

menos afines, la historia de la evolución individual ofrecerá rasgos comunes en número tanto mayor cuanto más próximas sean entre sí las formas por su origen. No puede alegarse contra este fenómeno que puede llamarse general, el hecho de que en grupos zoológicos diversos las especies más afines siguen ontogenéticamente en su evolución una dirección distinta, desarrollándose unas por metamorfosis, otras por generación alternante y otras directamente sin estado larvario (medusas, distomas, polistomas, crustáceos de agua dulce, decápodos marinos). Antes de ahora hemos explicado este hecho, considerando la evolución directa como una forma secundaria derivada de la metamorfosis ó de la generación alternante.

Se observa, por el contrario, en general que animales muy distintos y que viven en condiciones biológicas muy diversas coinciden notablemente en su evolución postembrionaria hasta una época más ó menos avanzada. Estos mismos seres pueden diferir en su evolución embrionaria. Estos hechos se explican por los fenómenos derivados de la adaptación, que ejerce su influencia no sólo en el período de forma sexual, sino también en cualquier otro período evolutivo de la vida, y determina modificaciones que se heredan á la edad correspondiente ó se retrotraen á períodos anteriores. Por lo tanto, no todas las formas larvarias tienen la misma significación sino que representan períodos evolutivos esencialmente modificados por la adaptación.

Los fenómenos de la metamorfosis suministran inmensas pruebas para demostrar que la adaptación de las formas jóvenes á sus condiciones de vida es tan completa como la del animal adulto, y así se comprende por qué las larvas de muchos insectos pertenecientes á órdenes distintos tienen una gran semejanza entre sí, al paso que pueden ser desemejantes las larvas de insectos del mismo orden. Aunque, en general, en el desarrollo del individuo se manifiesta un progreso de lo más simple á lo más complicado, por la continuada división del trabajo de la organización, que se va haciendo más y más completo (y de esta ley del perfeccionamiento de la evolución individual veremos una paralela en la gran ley del perfeccionamiento progresivo en la evolución de los grupos), hay no obstante casos particulares en que los fenómenos evolutivos pueden conducir á una marcha retrógrada, resultando el animal

adulto de condición más baja y de organización inferior que la larva correspondiente. Este fenómeno, conocido con el nombre de *metamorfosis regresiva* (cirrípedos y crustáceos parásitos), concuerda con las exigencias de la teoría de la selección, porque la regresión y aun la pérdida de algunas partes pueden ofrecer ventajas para el organismo cuando se simplifican las condiciones vitales facilitando al animal la adquisición de los alimentos (parasitismo).

Lo mismo es aplicable á las relaciones entre el desarrollo ontogenético y la gradación expuesta en la clasificación. Dedúcese de numerosos ejemplos que en las fases sucesivas de la evolución fetal se reproducen rasgos de los grupos más simples, como de los más completamente organizados del mismo tipo. En el caso de una evolución complicada y libre mediante metamorfosis, cuya aparición va unida á una simplificación del desarrollo fetal dentro de las envolturas del huevo, son inmediatamente perceptibles las relaciones de los estados larvarios sucesivos con las formas íntimamente afines del sistema, géneros, familias y órdenes. Ciertos períodos embrionarios de los mamíferos reproducen formas que en los peces inferiores subsisten toda la vida, y en períodos más tardíos presentan particularidades que corresponden á caracteres persistentes de los anfibios. La metamorfosis de la rana empieza por un período que coincide con el tipo de los peces en forma, estructura orgánica y modo de locomoción, y atraviesa numerosas fases larvarias en que se reproducen los caracteres de otros órdenes de anfibios (perenni-branquios, salamandrinios) y de algunas de sus familias y géneros.

