

# Darwin en el pensamiento del siglo XXI

Germán González Dávila

EN LA EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO moderno Darwin se plantea, y resuelve, seculares cuestiones fundamentales sobre el origen del hombre y el sentido de la vida. Darwin continúa la obra de Galileo porque contribuye a superar visiones creacionistas y homocentristas. Darwin se adelanta a Einstein porque contribuye a una visión relativista sobre la posición de los seres humanos en el universo. Darwin es uno de los más valiosos productos de la modernidad o «época contemporánea», marcada en lo cultural por la Ilustración, en lo político por la Revolución Francesa, y en lo económico por la Revolución Industrial.

Precedido por Descartes y Newton —que habían demostrado que los fenómenos físicos del universo no responden a ningún propósito prediseñado o finalidad ninguna—, y acompañado por el materialismo de sus contemporáneos Marx y Freud —que demostraban que la historia y el comportamiento humano están sujetos a mecanismos sobre los cuales tenemos poco o nulo control—, la teoría de la evolución de Darwin constituye el golpe definitivo al pensamiento tradicional creacionista, estático y teleológico. Un pensamiento que durante miles de años mantuvo la suposición de que el universo no cambia porque es el resultado perfecto de una creación divina y tiene como finalidad al ser humano y glorificar al creador. Mediante la explicación de la selección natural Darwin hace extensivo a los seres vivos, y por consiguiente al *Homo sapiens*, que el cambio continuo sin propósitos o finalidad predefinidos es la ley general del universo y aplica a todos por igual.

La selección natural implica la supervivencia de las variedades mejor adaptadas al medio en el que viven, pero también la extinción de los organismos menos aptos al in-

terior de cada población y especie. A escala de ecosistemas y biorregiones pueden prevalecer o extinguirse grupos completos de especies cuando, acumulativamente, las estrategias adaptativas de sus individuos no resultan las mejor ajustadas al medio. Por cada organismo que pasa la prueba de la selección natural y sus descendientes sobreviven, muchos otras desaparecen. Esta es la ley de la evolución biológica: origen, despliegue y, tarde o temprano, extinción. El registro fósil demuestra que todas las especies que aparecen en algún momento de la historia geológica se mantienen durante cientos de miles o millones de años pero, finalmente —sin excepción—, se extinguen. La historia de la vida es como un árbol, y las especies que hoy tenemos a la vista equivalen solamente a las ramas más recientes, los brotes, las flores, los frutos.

## LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN POR SELECCIÓN NATURAL

Hace 150 años, en *«El origen de las especies mediante la selección natural o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida»*,<sup>1</sup> Charles Robert Darwin [1809-1882] explicó el mecanismo mediante el cual todos los organismos vivos son descendientes modificados de uno o unos cuantos ancestros comunes que emergieron en la Tierra en un pasado remoto. Darwin demostró que la principal fuerza conductora de este cambio evolutivo es la selección natural, mediante la cual los organismos mejor adaptados a su medio *«tendrán mayor probabilidad de sobrevivir»* y con ellos su descendencia, ya que debido al *«poderoso principio de la herencia, toda variedad seleccionada tenderá a propagar su nueva y modificada forma»*.

La argumentación es la siguiente. Los organismos vivos se reproducen, e incrementarían su número indefinidamente si no los limitara la muerte; al reproducirse heredan sus características a sus descendientes, pero éstas presentan variaciones y algunas de ellas afectan sus capacidades de supervivencia y reproducción. Los organismos cuyas características son más favorables para la supervivencia y la reproducción tienen más descendientes, a quienes transmiten estas características, con lo que generación tras generación, cambian las características presentes en una población. Es la selección natural.

La teoría de la selección natural explica el cambio evolutivo y predice que los organismos mantendrán las características que mejoren sus capacidades para sobrevivir y reproducirse en el medio en el que vivan. Es decir, predice la adaptación de los organismos a su medio ambiente —lo cual no tiene absolutamente nada que ver con una finalidad predestinada. Esta es una de las mayores fortalezas de la teoría de Darwin, particularmente frente a su único rival importante: el biólogo francés Jean-Baptiste de Lamarck [1744 -1829].

