

## A FONDO

### Dos revoluciones: Copérnico y Darwin

Francisco J. Ayala

University of California, Irvine, CA 92697, USA

#### Concepción moderna de la ciencia

Existe una versión de la historia de las ideas que establece un paralelismo entre la revolución copernicana y la darwiniana. Según esta visión, la revolución copernicana consistió en desplazar a la tierra de su lugar anteriormente aceptado como centro del universo, situándola en un lugar subordinado como un planeta más que gira alrededor del sol. De manera congruente, se considera que la revolución darwiniana consiste en el desplazamiento de los humanos de su eminente posición como centro de la vida sobre la tierra, con todas las demás especies creadas al servicio de la humanidad. Según esta versión de la historia intelectual, Copérnico había llevado a cabo su revolución con la teoría heliocéntrica del sistema solar. El logro de Darwin surgió de su teoría de la evolución orgánica.

Esta versión de las dos revoluciones es inadecuada: lo que dice es cierto, pero pasa por alto lo que es más importante respecto a estas dos revoluciones intelectuales, es decir, que marcan el comienzo de la ciencia en el sentido moderno de la palabra. Estas dos revoluciones podrían verse conjuntamente como una única revolución científica, con dos etapas, la copernicana y la darwiniana.

La revolución copernicana dio comienzo con la publicación en 1543, el año de la muerte de Nicolás Copérnico, de su *De revolutionibus orbium celestium* (“Sobre las revoluciones de las esferas celestiales”), y floreció con la publicación en 1687 de *Philosophiae naturalis principia mathematica* (“Los principios matemáticos de filosofía natural”) de Isaac Newton. Los descubrimientos de Copérnico, Kepler, Galileo, Newton, y otros, en los siglos XVI y XVII, habían anunciado gradualmente una concepción del universo como materia en movimiento gobernada por leyes naturales. Se demostró que la tierra no es el centro del universo, sino un pequeño planeta que rota alrededor de una estrella mediana; que el universo es inmenso en

espacio y en tiempo; y que los movimientos de los planetas en torno al sol se pueden explicar por las mismas leyes sencillas que explican el movimiento de los objetos físicos en nuestro planeta<sup>1</sup>.

Estos y otros descubrimientos expandieron enormemente el conocimiento humano. La revolución conceptual que trajeron consigo fue aún más fundamental: un compromiso con el postulado de que el universo obedece leyes inmanentes que explican los fenómenos naturales. Los funcionamientos del universo fueron llevados al dominio de la ciencia: explicación a través de leyes naturales. Los fenómenos físicos podrían ser explicados cuando las causas se conociesen adecuadamente.

Los avances de la ciencia física provocados por la revolución copernicana habían llevado la concepción que la humanidad tiene del universo a un estado de cosas esquizofrénico, que persistió hasta bien mediado el siglo XIX. Las explicaciones científicas, derivadas de las leyes naturales, dominaban el mundo de la materia inanimada, así en la tierra como en el cielo. Las explicaciones sobrenaturales, como la explicación tradicional del diseño de los organismos, que depende de las insondables acciones del Creador, explicaban el origen y la configuración de las criaturas vivas: las realidades más diversificadas, complejas e interesantes del mundo.

### **Diseño sin diseñador**

Fue el genio de Darwin el que resolvió esta esquizofrenia conceptual. Darwin completó la revolución copernicana al extender a la biología la noción de la naturaleza como un sistema de materia en movimiento que la razón humana puede explicar sin recurrir a agentes extranaturales.

El enigma enfrentado por Darwin difícilmente podría sobrestimarse. La fuerza del argumento a partir del diseño para demostrar el papel del Creador había sido planteada por autores religiosos de forma contundente. Allí donde hay función o diseño, buscamos a su autor. El mayor logro de Darwin fue demostrar que la compleja organización y funcionalidad de los seres vivos se puede explicar como resultado de un proceso natural, la selección natural, sin ninguna necesidad de recurrir a un Creador u otro agente externo. El origen y la adaptación de los organismos en su profusión y su maravillosa diversidad fueron así traídos al dominio de la ciencia.