Ley biogenética. — La incontestable semejanza entre períodos sucesivos de la embriología del individuo y los grupos afines de la clasificación, nos autorizan á establecer un paralelo entre la evolución del individuo y la evolución de la especie, que está muy incompletamente expresado en las relaciones de los grupos taxonómicos y sólo puede completarse por la historia remota, que la paleontología nos da á conocer con datos demasiado insuficientes. Este paralelo, que en los detalles presenta, naturalmente, excepciones más ó menos importantes, se explica por la teoría de la descendencia, según la cual, como ha expuesto F. Muller (1), la

(1) F. Muller: *Fur Darwin*, Leipzig, 1864.

embriología del individuo es una repetición corta y simplificada, en cierto modo una recapitulación del proceso evolutivo de la especie. Esta ley fué conocida por antiguos naturalistas, y J. F. Meckel la demostró respecto de los sistemas orgánicos esenciales (1). Meckel estableció la ley de que existe una evolución de los organismos individuales que marcha paralelamente á la evolución de la serie animal, y la llamó oportunamente: «analogía entre el desarrollo del embrión y el de la serie zoológica.» E. Haeckel le ha dado el nombre de *ley biogenética fundamental*. Los rastros históricos que suministra la embriología del individuo, se borran ó quedan indescifrables á causa de múltiples adaptaciones en el estado embrionario ó durante la vida larvaria. Dondequiera que las condiciones especiales de la lucha por la existencia exigen una simplificación, el desarrollo se hace más directo del huevo al animal adulto, y la metamorfosis, abreviada, queda relegada á la vida ovular, y cuando ésta desaparece del todo, el rastro histórico queda completamente suprimido. Por el contrario, en casos de transformaciones lentamente progresivas con estados embrionarios que se modifican gradualmente y viven en análogas ó iguales condiciones de existencia, la historia genealógica de la especie se reflejará menos incompletamente en la del individuo.

II. SIGNIFICACIÓN DE LA GEOLOGÍA Y LA PALEONTOLOGÍA

Paralelamente á los hechos de la morfología suministran los resultados de las investigaciones geológicas y paleontológicas datos importantes en favor de la certeza de la teoría de la transformación lenta de las especies y del paulatino desarrollo de géneros, familias, órdenes, etc., mediante el cambio de la especie. Numerosas y potentes capas geológicas que el curso del tiempo ha depositado en orden determinado unas tras otras en las aguas (rocas plutónicas), juntamente con enormes masas eruptivas salidas del núcleo ígneo (rocas volcánicas), forman la corteza sólida de nuestro planeta. Los primeros, depósitos sedimentarios, tanto en su estratificación, primitivamente horizontal, como en el estado petrográfico de sus rocas

(1) *System der vergleichenden Anatomie*, Halle, 1821.

múltiplemente variado, contienen sepultados una multitud de restos petrificados de poblaciones animales y plantas que vivían en otras épocas, documentos históricos de una vida vigorosa durante los primeros períodos de la formación de la tierra. Por más que estos restos, llamados fósiles, nos hayan dado á conocer un número considerable y una gran diversidad de formas de los organismos prehistóricos, entre todos ellos no forman más que una pequeñísima fracción de la inconcebible cantidad de seres que en todos tiempos han poblado la tierra. Son, sin embargo, suficientes para darnos á conocer que en los tiempos en que se ha formado cada uno de los depósitos, existía un mundo animal y vegetal distintos, que se alejan tanto más de la fauna y flora actuales cuanto más profundamente se halla la capa geológica en que yacen, es decir, cuanta mayor es su antigüedad en la historia de la tierra. Los fósiles de las diferentes capas tienen entre sí tanta mayor afinidad cuanto más próximas están las capas. Cada formación sedimentaria de una edad determinada tiene en general sus fósiles especiales, característicos, mediante los cuales, teniendo en consideración la sucesión de las capas y el carácter petrográfico de las rocas, se puede deducir con cierta seguridad el lugar que ocupa la capa en cuestión en el sistema geológico.

Los fósiles son, sin duda alguna, juntamente con la sucesión de las capas, el medio más importante para la determinación de la edad geológica, relativa, de las formaciones, y en todo caso, un medio más seguro que los caracteres de las rocas por sí solos. Aunque en otro tiempo era corriente la opinión de que las rocas del mismo período tenían siempre los mismos caracteres y que éstos eran diferentes en las rocas de períodos distintos, esta idea se ha desechado como errónea. Las capas estratificadas ó sedimentarias se han formado en todo tiempo, bajo iguales condiciones que en la actualidad, por sedimentación de limo arcilloso, de arena finamente triturada ó grosera, de cantos rodados, grandes ó pequeños, de precipitados químicos de carbonato y sulfato de cal y de magnesia, de sílice y peróxido de hierro hidratado, y por acumulación de restos sólidos de animales y materias vegetales. Su transformación en rocas duras como los esquistos arcillosos y calcáreos, la caliza, la arenisca, la dolomita y los conglomerados de diversa especie, fué obra del tiem-

po ayudado de la acción de diversas causas, de la potente presión de las capas superiores y de íntimos procesos químicos, etc.

