

Cien años de darwinismo

1. INTRODUCCIÓN

HACE apenas un siglo que la idea de la evolución logró arraigar en forma permanente en las ciencias biológicas. La demostración de que las semejanzas y las diferencias que exhiben los organismos no son un producto de la casualidad ni del designio divino, sino obedecen a causas precisas y constantes a las cuales ni el hombre mismo ha escapado, representa una de las contribuciones más importantes logradas por la ciencia, ya que incide sobre el problema de la organización de la vida sobre el planeta y la posición del hombre en el Universo. Constituye para la Biología lo que la ley de la gravitación universal o la relatividad significa para la Física: su esquema conceptual.

El desarrollo de la Teoría de la Evolución Orgánica se debe a Carlos Roberto Darwin (1809-1882), y los fundamentos de ella fueron publicados en su *Origen de las Especies por medio de la Selección Natural*, en noviembre de 1859.

En este año en que en todas partes del mundo se conmemora el centenario de la Teoría de la Evolución, se han escrito docenas de artículos, monografías y tratados sobre la vida, la personalidad y la obra de este eminente sabio inglés. En Chile, las universidades, las sociedades científicas y las instituciones culturales han celebrado reuniones y actos académicos a propósito de Darwin y el propio autor de este artículo ha participado en dos de ellos. Es por eso que, en el presente trabajo, nos proponemos analizar algunos hechos fundamentales del pensamiento darwiniano, sin entrar a repetir aquellos datos biográficos o comentarios que pueden ser encontrados en las publicaciones anteriores o en diccionarios, enciclopedias o textos escolares.

2. LOS ARGUMENTOS DE LA EVOLUCIÓN

Darwin demostró que las especies actuales, incluyendo al hombre, se desarrollaron a partir de antecesores muy diferentes y este proceso de transformación continúa efectuándose en el tiempo presente. La tesis de Darwin de que las especies evolucionan no fué exclusiva. Wallace llegó a la misma conclusión simultáneamente y, varias generaciones antes, Descartes, Buffon, Lamarck y el propio abuelo de Darwin, Erasmo Darwin, hicieron el mismo descubrimiento, aunque sus teorías no fueron aceptadas, debido a que ninguno de ellos las formuló apoyándolas en pruebas convincentes. Pero para todos, excepto para unos cuantos historiadores pedantes, la Teoría de la Evolución significa Darwin, así como la Teoría de la Relatividad significa Einstein. Esto se debe a que Darwin aportó al conocimiento del problema, lo que ninguno de sus antecesores había aportado: argumentos susceptibles de ser comprobados por la observación en la naturaleza y por experimentos realizables en el laboratorio. Acumuló en esta forma una colección tan irrefutable de hechos que ningún biólogo puede interpretarlos sino bajo el punto de vista evolutivo.

La mayor parte de estas evidencias emanaron de los datos recolectados por Darwin durante su viaje en el "Beagle" (1831-1836). Tres tipos de argumentos lo inclinaron a rechazar la teoría de la inmutabilidad de las especies. El primero está constituido por sus observaciones sobre la fauna de las Islas Galápagos. Si se comparan, por ejemplo, los "piqueros" que viven tanto en las diversas islas como en la parte continental de Sudamérica adyacente a ellas, se comprueba que, a pesar de sus semejanzas, exhiben diferencias fácilmente reconocibles. Resulta absurdo suponer que todas es-

tas especies son el producto de actos de creación separados. Para Darwin no fué difícil llegar a la conclusión de que todas estas formas adaptadas hoy día a las condiciones ambientales de cada isla, se originaron por transformaciones sucesivas a partir de un antecesor único.

El segundo grupo de observaciones que llevaron a Darwin a la idea de la Evolución, está representado por la comprobación de que ciertas especies que ocupan nichos ecológicos particulares en ciertas regiones, están reemplazadas en otras por formas que, aunque pertenecientes a géneros y aun a familias y a órdenes diferentes, han adquirido ciertos rasgos de adaptación que las hacen semejantes a las primeras. Como ejemplo, Darwin cita a los mamíferos "parecidos a los conejos" que existen en la pampa rioplatense, contruidos sobre el plan general de los roedores sudamericanos y no de aquellos que viven en Norteamérica o en el Viejo Mundo.

