

BOLETIN  
de la  
Sociedad Argentina de Botánica

VOLUMEN VII

ABRIL 1959

Nº 3-4

DARWIN Y LOS CONCEPTOS MODERNOS SOBRE EVOLUCION

Por BENNO SCHNACK

En sus Cuartas Jornadas, la Sociedad Argentina de Botánica se suma a todas aquellas instituciones que en el ámbito mundial festejan este año de 1958 el centenario del memorable instante en que Carlos Darwin leyó ante la Sociedad Linneana de Londres una comunicación científica en la que daba cuenta de su teoría de la evolución, que posteriormente conmovería al mundo del pensamiento. La Comisión Organizadora de estas Jornadas me ha encomendado la tarea de desarrollar una disertación relativa a "Darwin y los conceptos modernos sobre evolución", como parte de este homenaje al gran sabio inglés. He aceptado tal cometido no sin antes haberme preocupado seriamente por la responsabilidad que adquiriría al afrontar el tratamiento de un tema que se apoya en un número de disciplinas científicas que de una u otra manera están relacionadas con problemas de evolución, y que en apreciable medida escapan al conocimiento del que habla. Lo que ha de resultar esta disertación estará influido y desviado desde su punto de equilibrio por los factores que acabo de señalar.

La idea de la evolución es muy antigua. En un sentido general se habla de evolución cósmica, evolución biológica y evolución cultural. Sabemos que el universo no ha sido siempre tal cual es hoy, pues el estado en que se nos presenta actualmente es el resultado de un largo proceso histórico de desarrollo, al que se ha denominado precisamente *evolución*. Antes de que se produjeran en nuestro planeta las condiciones necesarias para el origen de la vida, el universo había sufrido una prolongada *evolución cósmica*; al respecto, una de las teorías de la física nos dice que los átomos que lo pueblan actualmente se formaron a partir de una substancia primordial, llamada el "ylem", mediante una terrible y formidable explosión que ocurrió hace aproximadamente 5.000.000.000 de años. Posteriormente la evolución cósmi-

ca habría exigido un período relativamente breve de 30.000.000 de años para que las nubes originales de átomos se concentraran para constituir galaxias, dentro de las cuales se formaron los astros y los planetas, entre los últimos el nuestro, cuya edad sería así un poco menor que la del propio universo.

La Tierra sufrió profundas transformaciones geológicas durante su larga historia; los cambios físicos, químicos y climáticos, produjeron eventualmente las condiciones en que se hizo posible el origen de la vida, y con ello el comienzo de la *evolución biológica*. La antigüedad aproximada de este evento es incierta, pues si bien los restos fósiles abundantes e indiscutibles mas antiguos se estima que son de animales marinos que vivieron durante el período Cámbrico, hace 500.000.000 de años, se considera no obstante que la vida comenzó mucho tiempo antes, ya que entre dichos fósiles están representados los principales tipos actuales de organismos marinos. Las causas de la escasez de registros fósiles correspondientes a los estados iniciales de la evolución biológica, se supone son los siguientes: 1) La pequeñez y delicadez de los organismos más primitivos, según los vemos actualmente, condiciones que posiblemente se presentaban en mayor grado en dichos estados iniciales; 2) Las alteraciones sufridas por los estragos geológicos pre-cámbricos, por temperatura y presión elevadas, que destruyeron los fósiles en ellos. Se considera que un paso más en el conocimiento de la cronología del origen de la vida pueden facilitarlos los depósitos de carbón muy antiguos, aparentemente de origen orgánico, uno de los cuales tiene una edad estimada entre 2.600 y 2.700 millones de años.

Con referencia a la aparición de la vida sobre tierra firme, se considera que para las plantas ocurrió hace por lo menos 400 millones de años y para los animales 300 millones de años. Los primeros vertebrados terrestres aparecieron hace 200 a 250 millones de años; los mamíferos hace 125 millones, diversificándose y difundiéndose al máximo hace 75 millones. "La especie humana es un recién llegado, aun entre los mamíferos. Los primeros vestigios de la presencia del hombre datan de menos de un millón de años, lo cual es menos que el 1 % del espacio de tiempo durante el cual se sabe que han vivido los mamíferos" (Dobzhansky, 1955). Con la aparición del hombre se hizo posible la *evolución cultural*, que comenzó cuando nuestra especie adquirió la propiedad de transmitir en forma extra-biológica la experiencia adquirida y aprendida. Un evento semejante solo fué factible cuando nuestros antecesores llegaron a desarrollar una organización biológica humana. Las tres clases de evolución ocurren actualmente en el universo, pero en esta disertación debemos limitarnos a la consideración de la evolución biológica.

