

# **En el segundo centenario de Darwin: ¡Viva la Evolución!**



*FRANCISCO J. AYALA*  
*University of California, Irvine*

*Hasta bien entrado el siglo XVIII la única explicación que tenía la humanidad sobre el origen de todo, estaba en "Génesis". La idea bíblica prevaleció durante siglos hasta que apareció una teoría estructurada que pudo explicar racionalmente el hecho de la evolución. Hace 200 años nació Charles Robert Darwin y hace 150 publicó "El origen de las especies", su obra cumbre. Darwin y Alfred Russel Wallace descubrieron la piedra Rosetta de la biología para explicar la evolución de los seres vivos: la selección natural. Desde entonces los arquetipos platónicos y las aristotélicas causas finales dejaron de tener validez. Pero hoy, arrancando el siglo XXI, algunos pretenden desmentir las tesis del darwinismo, tratando de revivir el cadáver del creacionismo bajo la engañosa 'tesis' del llamado diseño inteligente. En este artículo el doctor Francisco J. Ayala, genetista de renombre mundial, nos acerca a la comprensión del fenómeno evolutivo para entender que todo organismo vivo habita este planeta gracias a la acción continua de una ley material que funciona hace miles de millones de años. **DESLINDE***

**C**harles Robert Darwin nació el 12 de febrero de 1809 en Shrewsbury, Inglaterra. *El origen de las especies*, el libro por el que Darwin es mejor conocido, fue publicado en inglés en 1859. El año de 2009 es ocasión para celebrar dos aniversarios importantes de Darwin: el segundo centenario de su nacimiento el 12 de febrero, y el sesquicentenario de la publicación de *El origen* el 24 de noviembre.

Darwin fue hijo y nieto de médicos. Su abuelo, Erasmus Darwin (1731-1802), poeta además de médico, había propuesto, en varios volúmenes y en un lenguaje más poético que científico, una teoría de la transmutación de los seres vivientes a través de eones de tiempo (*Zoonomia, or the laws of Organic Life*, 1794-1796). Su padre, Robert Waring Darwin (1766-1848), además de su práctica médica, tuvo gran éxito en las finanzas.

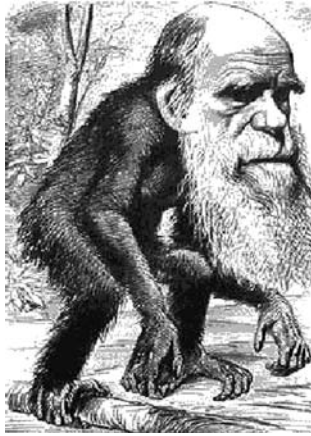
Darwin se matriculó como estudiante de medicina en la Universidad de Edim-

burgo. Sin embargo, después de dos años abandonó Edimburgo y se trasladó a la Universidad de Cambridge para proseguir sus estudios. 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. 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 estimularon el interés de Darwin en cómo se originan las especies. Además de *El origen de las especies* (1859), Darwin publicó bastantes 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 ocupa un lugar de honor en la historia del pensamiento occidental, siendo justamente reconocido como el

autor original de la teoría de la evolución. En *El origen de las especies*, acumuló pruebas que demostraban la evolución de los organismos. Pero Darwin logró algo mucho más importante para la historia intelectual que demostrar la evolución. *El origen de las especies* es, primero y ante todo, un esfuerzo sostenido por resolver el problema planteado por el teólogo inglés William Paley, quien en su *Natural theology* (1802) había argumentado que el diseño de los organismos requiere una explicación sobrenatural. El ojo, decía Paley, está diseñado para ver y donde hay diseño hay diseñador. Darwin trata de explicar el diseño de los organismos, su complejidad, diversidad y maravillosos ingenios como resultado de procesos naturales.