La tercera serie de observaciones que impresionó a Darwin en su viaje alrededor del mundo, se refiere a ciertos fósiles encontrados en Argentina. ¿Cómo puede explicarse, si no es por la Evolución, el hecho de que especies extinguidas, tales como los gigantes mamíferos provistos de armaduras, se parezcan tanto a los armadillos actuales? Estos restos paleontológicos, ¿no son una evidencia de que las especies que viven hoy día derivan de antepasados desaparecidos?

Los anteriores ejemplos, tomados al azar, constituyen solamente algunas de las pruebas aportadas por Darwin al conocimiento de la Evolución. A ellos habría que agregar los numerosos datos suministrados por sus contemporáneos y los biólogos actuales, emanados de los estudios de la Anatomía Comparada, la Embriología, la Paleontología, la Ecología, la Genética, la Citología y la Bioquímica.

3. LA TEORÍA DE LA SELECCIÓN NATURAL

Aun cuando Darwin estaba ya convencido del hecho de la evolución, en 1837, cuando inició la recopilación de sus notas de viaje, no tenía una explicación satisfactoria de este proceso. La idea de la Selección Natural como mecanismo de la transformación de las especies, le fué sugerida por la lectura de los ensayos de Malthus (1766-1834). Así lo reconoce Darwin en un pasaje de su Autobiografía: "En octubre de 1838, esto es, quince meses antes de

"comenzar mis investigaciones sistemáticas, la casualidad hizo que leyerá, por recrearme, el libro de Malthus sobre las poblaciones. Estando bien preparado para apreciar la lucha por la existencia que ocurre en todas partes, debido a mis largas y continuas observaciones sobre los hábitos de los animales y plantas, se me ocurrió de golpe que bajo esas circunstancias las variaciones favorables tenderían a ser preservadas y aquéllas desfavorables, a ser destruidas. El resultado de esto sería la formación de nuevas especies."

Cuando Darwin (siguiendo los consejos de sus amigos, el geólogo Lyell y el botánico Hooker) estaba a punto de dar a conocer su hipótesis de la transformación de las especies, ocurrió un hecho notable que iba a precipitar la propagación de sus ideas. Otro naturalista de nota, Alfred R. Wallace, en forma del todo independiente y sobre la base de extensas observaciones de plantas y animales que habitan en el Archipiélago Malayo, concibió una teoría enteramente semejante a la suya. Los dos trabajos, el escrito por Carlos Darwin en Kent, Inglaterra, y el de Alfred R. Wallace, escrito en Ternate, Archipiélago Malayo, fueron presentados en la misma memorable sesión de la Real Sociedad Linneana de Londres el 1º de julio de 1858, por Lyell y por Hooker, respectivamente. Los títulos de ambas comunicaciones eran muy semejantes: *Sobre la tendencia de las especies a formar variedades* y *Sobre la perpetuación de las variedades y de las especies por medio de la selección natural*. En esta forma, con el concurso de estos dos magníficos hombres de ciencia, nació la idea de que las especies cambian en el tiempo por efecto de ciertos factores constantes y precisos del medio ambiente.

La Teoría de la Selección Natural, elaborada por estos sabios, puede resumirse en tres puntos: Primero, todas las plantas y los animales se reproducen en un número mayor de individuos que los que pueden coexistir en una población; luego, debe haber una "lucha por la existencia". Segundo, los miembros de cada especie ofrecen diferencias o variaciones, contribuyendo algunas de ellas a favorecer a los organismos en la lucha por la existencia. Tercero, como consecuencia de los hechos precedentes se presume que las variaciones menos útiles son eliminadas y que sólo "sobreviven las más adecuadas". En esta forma, las especies se modificarán gradualmente

en la dirección de las variaciones más ventajosas.