Al intentar el hombre comprender la historia de la vida, sus ideas al respecto han sufrido un continuo progreso hacia la verdad;

es decir, como lo manifiesta Simpson (1952), se ha producido una evolución de las ideas sobre la evolución. Los primeros pasos hacia el descubrimiento de la realidad de la evolución se atribuyen a los griegos, especialmente Anaximandro, que vivió cinco siglos y medios A.C., Empédocles (495-435 A.C.) y Aristóteles (384-322 A.C.), si bien sus contribuciones en tal sentido fueron insignificantes. Ellos progresaron, particularmente Aristóteles, en el aspecto descriptivo de la naturaleza, pero escasamente en su comprensión íntima. El concepto biológico que tuvieron más cercano al verdadero concepto de evolución fué el de una progresión de las formas orgánicas, como tipos abstractos, desde los más inferiores y simples hasta los más superiores y complejos. El concepto fué idealista y no implicaba los hechos reales de evolución gradual de la descendencia orgánica a través de sucesivas generaciones, siendo interpretado por los finalistas en el sentido de que dicha progresión ideal representaba el molde de la creación, y su manifestación real el resultado estático de la creación divina de cada clase de ser vivo según existe actualmente. Durante los primeros quince siglos de nuestra era no se formuló la hipótesis alternativa de que la progresión podía también ser el resultado de un proceso de transformación gradual que implicara descendencia con modificación, pero cuando comenzaron a perder intensidad las sanciones sociales y psicológicas para quienes expresaron puntos de vista contrarios a la hipótesis de la creación especial, surgieron paulatinamente los estudiosos que consideraron abiertamente a la evolución como una posibilidad y que en su mayor parte la consideraron una realidad; entre los nombres principales figuran Hooke (1635-1703), Ray (1605-1725), de Maillet (1658-1738), Maupertuis (1698-1759), Buffon (1707-1788) y Erasmus Darwin (1731-1802). Sin embargo, el conjunto de hechos de que dispusieron no fué suficiente evidencia para hacer prevalecer sus puntos de vista; tampoco produjeron una teoría general y consistente sobre la manera en que opera la evolución.

Lamarek (1744-1829) fué una de las figuras más destacadas en la historia de la evolución, solo superada por aquella de Darwin. Su teoría de la evolución de los animales era que el ambiente actuaba sobre la estructura interna a través del sistema nervioso; las plantas, por otra parte, eran influenciadas directamente por las condiciones que las rodeaban. Su teoría implicaba la herencia de los caracteres adquiridos, que Lamarek supuso pero que nunca trató de demostrar. También afirmaba que el uso extenso o ejercicio de los órganos los fortalecía, mientras su inactividad prolongaba los debilitaba, y que tales cambios adquiridos de dicha manera eran transmitidos a la descendencia. A fines del siglo diecinueve y comienzos del actual se realizaron muchos experimentos con el objeto de poner a prueba la hipótesis anterior y sus resultados fueron totalmente negativos, lo que derivó en el rechazo de la hipótesis por la mayoría de los biólogos. Sin embargo, Lamarek

se dió cuenta de que la evolución comprende tanto caracteres orientados como caracteres fortuitos y que una teoría general coherente debía explicar ambos. También consideró a la adaptación como el problema principal a enfrentar en cualquier intento de explicar la evolución.

La idea de la transformación gradual de los organismos estaba pues madura cuando apareció en escena Carlos Darwin, de quien Julián Huxley (1945) nos da la siguiente semblanza:

“Carlos Darwin nació en 1809, el *annus mirabilis* que vió nacer a Lincoln y Gladstone, Tennyson y Poe, Mendelssohn y Chopin. Descendía de dos familias eminentes. Su padre ejercía la medicina con talento en Shrewsbury. Su abuelo era el célebre Erasmus Darwin, médico también, pero reputado sobre todo por sus conocimientos en ciencia, literatura y filosofía; emitió en sus libros ideas sobre evolución, que tienen un cierto interés, a pesar de ser bastante especulativas, dados los escasos conocimientos biológicos de entonces. La madre de Darwin era una Wedgewood, hija del famoso alfarero de Etruria, Josiah Wedgewood, que unía un don de invención y un sentido práctico extraordinarios a un carácter de rara firmeza”.