La publicación de *El origen de las especies* en 1859 tuvo gran impacto en la sociedad de su tiempo, inmediatamente en Inglaterra, pero enseguida también en el resto de Europa y en América. El libro se convirtió en tópico de salón sujeto a vehementes ataques e incluso al ridículo. Científicos, políticos, clérigos y personas notables de todo tipo discutían el libro, defendiendo o negando las ideas de Darwin. Los ataques mencionaban frecuentemente el origen de los humanos “a partir del mono” como proposición ofensiva e inaceptable. Pero subyacente a esta y a otras críticas residía una objeción fundamental: la que se opone a la explicación del diseño en el universo, particularmente del diseño de los seres vivos, por medio de causas naturales. Dios, el gran diseñador del universo, parece quedar remontado en el mejor de los casos al papel de Creador del mundo original y de sus leyes inmanentes, en vez de ser responsable de la configuración y la operación de los organismos y del resto del universo.



## La teoría de la evolución

La teoría de la evolución biológica se ocupa de tres materias diferentes. La primera es el *hecho* de la evolución; esto es, que las especies vivientes cambian a través del tiempo y están emparentadas entre sí debido a que descienden de antepasados comunes. La segunda materia es la *historia* de la evolución; esto es, las relaciones

particulares de parentesco entre unos organismos y otros; por ejemplo, entre el chimpancé, el hombre y el orangután. La tercera materia se refiere a las *causas* de la evolución de los organismos.

La primera cuestión es la básica, pues si los organismos no evolucionan, la teoría de la evolución no tendría nada que estudiar. Darwin acumuló evidencias para convencer a los científicos de su época de que los seres vivos son descendientes modificados de antepasados comunes. La evidencia a favor de la evolución ha seguido aumentando desde entonces, derivada de todas las disciplinas biológicas. El origen evolutivo de los organismos es hoy una conclusión científica establecida con un grado de certeza comparable a otros conceptos científicos ciertos, tales como la redondez de la Tierra, la revolución de los planetas alrededor del sol, o la composición molecular de la materia. Este grado de certeza, que va más allá de toda duda razonable, es lo que señalan los biólogos cuando afirman que la evolución es un “hecho”. El origen evolutivo de los organismos es un hecho aceptado por los biólogos y por todas las personas bien informadas sobre el asunto.

Darwin y otros biólogos del siglo XIX hallaron pruebas convincentes de la evo-

lución biológica en el estudio comparativo de los organismos vivos, en su distribución geográfica y en los restos fósiles de organismos extinguidos, incluyendo los numerosos descubrimientos de fósiles intermedios entre los humanos modernos y nuestros antepasados simios. Desde la época de Darwin, la evidencia de estas fuentes se ha vuelto más fuerte y más completa. Además, disciplinas biológicas que han surgido recientemente –la genética, la bioquímica, la ecología, el comportamiento animal (la etología), la neurobiología y especialmente la biología molecular– han proporcionado potentes pruebas adicionales y confirmación detallada.

### **La historia de la evolución y la biología molecular**

Todas las disciplinas mencionadas aportan información importante para reconstruir la historia evolutiva de los organismos de todo tipo. Pero particularmente notable es la contribución de la biología molecular, una de las a más recientes disciplinas biológicas. La biología molecular surgió cien años después de Darwin, tras el descubrimiento en 1953 de la estructura de doble hélice del ADN, el material químico de la herencia. La biología molecular aporta las pruebas más sólidas de la evolución biológica y hace posible reconstruir la historia evolutiva con tanto detalle y precisión como cualquiera pueda desear. De hecho, es posible afirmar hoy día que ya no existen lagunas de conocimiento en la historia evolutiva de los organismos vivos. Las principales ramas del árbol de la vida han sido reconstruidas por entero y en muchos detalles. Cada mes se publican más detalles sobre más y más ramas del árbol universal de la vida en montones de artículos científicos. La prácticamente

ilimitada información evolutiva codificada en la secuencia de ADN de los organismos vivos permite a los evolucionistas reconstruir todas las relaciones evolutivas que conducen a los organismos actuales, con tanto detalle como se desee. Si se invierten los recursos necesarios (tiempo y gastos de laboratorio) uno puede tener la respuesta a cualquier pregunta sobre las relaciones de parentesco (“filogenia”) y otras cuestiones sobre la historia de los organismos, con tanta precisión como se quiera.