La prodigalidad de la naturaleza en lo que respecta a la reproducción es bien conocida. Una sola ostra es capaz de producir 144.000.000 de huevos de una sola vez, de modo que, si cada uno de estos huevos diera origen a un individuo adulto que se multiplicara a su vez, las ostras en pocos años llenarían todos los océanos y su presión reproductiva las haría invadir toda la Tierra. Cualquier matemático podría calcular que en menos de diez años la cantidad de ostras excedería en cifras fantásticas al número estimado de electrones de todo el Universo. Es obvio que esto no sucede porque existen factores que limitan el incremento de la población, como es la falta de alimento y de espacio. En virtud de estos factores, sólo una fracción insignificante de individuos que llega a la edad adulta logra reproducirse.

Pero ¿quiénes son los que logran sobrevivir y multiplicarse? Para contestar esta pregunta es necesario referirse al segundo punto del principio darwiniano. La diversidad orgánica es un hecho de observación familiar para todos. La experiencia muestra que cada individuo que nace es diferente a sus antecesores. Cada individuo es como una obra maestra, único e irrepetible. Más adelante se discutirá el origen de estas diferencias. Basta por ahora decir que ellas se deben a la distinta constitución hereditaria. Los poseedores de diversos caracteres exhiben una capacidad diferente para adaptarse y sobrevivir en el medio que los rodea. Pues bien, la atención de Darwin se dirigió, en primer lugar, al fenómeno de la variabilidad y al uso que desde los tiempos primitivos ha hecho de ella el hombre, para modificar las plantas y los animales domésticos. Los ganaderos y los agricultores, cuando desean mejorar una raza o una especie, eligen y promueven la reproducción de aquellos individuos que son portadores de características que consideran útiles. En esta "Selección Artificial", algunos de los descendientes heredan esos rasgos útiles, y en el curso de las generaciones, la raza o la especie se transforma.

La "Selección Natural" depende de los mismos tres factores básicos que participan en la "Selección Artificial": variabilidad, herencia y selección para la reproducción, pero esta última no es dirigida por los criadores, sino por lo que Darwin llamó la "lucha por la existencia". Sólo aquellos

individuos que poseen mejores aptitudes sobreviven en esta lucha, legando a sus descendientes su mayor capacidad de adaptación. En la escala del tiempo, este proceso continuo de selección de pequeñas variantes, contribuye al incremento de la adaptación y a la formación de nuevas razas y especies. La adaptación es la meta principal de la evolución.

Para muchos de los contemporáneos de Darwin, la Selección Natural pareció constituir una lucha brutal por la supervivencia en un mundo encuadrado en el crudo esquema de "la naturaleza roja en el diente y en la garra". La literatura postdarwiniana abunda en frases tales como "lucha por la existencia", "supremacía del más fuerte", "superhombre", etc. Tampoco faltaron aquellos que, en el terreno social, adoptaron las ideas de Darwin para justificar todo tipo de bárbaras competencias, incluyendo guerras entre clases, naciones y razas, bajo la doctrina de que el más fuerte "debe" sobrevivir y el más débil "debe" ser aniquilado. Las mistificaciones racistas están inspiradas en esta falacia. No existe duda que lo anterior es injustificado a la luz de los conocimientos actuales. La Selección Natural no es un principio ético y tampoco opera en esta forma cruda. La selección no es ni altruista ni egoísta. Nadie ha visto a una bacteria resistente a la penicilina luchar con otra que no lo sea, y nunca se ha observado una guerra entre moscas susceptibles al DDT y aquellas que no lo son. La selección no es una lucha, es algo más sutil, es la mayor o menor capacidad de multiplicarse. Las bacterias que resisten al antibiótico legan esta resistencia a sus descendientes, las otras no. No hay vencedores ni vencidos en este proceso. La rivalidad entre los organismos sólo tiene que ver con la selección en aquellos casos en que interfiere con la capacidad de reproducción.