Darwin aceptaba que los organismos están “diseñados” para ciertos cometidos, es más, están organizados desde el punto de vista funcional. Los organismos están adaptados a ciertas formas de vida y sus partes están adaptadas para realizar ciertas funciones. Los peces están

adaptados para vivir en el agua, los riñones están diseñados para regular la composición de la sangre, la mano humana está hecha para asir. Pero Darwin pasó a proporcionar una explicación natural del diseño. Los aspectos aparentemente con sentido de los seres vivos ahora se podían explicar, al igual que los fenómenos del mundo inanimado, por medio de los métodos de la ciencia, como el resultado de leyes naturales manifestadas en los procesos naturales.

### **Charles Darwin**

Charles Darwin (1809-1882) fue hijo y nieto de médicos. Se matriculó como estudiante de medicina en la Universidad de Edimburgo. Sin embargo, después de dos años abandonó Edimburgo y se trasladó a la Universidad de Cambridge para proseguir sus estudios y prepararse para ser clérigo. No fue un estudiante excepcional, pero estaba profundamente interesado en la historia natural. El 27 de diciembre de 1831, unos meses después de su graduación en la Universidad de Cambridge, Darwin zarpó, como naturalista, a bordo del *HMS Beagle* en un viaje alrededor del mundo que duró hasta octubre de 1836. Con frecuencia desembarcaba en las costas para realizar viajes prolongados al interior con el objeto de recoger especímenes de plantas y animales. El descubrimiento de huesos fósiles pertenecientes a grandes mamíferos extinguidos en Argentina y la observación de numerosas especies de pájaros pinzones en las Islas Galápagos estuvieron entre los acontecimientos que se considera estimularon el interés de Darwin en cómo se originan las especies.

Las observaciones que efectuó en las islas Galápagos quizá hayan sido las que tuvieron más influencia sobre el pensamiento de Darwin. Las islas, en el ecuador a 900 kilómetros de la costa oeste de Sudamérica, habían sido llamadas Galápagos por los descubridores españoles debido a la abundancia de tortugas gigantes, distintas en diversas islas y diferentes de las conocidas en cualquier otro lugar del mundo. Las tortugas se movían perezosamente con un ruido metálico, alimentándose de la vegetación y buscando las escasas charcas de agua fresca existentes. Habrían sido vulnerables a los depredadores, pero estos brillaban por su ausencia en las islas. En las Galápagos, Darwin encontró grandes lagartos, que a diferencia de otros ejemplares de su especie se alimentaban de algas, y sinsontes bastante diferentes de los hallados en el continente sudamericano. Es bien sabido que encontró varias clases de pinzones, que variaban de una isla a otra en diversas características, notables sus picos distintivos, adaptados para hábitos alimentarios dispares: cascar nueces, sondear en busca de insectos, atrapar gusanos.

Además de *El origen de las especies* (1859), Darwin publicó muchos otros libros, en especial *The Descent of Man and Selection in Relation to Sex* (1871), que extiende la teoría de la selección natural a la evolución humana.

## **Darwin y Wallace**

Es bien sabido que a Alfred Russell Wallace (1823-1913) se le atribuye el descubrimiento, al margen de Darwin, de la selección natural como proceso que explica la evolución de las especies. El 18 de junio de 1858, Darwin comunicó en una carta a Charles Lyell que había recibido por correo un breve ensayo de Wallace tal que “si Wallace tuviese mi [manuscrito] esbozo escrito en [1844] no podría haber hecho un resumen mejor.” Darwin estaba atónito.