“De los nueve a los dieciséis años fué a la escuela de Shrewsbury, después a Edimburgo, en donde renunció a su primer intento de dedicarse a la medicina. Entonces se dirigió a Cambridge con la idea de abrazar la carrera eclesiástica, pero se entregó sobre todo a su pasión por el deporte, las plantas, los insectos y la geología. El más grande provecho que sacó de los tres años que duró su permanencia en esta ciudad, fueron las amistades que contrajo con hombres de ciencia de más edad que él, como Henslow y Adam Sedgwick”.

“En 1838, poco después de la terminación de sus estudios, Henslow le aconsejó solicitar el puesto de naturalista en la expedición científica del Beagle. Este viaje, que debía decidir su carrera, estuvo a punto de perderlo. En efecto, vencidas las objeciones de su padre por su tío Josiah Wedgewood, Darwin estuvo a punto de perder el puesto porque el capitán del barco le había tomado aversión a su cabeza, y en particular a la forma rara de su nariz. Lo que no le privó más tarde de hacer del capitán Fitzroy uno de sus mejores amigos. Durante el viaje, que duró cinco años, visitó una gran parte de las islas del Océano Atlántico y del Océano Pacífico, las dos costas de América del Sur, Nueva Zelandia y Australia. Sus primeras observaciones pertenecen al dominio de la geología; escribió singularmente una gran obra sobre la teoría de la formación de los arrecifes de coral. Pero las experiencias que tuvieron mayor importancia en su pensamiento fueron de orden biológico; su estudio de la distribución geográfica de los fósiles en el este de la América del Sur y de la fauna del Archipiélago de las Galápagos. Le convencieron de que las especies no podían ser objeto de creaciones independientes, y por lo tanto no se expli-

caban más que por la descendencia con modificaciones. En 1837, poco después de su regreso, comenzó su primer cuaderno de notas sobre la "Transformación de las Especies".

"Durante los años que siguieron vivió en Londres, terminando su diario, asistiendo a las reuniones científicas y frecuentando la amistad de algunos hombres de ciencia. En esta época fué nombrado secretario de la Sociedad de Geología y se enamoró y se casó con su prima Emma Wedgwood".

"En 1842, afectado por su mala salud, se retiró a Down, en el condado de Kent, donde vivió hasta su muerte".

"Desde ese momento, su vida no fué más que un catálogo de sus libros. Después de las *Observaciones Geológicas*, hechas sobre el Beagle (tres volúmenes: 1842-1846), la *Zoología* (cinco volúmenes: 1840-43) y su admirable y popular *Diario de Viaje* (1839), emprendió la formidable monografía de los cirrípedos o anatóferas, a la cual consagró ocho años y que publicó por último en cuatro volúmenes (1851-54). En muchos aspectos debió ser a menudo labor ingrata, pero él la estimó útil. El examen de millares de tipos diferentes le había demostrado no solo las dificultades de dividirlos en especies y géneros, sino también cuán arbitrarias eran las distinciones entre las sedicentes buenas especies".

"A partir de 1854, se consagró casi exclusivamente al estudio de la evolución. Las tres obras relacionadas con este tema son: *El origen de las Especies por medio de la Selección Natural* o *La Lucha por la Existencia en la Naturaleza* (1859), *De la variación de los Animales y de las Plantas en Estado Doméstico* (1868) y *La Descendencia del Hombre y la Selección Sexual* (1871)".

"A pesar de que estaba enfermo continuamente, su vida admirablemente organizada le procuró inmejorables condiciones de trabajo, así como también la incansable devoción de su mujer y la ayuda de su familia y de sus amigos, permitiéndole producir una obra que no ha sido superada en cantidad ni en calidad".

"Murió en 1882, y fué enterrado en la Abadía de Westminster".