4. DARWIN Y EL ORIGEN DE LAS ESPECIES

El libro más importante de Darwin no se llamó *La teoría de la evolución*, sino *El origen de las especies*. Esto se debe a que son precisamente las especies, esas entidades que los sistemáticos han tratado siempre de clasificar y definir, las unidades básicas de la evolución y el campo donde ocurren los complicados procesos de transformación en el tiempo y en el espacio. Darwin, en oposición a sus contemporáneos, sostenía que las especies no eran

entidades fijas, surgidas por un acto de creación, sino que se desarrollaban a partir de variedades y razas y que no existían barreras definidas entre ellas. Pero, a mediados del siglo XIX, la Biología no estaba aún en condiciones de resolver en su totalidad el problema de la naturaleza de las especies. Darwin escribió: "Para determinar si una forma debe ser considerada como una especie o una variedad, la opinión de los naturalistas de buen criterio y amplia experiencia parece constituir la única guía". Sin embargo, esta frase no tiene sentido. No explica cómo los naturalistas adquieren su buen criterio y su amplia experiencia. Ni cómo éstos reconocen las especies. ¿Cómo conocemos, por ejemplo, que la humanidad es una especie única dividida en razas y no un conjunto de especies? ¿Cómo sabemos que el león y el tigre constituyen entidades sistemáticas distintas, aunque existan, como curiosidades en algunos zoológicos, híbridos entre estas dos formas llamados "tigliones"?

Una comprensión satisfactoria de estos problemas no era posible en el siglo pasado. Fué necesaria la fundación de la Genética como ciencia experimental. A pesar de que Mendel, el creador de la Genética, fué contemporáneo de Darwin, nadie conoció las leyes fundamentales de esta ciencia sino hasta 1900, y aun debieron pasar algunas décadas antes que los conocimientos de herencia y variación aportaran conceptos incontrovertibles para comprender los mecanismos que se ponen en juego en el proceso de formación de razas y especies.

El estudio de las bases genéticas de la clasificación biológica ha demostrado que el esquema fundamental de la evolución formulado por Darwin, cual es la selección natural o artificial de variantes preexistentes en las poblaciones, es válido. En las páginas siguientes se tratará de demostrar cómo se ha llegado a esta conclusión.

5. LAS BASES GENÉTICAS DE LA DIVERSIDAD ORGÁNICA

La herencia puede definirse como la tendencia que poseen los organismos de ser semejantes a sus padres. Esto se debe, como se sabe, a que todos los caracteres de los individuos dependen de la transmisión de padres a hijos de ciertas partículas denominadas genes. El hecho de que la herencia sea particulada y que estas partículas no se pierdan ni se contaminen unas con otras, asegura que los organismos de una misma

especie siempre puedan mantener un contingente de genes que determina la constancia de ciertos caracteres. Pero la cosa no es tan sencilla. Los caracteres dependen de genes aportados tanto por el padre como por la madre en el momento de la fecundación, y así, para cada equipo de genes legados por uno de los progenitores, existe otro equipo numéricamente igual proveniente del otro. Cada alternativa genética no siempre es idéntica a su homóloga aportada por el otro ascendiente, debido a la ocurrencia de mutaciones. Si se supone ahora que los dos progenitores difieren en n número de partículas hereditarias, su descendencia será híbrida (heterocigota) para n pares de variantes de un locus genético (sitio de mutación). Se puede demostrar que tales híbridos son capaces de producir, por el fenómeno de recombinación mendeliana, 2^n clases de células sexuales diferentes desde el punto de vista genético. Si se tiene en cuenta que una especie altamente evolucionada como el hombre posee, según genetistas prudentes y conservadores, por lo menos 40.000 locus genéticos responsables de los caracteres que exhibe esta especie, y que cada uno de estos sitios de efecto genético ha dado origen a 10 variedades por mutación, las posibilidades de distintas constituciones genéticas que pueden surgir por el proceso de recombinación sexual equivaldrían a $10^{40.000}$. El desarrollo de esta potencia sólo podría equipararse con el número total de partículas que los físicos postulan para todo el Universo. Sin embargo, esta cifra tiene un significado claro y preciso desde el punto de vista biológico; esto es, que sólo una fracción infinitesimal de todas las combinaciones genéticas posibles logra realizarse y que nunca han existido, ni existirán en el futuro dos seres vivos iguales (salvo los mellizos verdaderos) pertenecientes a la misma o distinta especie. La existencia de dos genotipos idénticos es tan improbable como esperar que un mono sentado frente a una máquina de escribir produzca todas las obras de Shakespeare golpeando las teclas al azar (Huxley).