Darwin y Wallace, que en ese momento estaba en el archipiélago malayo recogiendo especímenes biológicos, habían iniciado una correspondencia ocasional a finales de 1855, en la que Darwin a veces ofrecía simpatía y ánimo al ocasionalmente desalentado Wallace, por su “fatigosa tarea”. En 1858, Wallace había concebido la idea de la selección natural como explicación del cambio evolutivo y quería conocer la opinión de Darwin sobre esta hipótesis, pues sabía, al igual que muchos otros, que Darwin había estado trabajando en el tema durante años, había compartido sus ideas con otros científicos, y ellos le consideraban el experto eminente en cuestiones relativas a la evolución biológica.

Tras recibir la carta de Wallace, Darwin vaciló sobre la forma de proceder. Quería reconocer el descubrimiento de la selección natural de Wallace, pero no quería al mismo tiempo abandonar su propio descubrimiento independiente y anterior. Finalmente, después de consultar entre varios científicos que conocían las ideas de Darwin, se decidió que la carta de Wallace y dos escritos anteriores de Darwin se presentarían en una reunión de urgencia de la Sociedad Lineana de Londres. El 1 de julio de 1858, tres artículos fueron leídos por el subsecretario de la sociedad, George Busk, en el orden de su fecha de redacción: el abreviado resumen de Darwin de su ensayo de 230 páginas de 1844; un “resumen de un resumen” que Darwin había escrito al botánico americano Asa Gray el 5 de septiembre de 1857; y el ensayo de Wallace en la carta de 1858 a Darwin, “On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely of Species; Instability of Varieties Supposed to Prove the Permanente Distinctness of Species”<sup>2</sup>. A la reunión asistieron unas treinta personas, entre las cuales no se hallaban Darwin ni Wallace. Los escritos generaron

escasa respuesta y prácticamente nada de discusión, al parecer ninguno de los allí presentes tuvo conciencia de su importancia.

El independiente descubrimiento de la selección natural por parte de Wallace es notable. Pero el interés y la motivación de Wallace no eran la explicación del diseño sino cómo explicar la evolución de las especies, según se indica en el título de su manuscrito: “Sobre la tendencia de las variedades para alejarse indefinidamente del modelo original”. Wallace pensaba que la evolución procede de forma indefinida y es progresiva<sup>3</sup>. Darwin, en cambio, no aceptaba que la evolución representase necesariamente un progreso o avance. Tampoco creía que la evolución siempre provocara un cambio morfológico con el paso del tiempo; más bien, sabía de la existencia de “fósiles vivos,” organismos que habían permanecido inalterados durante millones de años. Por ejemplo, “algunos de los animales silurianos más antiguos, como los Nautilus, Lingula, etc., no difieren mucho de las especies vivas”<sup>4</sup>.

En 1858, Darwin estaba trabajando en un tratado de varios volúmenes, que pretendía titular “Sobre la selección natural”. El artículo de Wallace estimuló a Darwin a escribir *El origen de las especies*, que sería publicado el año siguiente y que él consideraba un ensayo abreviado del libro mucho más largo que pretendía escribir. Como diré a continuación, el interés de Darwin, en *El origen* como en otras partes, era la explicación del diseño, con la evolución jugando el papel subsidiario de apoyar las pruebas.

### **La “teoría” de Darwin**

Que Darwin consideraba el descubrimiento de la selección natural (y no su demostración de la evolución) su hallazgo más importante, se desprende de la consideración de su vida y sus obras. Darwin valoraba la selección natural como su principal descubrimiento y la designó como “mi teoría”, una designación que nunca usaba cuando se refería a la evolución de los organismos. El descubrimiento de la selección natural; la conciencia de Darwin de que se trataba de un descubrimiento de enorme importancia porque era la respuesta de la ciencia al argumento teológico a partir del diseño; y la designación que Darwin hacía de la selección natural como “mi teoría” se pueden rastrear en sus “Red and Transmutation Notebooks B to E”, unos cuadernos comenzados en marzo de 1837, no mucho después de su regreso el 2 de octubre de 1836 de su viaje de cinco años alrededor del mundo en el *HMS Beagle*, y completados a finales de 1839<sup>5</sup>.