El ADN y las proteínas han sido llamados “macromoléculas informacionales” porque son largas moléculas lineales constituidas por secuencias de unidades –nucleótidos en el caso de los ácidos nucleicos, aminoácidos en el caso de las proteínas– que incluyen la información evolutiva. Al comparar la secuencia de los componentes en macromoléculas de dos especies, se determina el número de letras (nucleótidos o aminoácidos) que son diferentes. Debido a que la evolución normalmente ocurre cambiando una unidad cada vez, el número de diferencias refleja el grado de parentesco entre las dos especies.

***Dios, el gran diseñador del universo, parece quedar remontado en el mejor de los casos al papel de Creador del mundo original y de sus leyes inmanentes, en vez de ser responsable de la configuración y la operación de los organismos y del resto del universo.***

Por ejemplo, en los humanos y los chimpancés, la proteína llamada citocromo *c*, que desempeña una función vital en la respiración dentro de las células, se compone de los mismos 104 aminoácidos dispuestos exactamente en el mismo orden. Sin embargo, difiere del citocromo *c* de los monos rhesus por un aminoácido, del de los caballos por 11 aminoácidos adicionales, y del citocromo *c* del atún por 21 aminoácidos adicionales.

El grado de semejanza refleja el tiempo pasado desde el último antepasado común. La autoridad de esta clase de examen es abrumadora: cada uno de los miles de genes y miles de proteínas contenidos en un organismo proporciona un examen independiente de la historia evolutiva de ese organismo.

Los estudios evolutivos moleculares poseen tres notables ventajas sobre la paleontología, la anatomía comparada y otras disciplinas clásicas. Una es que la información es fácilmente *cuantificable*. El número de unidades que son diferentes se establece con facilidad cuando se compara la secuencia de unidades para una macromolécula dada en diferentes organismos. La segunda ventaja es *universalidad*. Se pueden hacer comparaciones entre muy diversas clases de organismos. La anatomía comparada puede decir muy poco cuando, por ejemplo, se comparan organismos tan distintos como las levaduras, los pinos y los seres humanos; pero existen numerosas secuencias de ADN y proteínas que se pueden comparar en los tres. La tercera ventaja es la *multiplicidad*. Cada organismo posee miles de genes y proteínas, que en su conjunto reflejan la



Alfred R. Wallace

misma historia evolutiva. Si la investigación de un gen o proteína particular no resuelve de forma satisfactoria la relación evolutiva de un conjunto de especies, se pueden investigar genes y proteínas adicionales hasta que el asunto haya sido resuelto.

## El proceso de selección natural

La contribución más importante de Darwin a la ciencia es su descubrimiento de la

selección natural, el proceso fundamental que da cuenta no sólo de la evolución de las especies, sino también de sus adaptaciones: por qué existen ojos diseñados para ver, alas para volar, y agallas para respirar en el agua.

La selección natural se refiere a las ventajas hereditarias que aumentan la probabilidad de que sus portadores sobrevivan y se reproduzcan mejor que otros organismos. Tales ventajas hereditarias, por ello mismo, aumentan su frecuencia de generación en generación a costa de las alternativas menos ventajosas. Así, las alas de las aves y las agallas de los peces han llegado a ser tan eficientes como lo son. Y así aumentó gradualmente, durante los últimos dos millones de años, el tamaño del cerebro en nuestros antepasados. Aquellos antepasados más inteligentes que otros dejaban más descendientes.

Darwin dedicó gran parte de *El origen de las especies* a explicar la selección natural. Hoy día la teoría de la selección natural es muy compleja, con una base matemática avanzada e innumerables observaciones y experimentos fundamentados en conocimientos de genética, ecología y numerosas otras disciplinas, incluyendo



la cibernética, la química y la física. Pero debemos al genio de Darwin el descubrimiento del proceso fundamental que da cuenta de la diversidad de los organismos y de sus adaptaciones, por qué tenemos manos diseñadas para coger, pulmones para respirar y riñones para modular la composición de la sangre.