En este momento de la historia surge una pregunta inevitable. ¿Son los genotipos que se realizan un producto del azar, o están predeterminados por ciertos factores? Siguiendo la línea central de la Teoría de Darwin, los genetistas se dieron cuenta muy pronto, que sólo se generan y tienen oportunidad de reproducirse aquellos individuos que heredan las combinaciones gené-

ticas más ventajosas para adaptarse y sobrevivir en un determinado medio ambiente. En el lenguaje evolucionista esto se llama *selección natural*.

La fantástica variabilidad genética que resulta del proceso de mutación y recombinación sexual, constituye una materia prima inagotable sobre la cual la selección puede elegir a los más adecuados para sobrevivir y reproducirse. La principal contribución de la Genética moderna al pensamiento darwiniano es haber precisado los mecanismos de la transmisión de padres a hijos de los rasgos ventajosos para la adaptación.

Los evolucionistas clásicos solían decir que la Selección Natural determina que los más aptos sobrevivan y el resto perezca. Hoy día se prefiere un lenguaje menos dramático: la selección favorece la perpetuación de los individuos más eficientes desde el punto de vista adaptativo y confiere menor probabilidad de perpetuación a los menos eficientes.

Sewall Wright ha visualizado la situación con ayuda de una metáfora muy útil. Los genotipos que determinan que sus poseedores se ajusten y tengan oportunidad de reproducirse en un medio ambiente dado, ocupan "cumbres adaptativas"; aquellos que son poco ajustados, o que impiden la supervivencia de sus poseedores, ocupan por el contrario "valles adaptativos". Un conjunto de combinaciones genéticas relacionadas, que difieren entre sí por un número relativamente reducido de genes, ocuparía la misma cumbre adaptativa. Por ejemplo, la especie humana constituye un conjunto de combinaciones genéticas diferentes que determinan que sus poseedores sean humanos y los capacitan para ocupar el pico adaptativo que representa el modo de vivir del hombre. La especie *perro* es otro conjunto de genotipos relacionados que confieren a sus diferentes poseedores un solo modo de vida: la vida canina. Y aun otras cumbres adaptativas son ocupadas por conjuntos de genotipos que corresponden a las especies *lobo*, *coyote*, *chacal*, *zorro*, etc. Los trabajos de Haldane, Fisher, S. Wright, Dobzhansky y otros, han demostrado que todo esto es un producto de las presiones mutacionales, de la recombinación sexual, de la selección y de otros factores dependientes de la dinámica de las poblaciones.

Los organismos vivos se agrupan en ciertas entidades que se caracterizan por poseer

un número suficiente de genes en común como para permitir que se crucen entre sí dando una progenie fértil. Estas entidades son las poblaciones mendelianas que se conocen con el nombre de especies. Los perros se cruzan con los perros y muy raramente con los lobos, los coyotes o los chacales; los coyotes se cruzan entre sí, pero probablemente nunca con los zorros o los chacales. La existencia de especies significa entonces que la Selección Natural ha confinado la unión sexual dentro de los límites en los cuales la recombinación genética que resulta produce solamente genotipos adaptativamente valiosos.