Aunque en muchos casos la diversa naturaleza de las rocas pueda dar un dato para orientarse respecto de la edad relativa, es un hecho positivo que sedimentos contemporáneos pueden presentar caracteres petrográficos completamente distintos, al paso que sedimentos de muy diferentes períodos pueden estar formados de especies minerales iguales ó muy semejantes.

La idea antigua de que los sedimentos contemporáneos debían contener en todas partes los mismos fósiles, sólo se pudo sostener mientras las investigaciones geológicas se reducían á comarcas pequeñas. Tampoco pudo conservarse la opinión, íntimamente ligada con la anterior, de que cada uno de los miembros geológicos caracterizado por una estratificación determinada haya de estar rigurosamente separado y sin término alguno de transición. Las formaciones (1), y así se llama el conjunto de capas de un territorio determinado correspondientes á una misma época, no están petrográfica y paleontológicamente con tanta exactitud deslindadas que pueda hoy aceptarse la hipótesis de violentas y súbitas revolucio-

(1) El siguiente cuadro puede servir para dar una idea general de los períodos geológicos y de sus formaciones más importantes:

<i>Epoca cuaternaria</i>	{	Período moderno (aluvión, formaciones marinas y de agua dulce).
Formaciones diluvial y aluvial		Postplioceno ó período diluvial (bloques erráticos, período glacial, Loss).
<i>Epoca terciaria</i>	{	Período plioceno (formación subapenina, arenas de huesos de Eppelsheim).
Formaciones cenozoicas		Período mioceno (molasa, arcilla, caliza de Leitha, en Viena; carbón pardo, en el Norte de Alemania).
		Período eoceno (gres, esquistos arcillosos (Flysch); formación numulítica, cuenca de París).
<i>Epoca secundaria</i>	{	Período cretáceo (capas de Maestricht, creta blanca, arena verde superior, Gault., arena verde inferior, Wealden).
Formaciones mesozoicas		Período jurásico (capas de Purbeck, piedra de Portland, arcilla de Kimeridge, Koral Rag, arcilla de Oxford, gran oolita, oolita inferior, Lias, Jura blanco, pardo y negro).
		Período triásico (Keuper, caliza conchífera) (Muschelkalk).

nes y de cataclismos generales que aniquilaron todo el mundo orgánico. Más bien se puede asegurar con certeza que la extinción de especies antiguas y la aparición de otras nuevas no ha ocurrido de una vez y simultáneamente en todos los confines de la superficie terrestre, ya que muchas especies pasan de una forma á otra y un gran número de organismos del terreno terciario viven todavía en especies idénticas ó poco modificadas. Pero así como la época que se llama reciente es difícil de determinar en sus principios y no se puede deslindar con precisión de la época diluviana, ni por el carácter de los estratos ni por el contenido de su población, lo mismo sucede con las épocas lejanas de la evolución terrestre, que á la manera de los períodos de la historia humana se fundan en acontecimientos notables, pero se suceden en inmediata continuidad. Lyell ha demostrado de manera convincente con razones geológicas que esos períodos no correspondían á cataclismos repentinos extensivos á toda la superficie terrestre, sino que, por el contrario, limitados á ciertas localidades, habían seguido una marcha lenta y progresiva, y que la historia antigua de la tierra consiste en un proceso de evolución constante, en el cual los numerosos fenómenos que en la actualidad observamos, en virtud de su acción continuada durante largos períodos de tiempo, han sumado un efecto bastante poderoso para transformar la superficie terrestre.

<i>Epoca paleozoica</i>	{	Período diásico (Calcaria peneana (Zechstein); capas permianas; arenisca roja inferior, formación permiana).
Formaciones paleozoicas		Período carbonífero (formación de carbón de piedra de Inglaterra, Alemania; caliza carbonífera).
		Período devoniano (esquistos espiríferos, esquistos de cipridinas, caliza de estringocéfalos, etc.; arenisca roja antigua).
		Período silúrico (capas de Ludlow, Wenlock y Caradoc, etc.).
<i>Epoca arcaica</i>	{	Período cámbrico (esquistos azoicos, etc).
Formaciones arcaicas		Esquistos arcillosos } esquistos cristalínicos.
		Gneis antiguo (forma laurentina).

