los naturalistas predarwinianos, ésta era una evidencia de la existencia de un "plan de la naturaleza", en un sentido místico. Para los biólogos evolucionistas, es la evidencia del origen común de estos

grupos, a partir de un antecesor común que tenía cinco dedos. Si las especies hubieran sido creadas separadamente, sería imposible interpretar esta coincidencia.

Finalmente, una última línea de evidencia proviene de los estudios sobre la adaptación, también llamada la "imperfección" de la adaptación. En el curso de su carrera como naturalista, Darwin acumuló una enorme cantidad de información sobre los organismos vivos. Sobre la base de este vasto conocimiento, Darwin sabía que no todas las adaptaciones -"dispositivos"- son perfectas. Las adaptaciones simplemente son tan buenas como pueden serlo. Lejos de ser una dificultad para los evolucionistas, según lo muestra un análisis cuidadoso, la imperfección de muchas adaptaciones constituye una quinta línea de fuerte evidencia en apoyo de la evolución.

Darwin encontró numerosos ejemplos en los que comprobó que la evolución, muy lejos de operar como un delicado ingeniero que diseña y construye a cada especie a partir de un plan preconcebido y de materiales óptimos, se parecería más a un zapatero remendón que pone parches sobre diseños preexistentes. Las adaptaciones proveen evidencia no sólo de que en las poblaciones ocurren cambios graduales a lo largo del tiempo en respuesta a fuerzas selectivas del ambiente, sino también de que muchas de ellas distan de ser perfectas como consecuencia de las restricciones dadas por la historia evolutiva del grupo.

La teoría de la evolución en la actualidad

Desde la época de Darwin se ha acumulado un gran número de evidencias adicionales que sustentan la realidad de la evolución que ponen de manifiesto que todos los organismos vivos que existen hoy sobre la Tierra se han establecido a partir de formas más antiguas, en el curso de la larga historia del planeta. En verdad, toda la biología moderna es una confirmación del parentesco existente entre las numerosas especies de seres vivos y de la diferenciación y diversificación ocurrida entre ellas durante el curso del tiempo. Desde la publicación de *El Origen de las Especies*, el interrogante importante acerca de la evolución, ya no ha sido si ella ocurrió o no. Esto no constituye actualmente un tema de disputa para la abrumadora mayoría de los biólogos. Los interrogantes principales, y aun fascinantes, para los biólogos conciernen a los mecanismos por los cuales ocurre la evolución.

Una de las principales debilidades de la teoría de la evolución, según fuera formulada por Darwin, era la ausencia de un mecanismo válido para explicar la herencia.

El desarrollo posterior de la genética permitió dar respuesta a tres cuestiones que Darwin nunca pudo resolver: 1) ¿de qué manera se transmiten las características heredadas de una generación a la siguiente?; 2) ¿por qué las características heredadas no se "mezclan", sino que pueden desaparecer y luego reaparecer en generaciones posteriores y 3) ¿de qué manera se originan las variaciones sobre las cuales actúa la selección natural?

La combinación de la teoría de la evolución de Darwin con los principios de la genética mendeliana se conoce como la síntesis neodarwiniana o la Teoría Sintética de la evolución. Algunos aspectos de la Teoría Sintética recientemente han sido puestos en tela de juicio, en parte como resultado de nuevos avances en el conocimiento de los mecanismos genéticos producidos por los rápidos progresos en biología molecular y, en parte, como resultado de nuevas evaluaciones del registro fósil. Las controversias actuales, que se refieren principalmente al ritmo y a los mecanismos del cambio macroevolutivo y al papel desempeñado por el azar en la determinación de la dirección de la evolución, no afectan a los principios básicos de la Teoría Sintética. Sin embargo, prometen proporcionarnos una comprensión mayor que la actual acerca de los mecanismos por los cuales ocurre la evolución.