Darwin ocupa el lugar más destacado en la historia de la evolución, debido primordialmente a las numerosas pruebas con que acompañó sus afirmaciones, pruebas reunidas en infinidad de observaciones realizadas durante un largo período de tiempo. Intentó explicar la adaptación y sobre la base de dicha explicación, erigir una teoría general sobre la evolución. La teoría completa de Darwin en su desarrollo final comprendió cuatro factores principales, que fueron, en orden de su opinión respecto a su importancia decreciente: selección natural, efectos heredados del uso y desuso (al estilo de Lamarek), asimismo acción heredada directa sobre el organismo por condiciones externas (factor denegado por Lamarek para los animales, pero re-

calcado por St. Hilaire), y finalmente, "variaciones que en nuestra ignorancia nos parece se originan espontáneamente". Entre dichos factores, la selección natural es el más importante, pero no representa el total de la teoría darwiniana, como suele suponerse erróneamente.

El progreso intelectual humano tuvo en Darwin uno de sus máximos promotores. Al respecto, uno de sus biógrafos se ha expresado en los siguientes términos: "Si se habla de genios inmortales, debe hablarse de Darwin; si se habla de descubrimientos inmortales, de revoluciones en los conceptos fundamentales de la naturaleza, debe hablarse de Darwin; y si se habla de realizaciones individuales que se han hecho parte del patrimonio de la humanidad y han cambiado el curso de todo el pensamiento humano posterior, se debe hablar de Darwin". Refiriéndose a su teoría de la evolución, el ornitólogo James Fischer (citado por Huxley, 1958) ha dicho: "Ninguna síntesis posterior del pensamiento —ni siquiera la teoría de la relatividad— ha estimulado en igual medida la humildad del hombre, ni ha purgado mejor su orgullo, templado su voluntad, y enaltecido tan grandemente su sabiduría".

Darwin estableció la realidad de la evolución e interpretó correctamente que la selección natural era el elemento principal en el surgimiento de la adaptación. Desarrolló la idea de la selección natural inspirado por la lectura de un trabajo del economista inglés Thomas Robert Malthus (1766-1834), según el cual las poblaciones humanas tienden a aumentar su número de individuos en progresión geométrica en tanto los alimentos sólo aumentan en progresión aritmética, de modo que las poblaciones en crecimiento deben exceder la disponibilidad de aquéllos, y por causa de la llamada "lucha por la existencia" los individuos que llegan al estado adulto son mucho menos numerosos que al nacer, debido a las pérdidas ocasionadas por el hambre, la guerra y las enfermedades. Darwin cayó en la cuenta de que estos conceptos podían aplicarse a toda especie viviente y que resultaría en realidad excepcional que las poblaciones aumentaran en la máxima medida que les permitiera su poder reproductivo, ya que gran parte de la descendencia muere, por lo común, antes de alcanzar la madurez sexual, en la lucha por la existencia, que comprende la defensa contra las contingencias ambientales adversas, el evitar la destrucción por predadores y parásitos, la competición para la obtención de alimentos y abrigo, con individuos de la misma o de otras especies, la competición para el apareamiento con los de la misma especie, etc.

En el sistema de Darwin, la selección natural comprendía la eliminación del inapto y la supervivencia del apto, y la selección operaba por reproducción diferencial. En la época en que Darwin realizó sus estudios se carecía en absoluto de nociones, siquiera aproximada, acerca de cómo se producen las variaciones hereditarias, cómo

ocurre la transmisión de los factores hereditarios a la descendencia, y sobre la naturaleza de dichos factores hereditarios. Ello fué causa de que su teoría presentara ciertas deficiencias, que junto con el criterio limitado de la selección natural produciendo muerte o supervivencia de individuos con determinadas variaciones, hizo dudar a algunos de sus contemporáneos sobre si aquella servía realmente para explicar el origen de las especies. Dichas dudas fueron motivo para el nacimiento de otras teorías: la teoría neo-lamarekiana y la teoría neo-darwiniana. Los sostenedores de la primera se basaron en una supuesta universalidad de la adaptación y una consiguiente relación causal entre estructura, función y ambiente; consideraron como factores de la evolución la influencia directa heredada de la acción de condiciones externas sobre el organismo, y los efectos heredados del uso y desuso de los órganos. Es decir, supusieron la herencia de los caracteres adquiridos, que también había sido aceptada por Darwin. Esta suposición constituyó su error principal, pues los estudiosos de la nueva ciencia de la genética, que surgió con ímpetu luego del descubrimiento de las leyes mendelianas, demostraron que era falsa. Los neo-darwinistas, con Weismann a la cabeza, consideraron a la evolución causada únicamente por la selección natural darwiniana, sin intervención de otros factores. Cada una de estas dos escuelas antagonistas puso en evidencia la debilidad de la otra: los neo-lamarekistas señalaron que la selección natural darwiniana no puede ser el único factor de la evolución, mientras los neo-darwinistas demostraron que los llamados caracteres adquiridos no son heredados. Según nuestros conocimientos modernos ambas escuelas tenían parte de la verdad, puesto que la selección natural es un factor importante de la evolución, aunque no el único, y por otra parte hay una relación funcional y causal entre caracteres hereditarios que van apareciendo en el transcurso de la evolución y los factores externos a los cuales están expuestos los organismos que sufren dichos cambios, si bien los mencionados caracteres hereditarios no deben su origen a los efectos de dichos factores externos sino son parte de la variación genética originada por la propiedad intrínseca de mutabilidad de las unidades que integran el sistema genético de los organismos vivientes. Pero los descubrimientos de los conocimientos genéticos, necesarios para hallar la solución del problema de la evolución aún no se habían producido, y puesto que las dos teorías materialistas mencionadas no satisfacían sino a los partidarios acérrimos de una u otra, unos pocos investigadores de valor abandonaron el causalismo porque perdieron las esperanzas de encontrar una teoría materialista adecuada. Es así como nacieron las teorías vitalistas y finalistas, que según Simpson (loc. cit.) “no explicaron la evolución, pero pretendieron que es inexplicable, y entonces dieron un nombre a su inexplicabilidad: “impulso vital” (Bergson), “consciencia celular” (Buis), “aristogénesis”