6. LAS ESPECIES COMO POBLACIONES MENDELIANAS

De acuerdo con las definiciones de Dobzhansky (1951) y de Mayr (1942), "especie es" aquel estado del proceso evolutivo por el cual algunas poblaciones naturales con capacidad real o potencial de cruzarse entre sí, se aíslan reproductivamente de otros "grupos parecidos". Aunque existan ciertas excepciones, esta definición se puede aplicar a los organismos de sexos separados y de reproducción cruzada y describe la esencia del fenómeno de formación de especies. Por ejemplo, el hombre constituye una sola especie, por más que las comunidades de cruzamiento que forma posean una estructura complicada. Las razas, clanes, naciones y tribus en que se divide la humanidad, pueden intercambiar genes entre sí, produciendo una progenie viable y fértil.

Se ha dicho a menudo que las especies, así como los demes, las razas, los géneros, las familias y las otras categorías sistemáticas, son conceptos creados artificialmente por los biólogos para los fines de la clasificación de los organismos. Esto hace plantearse la pregunta: ¿Qué significado tienen, como entidades biológicas, las especies *Homo sapiens* o *Canis domestica*?

Una especie es un sistema genético abierto, es decir, las poblaciones o unidades de cruzamiento pueden intercambiar potencialmente genes entre ellas, a pesar de los impedimentos geográficos, ecológicos o sociales que puedan existir. Esto es importante, porque cualquiera novedad genética, que pudiera ser de utilidad en el futuro, surgida por mutación o recombinación mendeliana, en cualquier sitio del área de distribución de la especie, tendría la posibilidad de difundirse a todas las poblaciones, impelida por la Selección Natural. En

esta forma, las especies pueden evolucionar como un todo. Las especies son las unidades de la evolución. Como señala Simpson: "lo más importante en el concepto de especie es que cada una de ellas representa un linaje filético que se desarrolla independientemente de otros y que posee su propio destino evolutivo."

Las subdivisiones de estas unidades elementales como las razas o subespecies son aleatorias y dependen en gran medida del criterio seguido por los biólogos para establecerlas. Las razas o subespecies son poblaciones de organismos que poseen una estructura genética característica, ajustada para vivir en un medio ambiente particular. Sin embargo, las razas, al revés de las especies, pueden cruzarse entre sí, pueden desaparecer, dar origen a otras nuevas y constantemente se modifican de acuerdo con las contingencias ambientales a que están sometidas o a los factores selectivos que actúan sobre ellas. Si se toma nuevamente como ejemplo al hombre, debido a sus migraciones, sus guerras de conquista, sus prejuicios y sus enfermedades, las unidades de cruzamiento en que se divide la humanidad han experimentado constantemente cambios. Muchas razas clásicas como la raza de Cromagnon se han extinguido y otras van desapareciendo y siendo reemplazadas por las actuales. Lo mismo sucede con las diferentes variedades de animales domésticos y plantas de cultivo construídas artificialmente por el hombre siguiendo los dictados de sus intereses o de sus caprichos.

Las razas son versátiles e inconstantes. Si se pregunta cuántas razas existen en la especie humana, o en cualquiera otra especie, la pregunta no tiene respuesta ni sentido. Es preferible plantearse el problema de cuántas razas se pueden distinguir en un momento dado, atendiendo a tales o cuales criterios de clasificación o intereses de estudio. Sólo la especie constituye una unidad real.

7. LA FORMACIÓN DE ESPECIES Y LOS MECANISMOS DE AISLAMIENTO

La definición de las especies como unidades de reproducción describe lo que estas unidades significan, pero no como ellas se originan.

Darwin demostró que las especies no son unidades estáticas sino dinámicas. No existen barreras fijas entre las razas y las especies y estas últimas surgen con mucha probabilidad de las primeras. La transfor-