La evolución de los organismos era un hecho comúnmente aceptado por los naturalistas en las décadas centrales del siglo XIX. La distribución de especies exóticas por Sudamérica, en las islas de los Galápagos, y en otras partes, y el descubrimiento de restos de animales extinguidos hace mucho tiempo, confirmaron la realidad de la evolución en la mente de Darwin. El desafío intelectual era descubrir la explicación que daría cuenta del origen de las especies, cómo nuevos organismos habían llegado a adaptarse a sus medio ambientes, ese “misterio de misterios,” como ha sido llamado por un contemporáneo suyo de más edad, el destacado científico y filósofo Sir John Herschel (1792-1871).

Al comienzo de sus *Notebooks* de 1837 a 1839, Darwin registra su descubrimiento de la selección natural y se refiere repetidamente a él como “mi teoría”. A partir de entonces y hasta su muerte en 1882, su vida estaría dedicada a sustanciar la selección natural y sus postulados acompañantes, principalmente la difusión de la variación hereditaria y la enorme fertilidad de los organismos, que sobrepasan con mucho la capacidad de los recursos disponibles. La selección natural se convirtió para Darwin en “una teoría por la cual trabajar”. De forma incesante prosiguió sus observaciones y realizó experimentos para poner a prueba la teoría y resolver posibles objeciones.

### **El mayor descubrimiento de Darwin: diseño sin diseñador**

Darwin ocupa un lugar de honor en la historia del pensamiento occidental, siendo justamente reconocido como el autor original de la teoría de la evolución por selección natural. En *El origen de las especies*, publicado en 1859, acumuló pruebas que demostraban la evolución de los organismos. Darwin no empleó el término “evolución,” que no tenía su significado actual, sino que se refirió a la evolución de los organismos con la frase “descendencia común con modificación” y expresiones similares.

Pero Darwin logró algo mucho más importante para la historia intelectual que demostrar la evolución. De hecho acumular pruebas de la descendencia común con diversificación fue un objetivo subsidiario de la obra maestra de Darwin. El punto principal sobre el que ahora quiero llamar la atención es que *El origen de las especies* de Darwin es, primero y ante todo, un largo argumento dedicado a explicar de manera científica el diseño de los organismos. Darwin trata de explicar el diseño de los organismos, su complejidad, diversidad y maravillosos ingenios como

resultado de procesos naturales. La evidencia de la evolución surge porque la evolución es una consecuencia necesaria de la teoría del diseño de Darwin.

La Introducción y los capítulos I a VIII del *Origen* explican de qué modo la selección natural justifica las adaptaciones y los comportamientos de los organismos, su “diseño.” El prolongado argumento comienza en el capítulo I, donde Darwin describe la exitosa selección de las plantas y los animales domésticos y, con considerable detalle, el éxito de los criadores de palomas que buscan “mutaciones” exóticas. El éxito de los criadores de plantas y animales manifiesta cuánta selección se puede llevar a cabo aprovechando las variaciones espontáneas que ocurren en los organismos pero que casualmente cumplen los objetivos de los criadores. Una mutación que aparece primero en un individuo se puede multiplicar por medio de la crianza selectiva, de modo que tras unas cuantas generaciones esa mutación se vuelve fija en una variedad, o “raza.” Las razas conocidas de perros, ganado, pollos y plantas comestibles han sido obtenidas por este proceso de selección practicado por personas con objetivos particulares.

Los siguientes capítulos (II-VIII) del *Origen* extienden el argumento a las variaciones propagadas por medio de la selección natural para beneficio de los propios organismos, más que por selección artificial de rasgos deseados por los humanos. A consecuencia de la selección natural, los organismos exhiben diseño, esto es, exhiben órganos y funciones adaptativas. Pero el diseño de los organismos tal como estos existen en la naturaleza no es “diseño inteligente,” impuesto por Dios como Supremo Ingeniero o por los humanos; más bien, es el resultado de un proceso natural de selección, que fomenta la adaptación de los organismos a sus entornos. Así es como funciona la selección natural: los individuos que tienen variaciones beneficiosas, es decir, variaciones que mejoran su probabilidad de supervivencia y reproducción, dejan más descendientes que los individuos de la misma especie que tienen menos variaciones beneficiosas. En consecuencia las variaciones beneficiosas se incrementarán en frecuencia a lo largo de las generaciones; las variaciones menos beneficiosas o perjudiciales serán eliminadas de la especie. Con el paso del tiempo, todos los individuos de la especie poseerán las características beneficiosas; nuevas características continuarán acumulándose durante eones de tiempo.