(Osborn), "nomogénesis" (Berg), "holismo" (Smuts), "hologénesis" (Rosa), "entelequia" (Driesch), "telefinalismo" (du Noüy)".

Estando así las cosas, a comienzos del siglo actual se produjo el surgimiento de la genética, y con ello se inició el camino hacia la solución de problemas que hasta entonces habían permanecido oscuros. De Vries, uno de los redescubridores de las leyes de Mendel, había observado la aparición súbita de nuevas variantes hereditarias en plantas, las que fueron llamadas mutaciones por dicho investigador en 1890; pensó que eran la base real de la evolución, y en 1901 adelantó su teoría mutacionista, que fué aceptada por un número apreciable de los primeros genetistas, quienes tomando en cuenta que las mutaciones son al azar, concluyeron que la evolución es también un proceso que ocurre al azar. Hoy sabemos que las mutaciones constituyen solamente uno de los factores de la evolución, y que en este sentido se consideran de mayor importancia las mutaciones de efectos individuales débiles que aquéllas de gran efecto sobre las cuales basaron sus conclusiones los mutacionistas.

Los progresos rápidos producidos en el campo de la genética ampliaron en forma cada vez más intensa los conocimientos de los factores que fundamentan los procesos evolutivos, y en íntima cooperación con otras disciplinas científicas, como la sistemática, morfología y embriología comparada, paleontología, ecología, biogeografía, etc., se elaboró la teoría moderna de la evolución, que ha recibido la denominación de teoría *sintética*, que señala el hecho de que la misma deriva de una síntesis de los hallazgos realizados dentro de las distintas disciplinas mencionadas.

Estos estudios han refirmado el hecho de la evolución y también han señalado los factores responsables de la emergencia de nuevas especies. Las mutaciones, principalmente las mutaciones génicas, pero también los cambios cromosómicos numéricos y estructurales, son la fuente de la variabilidad sobre la cual actúa la selección natural, que produce variaciones en la frecuencia de genes particulares, y paulatinamente elimina o conserva los distintos tipos de cambios hereditarios según que su influencia sea negativa o positiva sobre el valor adaptativo de los fenotipos que condicionan. Jens Clausen (1951) ha dicho que "la variación genética produce el capital de trabajo de la evolución y la selección separa los intereses", es decir, ambas actúan como procesos complementarios esenciales para el progreso evolutivo. Las unidades evolutivas básicas son las poblaciones locales, a partir de las cuales se forman las razas ecológicas o ecotipos, o bien sub-especies geográficas morfológicamente distintas, siendo este el primer paso importante hacia la divergencia específica. La separación gradual de estas entidades mediante la acumulación de diferencias hereditarias (proceso que es dirigido en grado importante por la selección natural) hace que aquéllas alcancen el estado de especies dis-