La relevancia del Lamarckismo es que fue el primer científico defensor de la idea de la evolución, y única alternativa importante al Darwinismo para explicar su naturaleza adaptativa. La explicación Lamarckista consiste en que, durante su vida, un organismo puede adaptarse a su medio ambiente, como el caso de los seres humanos que viven a gran altitud y producen más glóbulos rojos en su sangre, lo que los hace capaces de sobrevivir en tales condiciones. Para que este tipo de adaptabilidad tenga importancia evolutiva debe tener algún efecto en la naturaleza de la progenie. Darwin aceptó esta posibilidad bajo la denominación de «efecto de uso y desuso», pero sin dejar de considerar que la selección natural era la más importante causa de la evolución. Lo que Darwin rechazó de la concepción de Lamarck fue su creencia que los organismos tienen una tendencia inherente a evolucionar hacia formas «superiores más complejas»; es decir, rechazó la idea teleológica de que la evolución tenga propósitos predefinidos, o alguna finalidad.

Fue August Weismann [1834-1914] quien rechazó explícitamente la teoría Lamarckista de la herencia de los caracteres adquiridos. Su explicación parte de reconocer que a partir de un óvulo fertilizado se mantienen dos procesos simultáneos, pero independientes, de división celular: uno conduce a la especialización de las células de todos los tejidos somáticos, la estirpe somática o soma; y el otro conduce al mantenimiento del potencial germinativo

original del óvulo fertilizado para producir los gametos, la estirpe germinal. De estas dos estirpes celulares, la somática muere pero la germinal es potencialmente inmortal. El argumento central de Weismann es que la estirpe germinal es independiente de los cambios que ocurran al soma, por lo que los caracteres adquiridos no pueden ser heredados. Puede contra argumentarse a Weismann con el ejemplo de las plantas superiores que no tienen una estirpe celular germinal, o que la energía y los materiales requeridos para la producción de gametos es provisto por el soma, con lo que éste puede influenciar a la estirpe germinal. Pero lo importante en el argumento de Weismann es que lo que cuenta en la transmisión de características no es la energía o los materiales, sino la información. Hoy día esto se conoce como el «dogma central» de la biología molecular: la información puede intercambiarse entre ADN y ARN, y de ARN hacia proteínas, pero no de proteínas hacia ARN.<sup>2</sup>

La principal razón de que las ideas evolutivas de Lamarck hayan sido rechazadas no es por haber defendido la idea de la adaptación por caracteres adquiridos, sino porque los naturalistas de su época nunca encontraron evidencias de la evolución. Georges Cuvier [1769-1832], fundador de la anatomía comparada y uno de los más respetados biólogos y paleontólogos del siglo XIX, desarmó a Lamarck con el argumento de que el registro fósil no revela grados intermedios entre supuestos ancestros y descendientes. Charles Lyell [1797-1875], uno de los fundadores de la geología moderna, en sus *Principios de Geología* [obra publicada entre 1830 y 1833] presentó múltiples evidencias en contra de la evolución en general, y en contra de Lamarck en particular.

Darwin mismo, miembro ortodoxo de la Iglesia de Inglaterra, no parece haber aceptado la idea de la evolución sino hasta después de su viaje a bordo del Beagle —durante el periodo comprendido entre el 27 de diciembre de 1831 y el 2 de octubre de 1836—, cuando el ornitólogo John Gould le señaló que su colección de especímenes de arrendajos [aves canoras que imitan el canto de otras] diferían tanto entre unas y otras de las Islas Galápagos, que en realidad representaban especies distintas.<sup>3</sup> Esta revelación parece haber estimulado a Darwin a ordenar evidencias de la «transmutación de especies». A partir de ese momento sus inquietudes no se limitaron a reunir evidencias de la evolución, sino a concebir un mecanismo que la explicara. La teoría de la selección natural empezó a emerger —de acuerdo con lo que el propio Darwin cuenta en su autobiografía—, cuando en septiembre de 1838 leyó el *Ensayo sobre*

*los Principios de la Población* [1798] de Thomas Malthus [1766-1834]. Esta lectura lo puso a reflexionar en «la lucha por la existencia» que se observa en plantas y animales. Cayó entonces en la cuenta de que, bajo tales circunstancias, las variaciones favorables tendrían más posibilidades de ser preservadas y las desfavorables de desaparecer.