La experiencia con la cría de ganado y la cría de plantas le había demostrado a Darwin que se producen variaciones hereditarias que son “útiles al hombre,” como vacas que dan más leche o trigo que produce más granos. De modo que, seguía su razonamiento, en la naturaleza deben producirse variaciones que sean favorables o útiles de algún modo al propio organismo en su lucha por la existencia. Las variaciones favorables son aquéllas que incrementan las oportunidades de supervivencia y procreación. Las variaciones ventajosas, pues, se conservan y multiplican de generación en generación a expensas de otras menos provechosas. Este es el proceso que se conoce como selección natural. El resultado de este proceso es un organismo que está bien adaptado a su medio ambiente, y la evolución ocurre como consecuencia.

La selección natural podría definirse del modo más sencillo como “la reproducción diferencial de variaciones hereditarias”. Se puede proporcionar información adicional ampliando la definición de la siguiente manera: “La selección natural es la reproducción diferencial de variaciones alternativas, determinada por el hecho de que algunas variaciones son beneficiosas porque aumentan la probabilidad de que los organismos que las tienen sobrevivan mejor o sean más fértiles que los organismos que tienen variaciones alternativas.” Podríamos conseguir que la definición fuese más informativa todavía por medio de referirnos al resultado del proceso, añadiendo a la definición anterior: “A

través de las generaciones, las variaciones benéficas se conservarán y multiplicarán; las variaciones perjudiciales o menos benéficas serán eliminadas.” También uno podría referirse en la definición a las consecuencias del proceso a largo plazo: “A través de largos períodos de tiempo, la selección natural tiene como resultado la evolución morfológica y fisiológica de los organismos y su diversificación (esto es, multiplicación de las especies).”

La dificultad más seria con la que se enfrentaba la explicación de Darwin era la falta de una teoría de la herencia adecuada que explicase la conservación a lo largo de generaciones de las variaciones sobre las cuales se supone que actúa la selección natural. Las teorías contemporáneas de la “herencia por mezcla” proponían que las características de la progenie eran simplemente intermedias entre las características de sus progenitores; exactamente igual que, si mezclamos pintura roja y blanca, obtendremos un color de tono intermedio. Pero, como eventualmente Darwin descubrió, la herencia por mezcla no podía explicar la conservación de las variaciones, porque las diferencias entre los dos organismos parentales se dividirían por la mitad en cada generación, reduciendo rápidamente la ventaja de cualquier mutación al ser promediada una y otra vez a través de las generaciones, perdiendo de forma gradual su distinción y, por lo tanto, cualquier posible ventaja que en principio pudiera haber tenido sobre las características preexistentes.

## Genética y mutación

El eslabón perdido en el argumento de Darwin lo proporcionó la genética mendeliana. Más o menos en la época en que se publicó *El origen de las especies*, el monje agustino Gregor Mendel iniciaba una larga serie de experimentos con



*Gregor Mendel*

guisantes en el huerto de su monasterio en Brünn (Austria-Hungría; ahora Brno, República Checa). Estos experimentos y el análisis de sus resultados son desde cualquier punto de vista un ejemplo de método científico magistral. Mendel formuló los principios fundamentales de una teoría de la herencia que todavía se considera válida. Esta teoría explica la herencia biológica a través de factores indivisibles (ahora conocidos como “genes”) heredados uno de cada progenitor, que no se mezclan o funden sino que se segregan en la formación de las células sexuales, o gametos.

Las variaciones hereditarias, favorables o no a los organismos, se producen por un proceso conocido como mutación. Las mutaciones desfavorables son eliminadas por selección natural, porque sus portadores no dejan descendientes o dejan menos que los que portan mutaciones favorables. Las mutaciones favorables se acumulan a lo largo de las generaciones, porque los organismos en los que tienen lugar dejan

un número mayor de descendientes que los otros. El proceso de la selección natural continúa de manera indefinida porque los entornos en los que habitan los organismos están en permanente cambio. Los entornos cambian físicamente –en su clima, su configuración, y así sucesivamente– pero también en el aspecto biológico, porque los depredadores, los parásitos, los competidores y las fuentes de alimentación con los cuales interactúa un organismo están ellos mismos en evolución. Diferentes mutaciones son favorecidas en diversos entornos (o “hábitats”); según cambien los entornos (o los organismos colonicen algunos nuevos), evolucionarán los organismos.