tintas, lo cual ocurre, en opinión de investigadores destacados, cuando dichas entidades quedan aisladas reproductivamente por la implantación de barreras que impiden el libre intercambio de genes entre ellas. El concepto actual de especie, sustentado por la escuela experimental, toma en consideración como el más importante, este factor constituido por las barreras aludidas. Stebbins (1951) indica que este concepto es el resultado de estudios sistemáticos y particularmente citogenéticos más cuidadosos, de las diferencias y barreras interespecíficas, y recalca la gran concordancia entre las definiciones de especie de varios de los autores contemporáneos más prestigiosos, concordancia que sintetiza en la definición siguiente: "En organismos que se reproducen sexualmente, una especie es un sistema que consiste en una o más clases de organismos, genética —morfológica—, y fisiológicamente diferentes, que poseen una continuidad esencial mantenida por la semejanza de genes o el intercambio más o menos libre de genes entre sus miembros. Las especies están separadas entre sí por fosos de discontinuidad genética en características morfológicas y fisiológicas, que son mantenidos por la ausencia o rareza del intercambio génico entre miembros de especies diferentes".

Los procesos que culminan en la diferenciación y en el establecimiento de las barreras interespecíficas, transcurren durante largos períodos de tiempo. Los factores que condicionan la divergencia evolutiva que lleva al origen de nuevas especies han sido investigados mediante estudios genéticos, citogenéticos, ecológicos, biogeográficos, etc. Ya se ha mencionado que las unidades evolutivas básicas son las poblaciones locales, integradas por individuos que sufren procesos internos de mutación, ocurriendo posteriormente segregación y recombinación, como consecuencia de las cuales aparecen nuevos fenotipos que son sometidos a la acción de la selección natural. De los distintos biotipos producidos sólo persisten aquéllos que por su constitución hereditaria se adaptan mejor a las condiciones de un ambiente particular.

Las mutaciones génicas pueden mostrar distinto grado en su efecto sobre el fenotipo. Sin que se descarte la influencia que en ocasiones puedan tener las mutaciones de efecto relativamente grande, se considera que las mutaciones de pequeño efecto son las más importantes para la evolución, como lo indica el hecho de que las características hereditarias más relacionadas con las adaptaciones están generalmente condicionadas por aquellos genes de efectos individuales débiles y acumulativos llamados poligenes. Ellos se acumulan en las poblaciones debido a que su efecto individual no perturba mayormente el delicado equilibrio genético-fisiológico, y operan probablemente a través de la acción de enzimas, hormonas y procesos fisiológicos. Por otra parte, dicho equilibrio sería perturbado por las mutaciones de efecto grande, que darían origen a biotipos inadaptados, los cuales

serían prontamente eliminados. Es explicable que dichas mutaciones sean más probablemente dañosas, pues como lo ha indicado Schmalhausen (1949) un cambio "siempre perturba la interdependencia establecida históricamente dentro del propio organismo y en sus relaciones con el ambiente externo". Y agrega que "en realidad cualquier mutación será dañosa si ocurre bajo condiciones ambientales a las cuales el organismo está completamente adaptado, ya que cambia sus relaciones fijadas, y por eso perturba la adaptabilidad del organismo a su ambiente, establecida históricamente. La magnitud de estas perturbaciones está determinada tanto por la profundidad de la variación mutacional como por su localización. Las pequeñas mutaciones pueden estar asociadas con muy débiles perturbaciones de la organización. Su efecto dañoso se reduce aun más si afectan características superficiales sin importancia y no interfieren con la organización fundamental o con adaptaciones vitales. Por eso las mutaciones pequeñas pueden no exponer a sus portadores a un peligro particular y hasta cierto grado pueden difundirse en la especie".

En el nivel evolutivo que algunos estudiosos llaman *microevolución*, o sea la evolución concerniente a la formación de razas, hay hermosos ejemplos de adaptación estudiados por algunos investigadores, producidos por la selección natural actuando sobre variantes genéticas. Uno de los más netos se refiere al llamado melanismo industrial, que comprende el desarrollo de razas melánicas en varias especies de polillas que habitan regiones industriales de Europa occidental. Cada especie está integrada por dos razas, una de color claro y otra de color oscuro, debiéndose la diferencia a un sólo par de genes mendelianos, de los cuales es generalmente dominante el que produce el color oscuro. Hace poco más de un siglo en la naturaleza existían casi únicamente individuos claros, pero desde entonces las formas oscuras fueron aumentando paulatinamente su frecuencia, especialmente en la vecindad de los grandes centros industriales, de tal modo que actualmente algunas poblaciones están constituidas casi exclusivamente por individuos oscuros. Para una especie, Ford demostró experimentalmente que las formas melánicas son más vigorosas que las claras. Dicho autor explica el hecho de que las formas melánicas ocurren solamente en regiones industriales y no en otros lugares, por su color oscuro que imita el de los alrededores, lo cual les permite pasar inadvertidas por los pájaros insectívoros que se alimentan de ellas. Las formas claras, que habitan regiones que no son industriales, son menos vigorosas, pero compensan esta desventaja con su coloración, que también es protectiva por imitar la de los alrededores. Este es uno de los tantos ejemplos conocidos actualmente, que demuestran que en general no puede hablarse de genes favorables y desfavorables sin considerar al mismo tiempo el ambiente respectivo. Otros ejemplos los tenemos en ciertas bacterias que desarrollan resistencia a los anti-