Veinte años después, en junio de 1858, Darwin recibió un manuscrito intitulado *Sobre la Tendencia de las Variaciones a Distanciarse Indefinidamente del Tipo Original*, de un joven naturalista llamado Alfred Russel Wallace [1823-1913]. Wallace había pasado años en formar una colección de especímenes biológicos de Sudamérica y del Archipiélago Malayo e, independientemente, había concebido la idea de la selección natural. Ante la urgencia y consejo de sus amigos Charles Lyell y Joseph Hooker, Darwin elaboró algunos extractos de una gran obra que había concluido en 1844 sobre la selección natural pero que nunca se había atrevido a publicar, y los presentó a la Sociedad Linneana de Londres el 1º de julio de 1858. Al año siguiente, el 24 de noviembre de 1859, apareció publicado un «abstract» de aquella gran obra bajo el título *The Origin of Species by Means of Natural Selection, or The Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*; el libro se agotó en un solo día e inició una controversia que dura hasta nuestros días.

#### EL CONSERVADURISMO TELEOLÓGICO HASTA NUESTROS DÍAS

Los equívocos y las descalificaciones al *Origen* empezaron inmediatamente y continuaron con la aparición del *Origen del hombre y la selección sexual* en 1871.<sup>4</sup> Cierta ignorancia, que continúa hasta nuestros días, sostiene que Darwin defendió la idea de que el hombre desciende del mono. Recuérdese, por ejemplo, la conocida caricatura que representa a Darwin con cuerpo de chimpancé.<sup>5</sup> Las concepciones creacionistas, estáticas y teleológicas contraatacan una y otra vez.

En los Estados Unidos de América estas posiciones conservadoras cristianas protestantes, particularmente recurrentes y fuertes, han hallado refugio y cuartel. Este año se cumplen también 84 años del famoso juicio de Dayton, Tennessee, en contra del profesor de ciencias naturales John T. Scopes, acusado de violar una ley estatal que prohibía enseñar en las escuelas públicas teorías contrarias a lo escrito en la Biblia. Esta ley se mantuvo vigente ¡hasta 1967!<sup>6</sup> Época en que, por cierto, la discriminación contra los afro-americanos —el *apartheid*— prevalecía en los Estados Unidos.

En nuestros días la nueva fuerza conservadora antievolucionista es el «diseño inteligente», que pretende ofrecer una explicación «científica» alternativa sobre el origen y la evolución de la vida. Se diferencia explícitamente del creacionismo del Génesis, pero infiere la existencia, sin identificarlo, de un «gran diseñador» de la vida en el universo. Es decir, trata de demostrar que el universo y la vida tienen un propósito, un diseño previsto, un destino. Sin ninguna capacidad o posibilidad de demostrar con base en datos experimentales lo anterior, estos fundamentalistas pretenden que existe un debate «científico» entre la teoría de la evolución y el «diseño inteligente», y luchan porque las escuelas otorguen igual tiempo a la enseñanza de ambas. Lo preocupante es que su activismo para descalificar a la teoría de la evolución logra convencer a mucha gente. Sólo entre 2001 y 2004, 43 estados de la Unión Americana experimentaron demandas y llevaron a cabo juicios sobre estos tiempos de enseñanza.<sup>7</sup> Estos fundamentalistas «inteligentes» han llegado incluso a descalificar a Newton, pues ahora pretenden asimismo que las escuelas enseñen la «caída inteligente» y no sólo la teoría gravitacional. Se trata de la última cabeza que levanta el milenarismo oscurantismo, peligroso porque sirve de fundamento a dictaduras, xenofobias y la pérdida de libertad.

#### 200 MIL AÑOS DE *HOMO SAPIENS* Y 50 MIL PARA COLONIZAR EL MUNDO

*Homo sapiens* es el único mamífero que haya logrado un despliegue tal de ocupación de todos los hábitats del mundo. En primera aproximación se trata de un homínido muy exitoso, por el incesante mejoramiento de sus capacidades de ocupación de territorios y explotación de bienes terrenales, lo que le ha permitido incrementar desproporcionadamente su número hasta amplificar su huella ecológica a escala global.

Es difícil explicar lo que esto quiere decir para nuestro universo cotidiano, que impone prioridades de corto plazo a las decisiones. La selección natural para *Homo sapiens* es equivalente que para cualquier otro primate, y muestra el éxito mayor de una entre las especies de homínidos del Pleistoceno y el Holoceno, cuyos antepasados más remotos emergieron hace alrededor de seis millones de años. Apasionante historia que se ha construido poco a poco y que durante las últimas tres décadas ha multiplicado hallazgos, descripciones y piezas del rompecabezas del linaje que conduce al ser humano. Revisemos esta historia

brevemente,<sup>8</sup> a fin de pasar revista a una de las más importantes consecuencias del pensamiento de Darwin en el pensamiento moderno: la evolución de *Homo sapiens*; y ajustemos nuestros cinturones para un viaje a escalas de tiempo de muy largo plazo.