La mutación es un proceso azaroso con respecto a la adaptación. Las mutaciones se producen sin tener en cuenta las consecuencias que puedan tener en la aptitud de los organismos para sobrevivir y reproducirse. Si la mutación fuese el único proceso de cambio evolutivo, la organización de los entes vivos se desintegraría gradualmente. Los efectos de la mutación serían análogos a los de un mecánico que cambiase las partes del motor de un automóvil al azar, sin tener en cuenta el papel de cada parte dentro del motor. La selección natural mantiene los efectos desorganizadores de la mutación y otros procesos bajo control porque multiplica las mutaciones benéficas y elimina las perjudiciales.

## **Diversidad y complejidad**

La selección natural explica no sólo la conservación y la mejora de la organización de los seres vivos sino también su diversidad. En lugares diversos o en circunstancias distintas, la selección natural favorece diferentes características, precisamente aquéllas que permiten a los organismos adaptarse de forma satisfac-

toria a sus circunstancias y formas de vida particulares. La selección natural da así cuenta del origen y multiplicidad de las especies y, a través de los eones transcurridos desde el origen de la vida hace varios miles de millones de años, la selección natural da cuenta de la gran diversidad de organismos que se encuentran sobre la Tierra: desde las bacterias y amebas hasta los organismos multicelulares: las plantas, los hongos y los animales.

A lo largo de eones de tiempo, multitudes de organismos complejos han aparecido sobre la Tierra. La mayor complejidad no es una consecuencia necesaria de la selección natural, pero aparece de forma ocasional como un resultado estadístico. Ocasionalmente, una mutación que aumenta la complejidad será favorecida por la selección natural, por encima de las mutaciones que no incrementan la complejidad. Mutaciones que incrementan la complejidad se acumulan así con el paso del tiempo. Pero tengamos en cuenta que las clases de organismos más longevas que hay sobre la Tierra son las bacterias microscópicas, que han existido de forma continuada en nuestro planeta durante tres mil y medio millones de años, y sin embargo no muestran mayor complejidad que sus antiguos antepasados. Organismos más complejos aparecieron mucho después, sin la eliminación de sus parientes más simples. Por ejemplo, los primates aparecieron sobre la Tierra sólo hace cincuenta millones de años; nuestra especie, el *Homo sapiens*, apareció hace unos doscientos mil años.

La selección natural produce combinaciones de genes que de lo contrario serían muy improbables porque es un proceso que avanza por etapas. El ojo humano no apareció súbitamente en toda su perfección actual. Su formación requería la integración apropiada de muchas unidades genéticas, y por tanto

el ojo no podría haber resultado sólo de procesos aleatorios, ni surgió de pronto o en unas pocas etapas. Nuestros antepasados tuvieron durante más de quinientos millones de años cierta clase de órganos sensibles a la luz. La percepción de luz, y más tarde la visión, eran importantes para la supervivencia de estos organismos y su éxito reproductivo. En consecuencia, la selección natural favoreció los genes y las combinaciones genéticas que aumentaban la eficacia funcional del ojo. Dichas unidades genéticas se acumularon de forma gradual, conduciendo finalmente al ojo de los vertebrados, de alta complejidad y eficacia. La selección natural es, de esta manera, un proceso creativo, aunque no crea los materiales en bruto –los genes– sobre los cuales actúa.

Pero la selección natural no anticipa los medioambientes del futuro; los cambios medioambientales drásticos pueden ser insuperables para organismos que anteriormente sobrevivían satisfactoriamente. La extinción de especies es un resultado habitual del proceso evolutivo. Las especies hoy existentes representan el equilibrio entre la aparición de nuevas especies y su eventual extinción. El inventario actual de especies vivientes incluye la descripción de casi dos millones de especies, aunque se calcula que existan al menos diez millones. Pero sabemos que más del noventa por ciento de todas las especies que jamás han vivido sobre la Tierra se han extinguido. Así, desde el comienzo de la vida sobre la Tierra hace tres mil quinientos millones de años, el número de especies que han vivido sobre nuestro planeta probablemente supere los mil millones.

En este año del doble centenario de su nacimiento, reconozcamos la contribución fundamental y definitiva de Darwin al conocimiento científico. ¡Viva la evolución! y ¡Viva Darwin! **D**