bióticos. La bacteria *Escherichia coli* corrientemente es detenida en su crecimiento por estreptomycin en una concentración de sólo 25 miligramos por litro de medio nutritivo. Si sobre dicho medio se colocan varios millones de bacterias, algunas continúan creciendo y dividiéndose; en ellas se han producido mutaciones que condicionan resistencia a la estreptomycin, permitiendo a las bacterias en cuestión adaptarse al medio que contiene dicho antibiótico, en tanto son eliminadas aquellas susceptibles. Adaptaciones semejantes, producidas por mutaciones apropiadas, han ocurrido en un gran número de casos, entre otros el desarrollo de estafilococos resistentes a la penicilina, estreptococos resistentes a las sulfamidas, bacterias resistentes a bacteriófagos, insectos resistentes a los tratamientos con DDT, etc.

De acuerdo con los conceptos expuestos, se distinguen dos factores evolutivos fundamentales, uno de los cuales lo constituye el origen de los materiales a partir de los cuales pueden realizarse los cambios evolutivos, siendo el otro el proceso de confección y perfeccionamiento de la forma y función orgánicas. Los materiales aludidos son los genotipos, y el proceso en cuestión es la selección natural, que dirige la variabilidad genética por canales adaptativos. La acción de esta última puede cumplirse de dos maneras distintas. Una de ellas mantiene baja la proporción de genes mutantes defectivos y combinaciones génicas desfavorables, protegiendo y estabilizando los patrones "normales" de desarrollo de la especie. A esta acción conservadora Schmalhausen (loc. cit.) la ha llamado *selección estabilizadora*. Por otra parte, la *selección dinámica* es la que hace uso de nuevos mutantes o combinaciones génicas que permiten a una especie perdurar en un ambiente cambiante o conquistar nuevas regiones con condiciones ecológicas distintas. Con respecto a la función estabilizadora de la selección natural, como bien lo manifiesta Dobzhansky (loc. cit.) ella es algo más que una acción puramente negativa de bloquear la difusión de mutantes deletéreos en una población, ya que también debe producir la adaptación de los organismos a un ambiente que si bien llamamos "normal", no tiene condiciones fijas, sino que es relativamente variable dentro de su normalidad, es decir, está constituido por un complejo de muchos ambientes distintos. Como un ejemplo, pensemos en las netas diferencias entre el invierno y el verano en muchas regiones. La selección estabilizadora debe "moldear" al organismo para que pueda sobrellevar estos cambios ecológicos extremos que ocurren en la región que habita una determinada especie, y por ello tiende a conservar los genotipos que condicionan resistencia a dichos cambios, resultando en el desarrollo de la homeostasia, o sea la facultad de regular su funcionamiento de modo que sus condiciones internas permanezcan relativamente constantes a pesar de los cambios relativamente grandes en las condiciones externas. Ello significa que la selección estabilizadora puede tener también una influencia importante

en el progreso evolutivo y jugar una parte en la colonización de nuevos ambientes.

Con respecto a la acumulación de diferencias génicas entre poblaciones relacionadas, no todas son de valor adaptativo, siendo en tal sentido neutrales muchas de ellas. La producción de dichas diferencias se explica por el "efecto de Wright" o "desvío genético", que consiste en variaciones de las frecuencias génicas producidas por errores de muestreo en poblaciones finitas. Por causa de este efecto fortuito, en un número de generaciones pueden producirse grandes cambios en poblaciones constituidas por números pequeños de individuos que participan en la reproducción. Por ello en el proceso de divergencia evolutiva pueden sumarse diferencias cuyo origen es completamente al azar y por lo tanto no se deben a la acción directriz de la selección natural.