El más viejo vestigio de nuestros ancestros conocidos se limita a un pedazo de fémur y unos cuantos huesos más encontrados en Kenia, y remonta a seis millones de años: *Orrorin tugenensis*, todavía muy parecido a los paninés [chimpancés]. Después *Ardipithecus ramidus*, de hace 4.5 millones de años, cabeza de fémur descubierta en Etiopía. Luego viene toda una pléyade de homínidos genéricamente denominados *Australopithecus*. El más viejo es *A. anamensis*, que vivió hace 4.2 a 3.6 millones de años en diversos sitios del África oriental; el siguiente es *A. afarensis*, que incluye a la famosa «Lucy»,<sup>9</sup> de la misma zona, hace 4.1 a 2.9 millones de años, con 1.3m de estatura y alrededor de 400cm<sup>3</sup> de volumen cerebral; le sigue *A. africanus*, del África austral de hace 3.5 a 2.5 millones de años, misma estatura y 500cm<sup>3</sup> cerebrales; *A. bahrelghazali*, del África central hace 3.5 a 3 millones de años; y, *A. garhi*, de Etiopía, hace 2.6 millones de años. Siguen tres *Paranthropus*, que ya participan en la cultura Paleolítica antigua, con volúmenes cerebrales de 420 hasta 600cm<sup>3</sup>: *P. Aethiopicus*, que vivió en África oriental hace 2.7 a 2.3 millones de años; *P. boisei*, de la misma zona hace 2.4 a 1.2 millones de años; y *P. robustus*, misma zona hace 2.2 a 1 millón de años.

El género *Homo* aparece aproximadamente hace 2.5 millones de años, a principios del Paleolítico antiguo. El más viejo es *Homo habilis*, de estatura máxima 1.3m y volumen cerebral de hasta 680cm<sup>3</sup>, que vivió en África oriental y austral hace 2.5 a 1.6 millones de años. Le sigue *Homo rudolfensis*, de hasta 1.4m de estatura y 750cm<sup>3</sup> cerebrales, de África oriental hace 2.4 a 1.7 millones de años. *Homo ergaster*, hace 1.9 a 1 millón de años, con hasta 1.7m y 950cm<sup>3</sup> de volumen craneal interno, que se distribuyó en África oriental y austral, costas africanas, el Medio Oriente y las costas mediterráneas del sur de Europa. *Homo erectus*, distribuido hace 1 millón a 300 mil años en Asia central y oriental, con 1.65m de estatura y hasta 1,100cm<sup>3</sup> de cerebro. *Homo heidelbergensis*, distribuido en las costas mediterráneas y cercano Oriente hace 800 mil a 300 mil años, con 1.65m y hasta 1,300cm<sup>3</sup>. Sigue entonces el famoso *Homo neanderthalensis*, que colonizó Europa y vivió en el norte de África y en Asia hace 200 mil a 30 mil años, de 1.65m, 70kg de peso y hasta 1,750cm<sup>3</sup>

de volumen cerebral. El *Homo sapiens* antiguo aparece hace alrededor de 200 mil años y logra colonizar toda la Tierra, con 1.7m de altura, 70kg de peso y 1,650cm<sup>3</sup> de cerebro. Finalmente el *Homo sapiens* moderno, la única especie homininae que sobrevive hasta el Holoceno, durante los últimos 12 mil años, con promedios de 1.63m de estatura, 63kg de peso y 1,350cm<sup>3</sup> de volumen cerebral.

Entre muchos interesantísimos hallazgos, uno especialmente complicado se refiere al hecho que, mientras durante alrededor de 4 millones de años los homininae muestran una progresión adaptativa a mayor volumen cerebral, durante los últimos 200 mil años la tendencia se invierte. *Homo sapiens* moderno posee 300cm<sup>3</sup> menos que *Homo sapiens* antiguo, 400cm<sup>3</sup> menos que *Homo neanderthalensis*, y prácticamente el mismo volumen cerebral que *Homo heidelbergensis*.

Todas las variedades del género *Homo* forman parte de las culturas del Paleolítico, comparten la fabricación y el uso de útiles de piedra. En ese contexto, lo que indudablemente constituyó la primera gran revolución del género *Homo* fue el uso del fuego. Los registros fósiles más antiguos de uso del fuego son africanos y remontan a casi 1.4 millones de años de antigüedad, en la región del Lago Baringo, Kenia, probablemente de *Homo ergaster*; en tanto que las primeras trazas de uso controlado del fuego —que implican saber producirlo—, remontan a 400 mil años,<sup>10</sup> probablemente de *Homo erectus* o de *Homo heidelbergensis*, 200 mil años antes que *Homo sapiens* apareciera sobre la faz de la Tierra.