mación de las razas de una misma especie en varias especies diferentes se conoce con el nombre de especiación. ¿Cómo se produce este fenómeno irreversible por el cual dos contingentes de individuos dejan de intercambiar genes entre ellos, siguiendo desde ese momento historias evolutivas propias y separadas? Esto se debe a la aparición de ciertos mecanismos que impiden u obstaculizan el matrimonio o el cruzamiento entre las razas. Estos mecanismos pueden ser muy variados: 1) Puede suceder que los dos grupos de la misma especie estén separados geográficamente en forma tal, que los individuos sexualmente maduros de cada raza no se encuentren, o bien, como sucede en muchas plantas y animales, se reproduzcan en épocas diferentes del año. 2) También es conocido el hecho de que los individuos de algunas poblaciones no son atraídos sexualmente por los individuos de otra, debido a la existencia de ciertos factores psicológicos. 3) Muchas veces los individuos se cruzan, pero las células sexuales son destruídas o inactivadas después de la cópula, o bien, se produce la fecundación, pero los genes de cada individuo son tan incompatibles, que los embriones se mueren antes de nacer. 4) Otras veces se producen híbridos, pero ellos son estériles como en el caso de las mulas.

El origen de estos mecanismos que impiden o dificultan el intercambio sexual, todavía no se conoce bien. Sin embargo, se puede decir que ellos se deben, en general, a incompatibilidad de orden genético que surge por acumulación de ciertos genes en cada población.

La secuencia de los hechos que conducen a esta situación puede ser esquematizada en la siguiente forma de acuerdo con los postulados modernos de la Evolución y de la Genética: Primero, una población única llegaría a ocupar un área geográfica discontinua; por ejemplo, dos islas o dos regiones separadas por barreras infranqueables. En cada una de estas zonas, los grupos de individuos se verían enfrentados a exigencias ambientales distintas. Muy pronto, en un segundo paso, para responder a los desafíos del medio ambiente, la estructura genética de las poblaciones se iría modificando paulatinamente, debido a que la Selección Natural favorecería en cada caso la supervivencia y la reproducción de aquellos individuos mejor ajustados al nicho ambiental que ocupan. En otras palabras, la distribución discontinua de un mismo gru-

po de organismos, ha contribuido a la formación de dos razas o subespecies diferenciadas. En un tercer estado, y como consecuencia de lo anterior, se desarrollarán mecanismos capaces de prevenir la hibridación de los dos contingentes poblacionales. Esto último es también un resultado obvio de la Selección Natural. Un principio evolutivo fundamental es que las poblaciones no sólo deben estar adaptadas para vivir en un determinado medio ambiente, sino que deben asegurar que sus descendientes también lo estén, y aún más, que esta misma progenie sea capaz de responder adaptativamente cuando ocurran nuevas modificaciones del ambiente en que vivirán. Una explicación satisfactoria de este carácter esencial de la adaptación de los organismos, se basa en que la población se mantiene en el tiempo a expensas de los individuos que se reproducen mejor. Los genes que confieren mayor valor de adaptación y al mismo tiempo compatibilidad sexual, no deben ser forzosamente los mismos en dos poblaciones separadas, ya que ellos están sometidos a diferentes presiones selectivas. En el transcurso del tiempo, este proceso gradual de selección, originará una tendencia a que se crucen entre sí sólo los individuos de una misma población. Cuando los conjuntos de caracteres hereditarios mantenidos por las dos poblaciones se tornan tan incompatibles que el cruzamiento entre ellas es imposible o muy improbable, se habla de dos especies. En esta forma, dos sistemas genéticos abiertos, es decir, dos razas, se han separado evolutivamente hasta devenir dos sistemas genéticos cerrados, o sea, dos buenas especies biológicas.

El esquema que se acaba de esbozar constituye una primera aproximación. Aun cuando ha sido demostrado mediante observaciones y experimentos en varios organismos, los detalles que siguen los procesos de especiación son diferentes para cada especie. Esto se debe a que, como se sabe, los mecanismos de adaptación de cada grupo zoológico o botánico son distintos y cada uno de ellos exhibe sus propias tendencias evolutivas.

8. COMENTARIOS FINALES

Un siglo después de la publicación de *El origen de las especies*, en el cual se establece el hecho general del cambio que experimentan los organismos, y se señala

el principal mecanismo responsable de ellos, la Teoría de la Evolución se ha establecido en forma tan sólida que ningún intento para removerla ha fructificado.