Nos hemos referido en lo que antecede al papel de las mutaciones génicas en la evolución, en su interacción con la selección natural. Hay otro tipo de variación genética que ocurre a lo largo de dicho proceso, constituido por los cambios cromosómicos estructurales, particularmente translocaciones e inversiones, cuya acumulación constituye uno de los factores más importantes en el establecimiento de la discontinuidad interespecífica.

A medida que transcurren estos procesos de diferenciación se pueden ir cumpliendo las condiciones que llevan al aislamiento de las especies, por impedir el libre intercambio de genes entre ellas. Estas barreras son: el aislamiento geográfico, ecológico, estacional, mecánico y sexual, y las barreras genético-fisiológicas y citogenéticas. Ellas fueron uno de los motivos principales de una disertación en las Jornadas del año 1956, por lo cual nos eximimos de considerarlas ahora.

Hemos presentado un esbozo de los conceptos modernos sobre evolución y de los conocimientos que actualmente se disponen sobre su modo de operar hasta el nivel que corresponde al origen de las especies. Debemos decir que algunos autores han establecido una distinción entre *microevolución* y *macroevolución*; la primera, a la cual ya nos hemos referido, corresponde a la formación de razas, y la segunda los procesos evolutivos que dan origen a especies y a jerarquías taxonómicas superiores. Mientras la gran mayoría de los evolucionistas actuales sustentan las ideas que se han mencionado sobre el origen de las especies, las cuales implican una acumulación gradual y lenta de diferencias hereditarias, algunos autores, como Goldschmidt (1943), sustentan el criterio de que la macroevolución ocurre de manera diferente, mediante etapas que comprenden un súbito remodelamiento total del sistema genético, una "mutación sistémica" de clase diferente de las mutaciones génicas y cromosómicas clásicas. Nunca se han observado mutaciones de dicha clase y su supuesta naturaleza no ha sido

descripta concretamente; por lo tanto dicha opinión no está basada en hechos comprobados y debe considerarse puramente especulativa. No cabe dentro del concepto de mutación sistémica la formación rápida de nuevas especies mediante la aloploidía, ya que este proceso no comprende un remodelamiento total del sistema genético, sino que corresponde a la combinación por hibridación de los sistemas genéticos de dos especies distintas, complementada con la duplicación del número de cromosomas en el correspondiente híbrido.

Aunque los conocimientos sobre los procesos evolutivos han alcanzado un alto grado de perfección, que permite enfrentar y dar soluciones a los problemas clásicos en la materia sin recurrir a explicaciones vitalistas y finalistas, ello no significa que todo el misterio haya sido develado o que pueda serlo en el futuro. Podemos decir con Simpson (loc. cit.) que "el misterio fundamental está más allá del alcance de la investigación científica y probablemente de la mente humana. No hay necesidad ni excusa para postular una intervención no material en el origen de la vida, el surgimiento del hombre o de cualquier otra parte en la larga historia del cosmos material. Aun permanecen inexplicados e inaccesibles para la ciencia el origen de dicho cosmos y los principios causales de su historia. Aquí está oculta la Causa Primera buscada por la Teología y la Filosofía. La Causa Primera no se conoce, y sospecho que nunca será conocida por el hombre viviente. Si nos inclinamos a ello, podemos adorarla a nuestra propia manera, pero ciertamente no la comprendemos".

---

#### BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- CLAUSEN, J. "Stages in the evolution of plant species". Cornell Univ. Press, Ithaca, N. Y., 1951.
- DOBZHANSKY, Th. "Evolution, Genetics and Man". Wiley, New York, 1955.
- GOLDSCHMIDT, R. "La Base Material de la Evolución". Espasa-Calpe, Buenos Aires, 1943.
- HUXLEY, J. "El pensamiento vivo de Darwin", Buenos Aires, 1945.
- HUXLEY, J. "Darwin y el plan de la naturaleza". *Life* (en español), 12 (2), 1958.
- SCHMALHAUSEN, I. I. "Factors of Evolution". Blakiston, Philadelphia, 1949.
- SIMPSON, G. G. "The Meaning of Evolution". Yale Univ. Press, New York, 1952.
- STEBBINS, G. L. "Variation and Evolution in Plants". Columbia Univ. Press, New York, 1951.