Una de las principales características de todas las especies del género *Homo* es que son grandes caminantes. Las pistas del registro fósil señalan que *Homo ergaster*, por ejemplo, llegó hace alrededor de 1.5 millones de años hasta Java y China, Georgia y las puertas de Europa. Por su parte, *Homo sapiens* se aventuró repetidamente fuera de su cuna africana, pero los restos fósiles son insuficientes para hacerse una idea precisa de la historia de su colonización del mundo. Por fortuna, desde hace veinte años la genética de poblaciones llegó al auxilio de los paleoantropólogos para elucidar parte de esta historia.

El ADN transmitido sólo de padre a hijo vía el cromosoma Y, y el ADN mitocondrial transmitido sólo de madre a hija o hijo, desempeñan para los genetistas el papel de «huellas fósiles». Con base en ellas se han generado mapas migratorios globales<sup>11</sup> de una resolución sin precedentes, que confirman que la cuna de *Homo sapiens* es africana y

permiten reconstruir las trayectorias que lo condujeron a colonizar todos los rincones habitables del planeta.

De acuerdo con las rutas del cromosoma Y esta historia empieza hace 50 mil años,<sup>12</sup> cuando unos cuantos cientos, quizás miles de africanos cruzaron el estrecho de Bab el Mandeb, la boca del Mar Rojo en el actual Yibuti, al sur de Eritrea, y llegaron al actual Yemen, al sur de la península arábiga. De ahí se dirigieron a las costas del sur y el oriente de Asia, llegaron hasta Japón, Australia y, por primera vez, a América del Norte. Durante los siguientes cinco mil años se establecieron también en toda la península arábiga. Hace 40 mil años, una segunda oleada migratoria se distribuyó nuevamente en Asia del sur, y 5 mil años después en Mongolia. A partir de ahí, hace 30 mil años se dirigieron por primera vez a Europa y hace 20 mil otra vez hacia el Estrecho de Bering y América, para alcanzar la Patagonia hace 10 mil años.

Esta escala de tiempo está sujeta a reconsideración con fines de precisión, porque en tanto el ADN mitocondrial de la línea materna indica que todos los seres humanos descendemos de una mujer africana que vivió hace alrededor de 200 mil años, la famosa «Eva mitocondrial»,<sup>13</sup> el ADN del cromosoma Y indica que «Adán» vivió hace 60 mil años. No obstante las alusiones bíblicas, ni el «Adán del cromosoma Y» fue el primer único hombre, ni tampoco la «Eva mitocondrial» la primera única mujer; pero su descendencia sí es la única que ha sobrevivido hasta nuestros días. ¿Cómo se mide esto? Pues porque se conoce la velocidad promedio en que ocurren mutaciones neutras —ni beneficiosas ni dañinas— en el ADN mitocondrial o en el ADN del cromosoma Y, por lo que es posible estimar el tiempo transcurrido de acuerdo con el número de mutaciones. Este es el «reloj molecular».

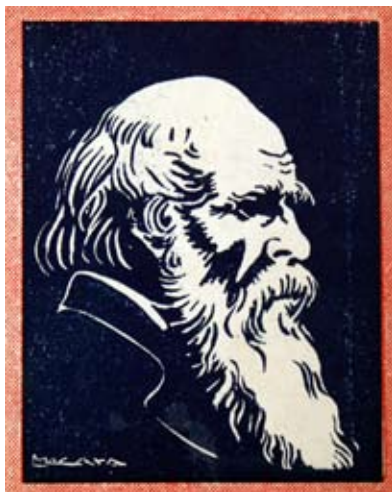
La conquista de la Patagonia coincide con el fin de la última glaciación, los principios del Holoceno, y la emergencia de la segunda gran revolución en la historia del género *Homo*: la agricultura. *Homo sapiens* requirió de alrededor de 40 mil años para alcanzar, desde su cuna africana, todos los rincones habitables del planeta. Y entre la primera gran revolución homínida: el uso controlado del fuego; y la segunda: la domesticación de plantas y animales, hubieron de pasar alrededor de 400 mil años.