Los organismos exhiben un diseño complejo, pero no es una “complejidad irreducible,” surgida toda de golpe en su elaboración actual. Según la teoría de la selección natural de Darwin, el diseño más bien ha surgido de forma gradual y acumulativa, paso a paso, impulsado por el éxito reproductivo de los individuos con elaboraciones cada vez más complejas.

Si la explicación de Darwin de la organización adaptativa de los seres vivos es correcta, la evolución necesariamente es una consecuencia de que los organismos se adapten a diversos entornos en distintos lugares, y de las condiciones siempre cambiantes del entorno a lo largo del tiempo, y a que las variaciones hereditarias se vuelvan disponibles en un momento determinado y mejoren las oportunidades de los organismos de sobrevivir y reproducirse. La evidencia de la evolución biológica del *Origen* se halla en el centro de la explicación que Darwin da del “diseño,” porque esta explicación implica que la evolución biológica ocurre, la cual por tanto Darwin trata de demostrar en la mayor parte del resto del libro (capítulos IX-XIII).

En el conclusivo capítulo XIV del *Origen*, Darwin regresa al tema dominante de la adaptación y el diseño. En un elocuente párrafo final, afirma la “grandeza” de su visión: “Es interesante contemplar una enmarañada ribera, cubierta de muchas plantas de numerosas clases, con pájaros que cantan en los arbustos, con diversos insectos que revolotean, y con gusanos que se arrastran entre la tierra húmeda, y reflexionar que estas formas *cuidadosamente construidas*, tan diferentes unas de otras, y que son interdependientes *de una manera tan compleja*, han sido producidas por leyes que actúan alrededor de nosotros. [...] Así, la cosa más elevada que somos capaces de concebir, es decir la producción de los animales superiores, es una consecuencia directa de la guerra de la naturaleza, del hambre y la muerte. Hay grandeza en esta visión de que la vida, con sus diversos poderes, ha sido originalmente alentada en unas pocas formas o en una sola; y que, mientras este planeta ha ido girando de acuerdo a la constante ley de la gravedad, a partir de un comienzo tan simple se han desarrollado y se están desarrollando *un sinfín de formas las más bellas y más maravillosas*”<sup>6</sup>.

El *Origen* de Darwin trata de cómo explicar la configuración adaptativa de los organismos y sus partes, que están tan obviamente “diseñados” para cumplir ciertas funciones. Darwin arguye que las variaciones adaptativas hereditarias (“variaciones útiles en cierto sentido a cada ser”) aparecen de forma ocasional, y que es probable que estas aumenten las oportunidades reproductivas de sus portadores. El éxito de los colómbos y los criadores de animales claramente evidencia la ocurrencia ocasional de variaciones hereditarias útiles. En la naturaleza, a lo largo de generaciones, prosigue el argumento de Darwin, las variaciones favorables se conservarán, multiplicarán y unirán; las perjudiciales serán eliminadas. En un lugar, Darwin afirma: “No puedo ver límites a este poder [selección natural] para *adaptar* lenta y hermosamente cada forma a las relaciones de vida más complejas”.

En su autobiografía, Darwin escribió: “El antiguo argumento del diseño en la naturaleza, tal como lo expone Paley, que antes me pareció tan concluyente, se viene abajo ahora que la ley de la selección natural ha sido descubierta. Ya no podemos argumentar que, por ejemplo, la hermosa charnela de una concha de bivalvo debió de ser hecha por un ser inteligente, como la bisagra de una puerta construida por un hombre”<sup>7</sup>.