Al discutir en los párrafos precedentes el concepto que se tiene de especies y la manera cómo éstas se modifican y se originan, se ha partido de la concepción darwiniana de la Selección Natural. También se ha hecho un análisis de las transformaciones que ha experimentado esta idea bajo la influencia de los conocimientos actuales de la Herencia y de la Variación. Hoy día muchos biólogos emplean el término de "neodarwinismo" para referirse al concepto moderno de selección. Pero esto resulta injustificado, ya que la Teoría de la Evolución tal como fuera formulada por Darwin hace cien años, es en esencia la misma que se sustenta en el presente, y sus modificaciones son un producto lógico del desarrollo de la Biología. Hablar de neodarwinismo resulta por eso tan absurdo como referirse a newtonismo para incluir en esta gran generalización de la Física a todas las modificaciones que ha experimentado en los últimos 250 años la teoría gravitacional.

La diferencia fundamental entre el estado de los estudios sobre Evolución en la época de Darwin y hoy día, consiste en que éstos han llegado a constituir una rama más de la Biología Experimental, con sus postulados y métodos de análisis propios. El biólogo actual es capaz de reproducir en el laboratorio muchos pasos evolutivos, lo que hace cien años era imposible. Puede inducir a su capricho nuevas mutaciones mediante el empleo de las radiaciones. A partir de especies silvestres o de las formas que desde antaño el hombre ha aclimatado o domesticado, y utilizando las técnicas modernas de selección, ha sido capaz de crear las razas mejoradas de plantas y de animales domésticos de que se dispone hoy día. La Evolución Experimental se ha transformado por eso en una herramienta eficaz y poderosa para promover la agricultura y la ganadería y proporcionar al hombre fuentes insospechadas de subsistencia. Ha permitido entender los complicados mecanismos que han intervenido en el origen, crecimiento y extinción de las diferentes formas de vida que han poblado y pueblan este planeta, incluyendo entre ellas al hombre. No está lejano el día en que a través de estos estudios, el hombre podrá disponer de los métodos para controlar su propio destino como especie.

LITERATURA CONSULTADA

- BARNETT, S. A. 1958. *A Century of Darwin*. W. Heinemann Ltd. London.
- CARTER, G. S. 1957. *A Hundred Years of Evolution*. Sidgwick y Jackson, London.
- DARLINGTON, C. D. 1953. *The Facts of Life*. George Allen & Unwin Ltd. London.
- DARWIN, C. R. & A. W. WALLACE. 1858. *On the tendency of species to form varieties, and On the perpetuation of varieties and of species by Natural Means of Selection*. Reeditado en *Evolution of Natural Selection*, Cambridge. Univ. Press. 1958.
- DARWIN, C. R. 1872. *The Origin of Species*. 6ª edición. Reed. por Oxford Univ. Press. 1956. London.
- DOBZHANSKY, TH. 1951. *Genetics and the Origin of Species*. 3rd rev. ed. Columbia Univ. Press. N. Y.
- DOBZHANSKY, T. 1955. *Evolution, genetics and man*. John Wiley & Sons, Inc. N. Y.
- DUKE, A. R. H., O. BADÍNEZ, D. BRNCIC & G. HOECKER. 1958. *Centenario de la Teoría de la Selección Natural*. Biológica (Chile), 25.
- FISHER, R. A. 1930. *The genetical theory of natural selection*. Clarendon Press. Oxford.
- HALDANE, J. B. S. 1932. *The causes of evolution*. Harper, London and N. Y.
- HUXLEY, J. S. 1942. *Evolution, the modern synthesis*. Harper, London & N. Y.
- HUXLEY, J. S., A. C. HARDY & E. B. FORD. 1954. *Evolution as a process*. George Allen and Unwin Ltd. London.
- MAYR, E. 1942. *Systematics and the origin of species*. Columbia Univ. Press. N. Y.
- SIMPSON, G. G. 1954. *The major features of evolution*. Columbia Univ. Press. N. Y.
- WRIGHT, S. 1940. *The statistical consequences of Mendelian heredity in relation to speciation* (en Huxley, 1940. *The New Systematics*). Clarendon Press. Oxford.