## DEL HOLOCENO AL ANTROPOCENO

Después de alrededor de 2 millones de años de evolución del género *Homo* y sus culturas paleolíticas, hace 12 mil años concluye la última glaciación y *Homo*, ya *sapiens*, transita al Neolítico, inventa la agricultura y se hace cargo de crecer y multiplicarse. Con la revolución agrícola es capaz de soportar poblaciones mucho más grandes que las que podía mantener en el Paleolítico como recolector y cazador. Construye poco después las primeras ciudades, desarrolla la metalurgia, inventa el arte de la guerra y conquista nuevos territorios.

De unas cuantas decenas de miles de individuos en todo el planeta, la agricultura le permite pasar a cientos de miles y a los primeros millones. A principios de la era cristiana su población suma alrededor de 250 millones de personas. Transcurren mil 600 años para duplicar este número; y luego otros 230 años para lograr su primer millar de millones en 1830. 100 años más tarde, en 1930, alcanza dos mil millones; luego pasa a tres mil millones en 1960, en sólo 30 años; luego a cuatro mil millones, en 14 años, en 1974; a cinco mil millones, en 13 años más, 1987; y sólo 12 años más para seis mil millones en 1999. Este vertiginoso crecimiento poblacional ha sido posible a partir de la revolución industrial, apoyado por las vacunas de fines del siglo XIX y los antibióticos de mediados del siglo XX.

El crecimiento poblacional exponencial de *Homo sapiens* pone a prueba uno de los teoremas fundamentales de la ecología y uno de los casos típicos de coevolución: la dinámica depredador-presa. Para entenderlo imaginemos una población de lobos que coloniza un nuevo territorio, en el cual abundan los conejos. La población de lobos crece en la medida que la de conejos sea abundante, pues dispondrá de más alimento para más lobos; pero hasta un cierto límite, pues una vez que los lobos exceden la capacidad de renovación de la población de conejos éstos reducen su número y, por consiguiente, disminuye la población de lobos. Al disminuir la población de lobos se reduce la presión sobre la capacidad reproductiva de los conejos, que pueden entonces incrementar su número, con lo que la población de lobos crece nuevamente. Este ciclo se repite indefinidamente, se trate de sistemas depredador-presa o, en general, de interdependencias en la cadena trófica. Como usuario de bienes y servicios de los ecosistemas [ali-



mentos, agua, materiales, energía, digestión de desechos], *Homo sapiens* ha maximizado sus poblaciones mientras su demanda no ha rebasado la capacidad de renovación de dichos bienes y servicios. Este mecanismo natural mantiene a las poblaciones de todas las especies dentro de los límites de la capacidad de carga que los ecosistemas soportan para cada una de ellas.

Para *Homo sapiens* los “conejos” son todos los bienes terrenales que utiliza para su economía. Es la primera vez en la historia que la población de *Homo sapiens* (el “lobo”) alcanza tal magnitud en el planeta, y que su presión sobre los bienes y servicios de los ecosistemas los erosiona tan rápidamente que la cuestión de Malthus, puesta al día por Hardin<sup>14</sup> y Coase<sup>15</sup> se encuentra a la orden del día.

En nuestros días, el cambio climático constituye la prueba irrefutable de que *Homo sapiens* ha alcanzado la talla de una fuerza geológica, pues no sólo mueve inmensas cantidades de materiales de un punto a otro del planeta, modifica paisajes completos y agota recursos naturales, sino que también es causante de la sexta gran extinción masiva de especies y de la modificación del clima de la Tierra. Concluyó el Holoceno, bienvenidos al Antropoceno.

¿Cómo podrá *Homo sapiens* recuperar el equilibrio con la biosfera? ¿Tendrá que disminuir su población global para ajustarse a la capacidad de carga de la biosfera? ¿Cuánto y qué tan rápidamente tendrá que modificar sus hábitos de consumo y producción para encontrar tal equilibrio? Se trata de cuestiones inéditas y difíciles de responder. Las soluciones finales no son técnicas cuando de recursos finitos se trata, sobre todo si se espera que otros 2 mil 900 millones de habitantes se sumarán durante el periodo comprendido entre nuestros días y mediados del siglo XXI.

De todo esto se desprende la gran cuestión de nuestro tiempo: sin desearlo ni preverlo, *Homo sapiens* lleva a cabo un gran experimento global sobre las bases de sustentación de su propia existencia, y pone a prueba hasta cuánto y cuándo podrá maximizar su propia población. El dilema es: adaptación o extinción.