Darwin propuso la selección natural principalmente con el fin de explicar la organización adaptativa, o “diseño”, de los seres vivos; es un proceso que conserva y fomenta la adaptación. El cambio evolutivo a través del tiempo y la diversificación evolutiva (la multiplicación de las especies) a menudo se originan como consecuencias de la selección natural que favorecen la adaptación de los organismos a su medio. Pero el cambio evolutivo no lo fomenta directamente la selección natural y, por tanto, no es su consecuencia necesaria. De hecho, algunas especies pueden permanecer sin cambios durante largos períodos de tiempo, como los Nautilus, Lingula y otros llamados “fósiles vivos”, organismos que han permanecido inalterados en su aspecto durante millones de años.

## Notas

1. Leyes como  $f = m \times a$ , fuerza = masa x aceleración; o la ley de atracción,  $f = g (m, m^2)/r^2$ , la fuerza de atracción entre dos cuerpos es directamente proporcional a sus masas, pero inversamente relacionada al cuadrado de la distancia que los separa.

2. El ensayo de Wallace se publicó en el *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London (Zoology)* 3 (1958), pp. 53-62.

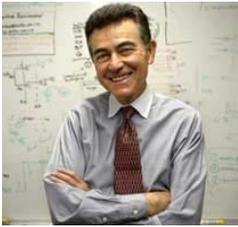
3. En su artículo, Wallace escribe: “Creemos que en la naturaleza hay una tendencia a la continua progresión de ciertas clases de variedades más y más allá del tipo original: una progresión para la cual no parece haber razón por la que asignar ningún límite definido. Esta progresión, por pasos mínimos, en diversas direcciones....”

4. *On The Origin of Species*, un facsímil de la primera edición de 1859. Nueva York: Athenaeum, 1967, p. 306. El período siluriano se extiende entre hace 416 y 444 millones de años.

5. Para una edición crítica de los *Red and Transmutation B to E Notebooks*, véase capítulo 3 en Eldredge, N. 2005. *Darwin*. Nueva York: Norton, pp. 71-138.

6. *Origen*, nota 4 arriba, pp. 489-490. Cursiva añadida.

7. Barlow, N. 1958. *The Autobiography of Charles Darwin*. Londres: Collins.



**Francisco José Ayala** nació en Madrid en 1934 y reside en Estados Unidos desde 1961. Se doctoró por la Universidad de Columbia en 1964. Investiga e imparte clases de biología en la Universidad de California en Irvine. Es uno de los más prestigiosos científicos españoles, reconocido por sus estudios del reloj molecular evolutivo y temas relacionados. Es autor de más de 500 artículos científicos y al menos una docena de libros. Ha abordado la divulgación popular a través de libros como: *Evolución* (1980), *Origen y Evolución del Hombre* (1980), *La Evolución en Acción* (1983), *Estudios sobre Filosofía de la Biología* (1983), *Genética Moderna* (1984), *La Naturaleza Inacabada* (1987) y *La Teoría de la Evolución* (1994). Ha recibido numerosas condecoraciones, entre las que destacan las medallas de oro de Mendel de la Academia de Ciencias de la República Checa (1994), de la Academia Nacional de Ciencias de Italia (2000), de la Stazione Zoologica de Nápoles (Italia, 2003) y la medalla nacional de la Ciencia de Estados Unidos (2001). Es doctor Honoris Causa por diez universidades, entre ellas las de Atenas, Bolonia, Complutense de Madrid, Central de Barcelona y León. Ha sido presidente de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia. Es miembro de la Academia Nacional de las Ciencias de Estados Unidos, de la Academia Americana de las Artes y las Ciencias, y de la Sociedad Filosófica Americana, y miembro extranjero de la Academia Rusa de las Ciencias, Accademia Nazionale dei Lincei de Italia, Academia Mexicana de las Ciencias y Real Academia de Ciencias de España.