#### A 200 AÑOS DEL NACIMIENTO DE CHARLES ROBERT DARWIN: EVOLUCIÓN, ADAPTACIÓN Y EXTINCIÓN

Charles Darwin forma parte de una pléyade de sabios del siglo XIX empeñados en hallar una explicación racional a la diversidad de las especies vivientes y su relación con la información proveniente del registro fósil. En sus viajes alrededor del mundo, Darwin reúne información que le

permite documentar que las variedades mejor adaptadas a su medio ambiente sobreviven, y por consiguiente se reproducen y transmiten sus características a sus descendientes; en tanto que los organismos adaptativamente desfavorecidos se extinguen.

Actualmente disponemos de una moderna teoría de la evolución<sup>16</sup> que se desarrolló gracias a la emergencia de nuevos conceptos en genética de poblaciones, variación geográfica, paleontología y biología molecular. En 1908, el teorema de Hardy–Weinberg permitió establecer una línea base para las frecuencias génicas de una población. Ronald A. Fisher [1890-1962] y John B. S. Haldane [1892-1964] en Inglaterra, y Sewall Wright [1889-1988] en los Estados Unidos, desarrollaron la teoría matemática que permite explicar la evolución en términos de cambios de frecuencias génicas bajo condiciones de selección natural, consanguinidad, flujo genético y deriva génica. En 1937, Theodosius Dobzhansky [1900-1975] sintetizó magistralmente lo anterior. En 1942, Ernst Mayr [1904-2005] elucidó la naturaleza de la variación geográfica y los procesos de especiación. En 1944 y 1953, George Gaylord Simpson [1902-1984] mostró que los datos de la paleontología son totalmente consistentes con la teoría sintética. En 1942 Julian Huxley publicó la más comprehensiva síntesis de genética y taxonomía, y propuso el término de «teoría sintética de la evolución». En 1950, G. Ledyard Stebbins [1906-2000] publicó una síntesis de genética y sistemática botánica. En 1953, Watson y Crick elucidaron las bases moleculares de la herencia, con el descubrimiento del ácido desoxirribonucleico, o ADN, con lo que materializaron los «genes» de Mendel.

Más adelante, en 1975 Edward O. Wilson, sociobiólogo especialista en hormigas, publicó una nueva síntesis que incluye particularmente la dimensión conductual, lo que permite calibrar el altruismo como una estrategia adaptativa y reconocer que la selección natural actúa sobre el individuo y no sobre el grupo. En 1976, Richard Dawkins popularizó con su «gene egoísta» una idea de la evolución que conduce a plantear que el fenotipo es una suerte de «invención» del genotipo para perpetuar sus genes. En 1980, Brian Charlesworth desarrolló la descripción matemática de la evolución en poblaciones con estructura de edades, cosa particularmente compleja pues se trata de describir y predecir cambios en frecuencias génicas para cada grupo de edad, y no para el conjunto de una población, como siempre se había hecho —con lo cual introduce definitivamente la demografía en los estudios evolutivos. A fines del siglo XX

Stephen C. Sterns, entre otros, explicó la evolución de las estrategias demográficas con base en la relación entre edad, talla, mortalidad y desempeño reproductivo: la evolución de historias de vida. Actualmente, la genética aplicada en la medicina mantiene un interesante debate acerca de si, cómo y qué tanto, *Homo sapiens* continúa evolucionando.

La biología evolutiva tiene como principales fines inferir la historia de la evolución y dilucidar sus mecanismos. Hoy día disponemos cada vez de más piezas de un registro fósil que constituye un rompecabezas estratigráfico. Con la ayuda de la física, la química y la biología molecular de nuestro tiempo es posible reconstruir cada vez mejor los capítulos geológicos de la vida en la Tierra. Sabemos que es una historia llena de cataclismos y profundas transformaciones desde su origen, hace casi 5 mil millones de años; que la vida en la Tierra inició hace alrededor de 3 mil 800 millones de años; que desde hace poco más de 2 mil millones de años la fotosíntesis captura parte de la energía solar y la distribuye entre los seres vivos; que los primeros peces aparecieron hace 500 millones de años; los primeros reptiles, hace 250 millones; las plantas con flores, hace 200 millones; y que el despliegue de los mamíferos empezó apenas hace 65 millones de años, luego de casi 200 millones de años de supremacía de los dinosaurios. Que los primeros homínidos, genéricamente denominados australopitecos, aparecieron hace alrededor de 5 a 6 millones de años; los primeros *Homo*, hace 2 millones y fracción; y que los más viejos vestigios de *Homo sapiens* datan de hace sólo 180 a 200 mil años.

El pensamiento de Darwin demuestra que *Homo sapiens* es una de tantas especies de mamíferos homínidos que emergieron durante el Pleistoceno [hace 2.6 millones de años]; que son la única especie superviviente en el Holoceno [periodo geológico que inicia hace 12 mil años]; y que sobrevivirá mientras se mantenga adaptada a su medio ambiente, que por su propia naturaleza emigrante y colonizadora es global.

El gran problema de la época postmoderna es que, debido a su excesivo éxito poblacional, a sus patrones dominantes de consumo y producción, y a haberse constituido como la fuerza conductora de la sexta gran extinción de especies en la historia de la Tierra y de un nuevo cambio climático, la probabilidad de extinción<sup>17</sup> de *Homo sapiens* parece incrementarse. Ciertamente se trata de una especie cuyos ancestros sobrevivieron a muchos otros cambios climáticos y sequías globales, al menos durante los últimos dos millones de años. De hecho, esas cambiantes situaciones

geológicas condujeron el proceso de su evolución orgánica para llegar a ser quien es: *Homo sapiens* moderno, una especie adaptada y hecha al Holoceno.

Pero *Homo sapiens* ha modificado el medio ambiente que lo sustentó durante el Holoceno, y continuará modificándolo en cualquier escenario previsible durante este siglo XXI, por el sólo efecto inercial de sus estrategias demográficas y económicas. Ahora debe urgentemente empezar a modificar uno de sus más preciados bienes, su cultura, única manera de ser capaz de adaptarse<sup>18</sup> a lo que ya llegó y llegó para quedarse: el Antropoceno. Continuar su evolución, y saber elegir entre adaptación o extinción. •

#### Notas

<sup>1</sup> Darwin, C. 1859. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. Encyclopædia Britannica, 24<sup>th</sup> Printing, 1982. London, UK.

<sup>2</sup> Maynard Smith, J. 1989. *Evolutionary Genetics*. Oxford University Press, New York.

<sup>3</sup> Sulloway, F.J. 1979. "Geographic isolation in Darwin's thinking: the vicissitudes of a crucial idea". *Stud. Hist. Biol.* 3:23-65.

<sup>4</sup> Darwin, C. 1871. *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex*. Encyclopædia Britannica, 24<sup>th</sup> Printing, 1982. London, UK.

<sup>5</sup> *The Hornet Magazine*. March 22<sup>nd</sup> 1871

<sup>6</sup> Sarukhán, J. 2005. *¿Diseño inteligente o diseño maligno?* Periódico La Crónica de Hoy, 26 de octubre 2005, México.

<sup>7</sup> Sarukhán, J. 2005. *¿Antievolución?* Periódico La Crónica de Hoy, 9 de noviembre 2005, México.

<sup>8</sup> Coppens, Y. & Picq, P. (éd). 2004. *Aux Origines de l'humanité*. Fayard, France.

<sup>9</sup> Coppens, Y. 2005. *La rodilla de Lucy. Los primeros pasos hacia la humanidad*. Metatemáticas, Tusquets Ed. Barcelona.

<sup>10</sup> Facchini, F. 1990. *L'Homme, ses origines*. Père Castor, Flammarion, France.

<sup>11</sup> Stix, G. 2008. "Huellas de un pasado lejano". *Investigación y Ciencia*, N° 384, septiembre 2008, pp. 12-19.

<sup>12</sup> *Idem*.

<sup>13</sup> Sykes, B. 2001. *Las siete hijas de Eva*. Ed. Debate, Barcelona, España.

<sup>14</sup> Hardin, G. 1968. "The Tragedy of the Commons". *Science* 162 (1968): 1243-1248.

<sup>15</sup> Coase, R.H. 1960. "The Problem of Social Cost". *Journal of Law and Economics* Vol.3 (October 1960), pp. 1-44.

<sup>16</sup> Futuyma, D.J. 1986. *Evolutionary Biology*. Sinauer Ass., Inc. USA.

<sup>17</sup> Jagers, P. 1975. *Branching Processes with Biological Applications*. John Wiley & Sons, Inc. USA.

<sup>18</sup> Diamond, J.M. 2005. *Collapso: How Societies Choose to Fail or Succeeded*. Viking Press, USA.

GERMÁN GONZÁLEZ DÁVILA es Director de Políticas Ambientales Globales de la SEMARNAT. Correo electrónico: german\_glezdavila@prodigy.net.mx