Según el profesor Ramsay los grupos geológicos alcanzan en Inglaterra una potencia de 72.584 pies, cerca de 13 ³/₄ millas inglesas, divididas para cada una:

Epoca paleozoica.	57.154	} 72.584
» secundaria	13 192	
» terciaria.	2.240	

La causa del desigual desarrollo de las capas y del deslinde de las formaciones ha de buscarse principalmente en la interrupción de las sedimentaciones, que por extensas que fueran no pasaban de tener una significación puramente local. Si hubiera sido posible que un depósito marítimo hubiera continuado creciendo uniformemente durante todo el período de las formaciones sedimentarias, y en circunstancias favorables hubiese formado nuevas capas en continuidad constante, encontraríase en él una serie progresiva de capas sin lagunas que las interrumpiesen, y en las cuales no sería posible establecer división de formaciones. Este depósito ideal no contendría más que una sola serie de estratos, en la cual hallaríamos capas análogas á todas las formaciones de la corteza terrestre. En la realidad esta estratificación continua está interrumpida por numerosas y á veces grandes lagunas, que ocasionan las diferencias petrográficas y paleontológicas, á menudo tan considerables entre capas colindantes, y que corresponden á períodos de reposo ó á perturbaciones de la acción sedimentaria. Estas interrupciones de los depósitos locales se explican por los continuos cambios de nivel que ha experimentado la superficie terrestre á consecuencia de la acción plutónica ó volcánica que ha formado las montañas en todas las épocas. Así como en la actualidad observamos que extensas comarcas descienden lenta y progresivamente (costas occidentales de Groenlandia, islas de coral) y otras se elevan durante siglos (costas occidentales de Sud América, Suecia), y que por efecto de la acción subterránea se sumergen en el mar costas enteras y surgen islas del fondo de los mares; así también en los períodos anteriores intervinieron las mismas condiciones, tal vez en mucho mayor grado, para producir en tierras y mares cambios lentos, rara vez súbitos, y en este caso limitados á localidades determinadas. Por efecto de estos cambios han quedado en seco fondos de mares que primero han formado islas y más tarde continentes, cuyas capas denunciaban el origen marítimo de la formación por los restos de animales que albergaban. En cambio se han hundido en el mar grandes extensiones de tierra firme, quedando sus cumbres más altas formando islas y sirviendo de asiento á nuevas estratificaciones. En el primer caso se interrumpe la formación de sedimentaciones; en el segundo da comienzo una nueva formación después

de un período de reposo más ó menos largo. Pero como los hundimientos y los levantamientos aunque alcancen á grandes extensiones de territorio sólo tienen importancia local, no ha podido ser universalmente simultáneo el principio y la interrupción de las formaciones contemporáneas; durarían aún por algún tiempo en un punto cuando en otro habrían cesado mucho antes, y de aquí la gran diversidad que ofrecen en distintas localidades los límites superiores é inferiores de formaciones análogas. Así se explica también que las formaciones superpuestas unas á otras estén representadas por series de capas de desigual potencia, no siendo posible suplir estas diferencias por capas situadas en otras comarcas. La sucesión total de las formaciones conocidas hasta ahora no basta para establecer una escala completa y no interrumpida de las formaciones sedimentarias. Quedan aún numerosas y considerables lagunas que tal vez llegue á llenar algún día la ciencia, si logra dar á conocer formaciones actualmente cubiertas por el mar.

Por las consideraciones que hasta aquí hemos expuesto puede darse por demostrado, con razones geológicas y paleontológicas, tanto la continuidad de los seres vivos, como la inmediata afinidad de los organismos en los períodos sucesivos de la evolución. Pero la teoría de la descendencia exige más que esta prueba, pues que según ella el sistema natural representa un cuadro genealógico. La teoría exige la existencia de innumerables formas de transición tanto entre las especies del mundo actual y las de las formaciones modernas, como entre las especies de cada una de las formaciones de períodos sucesivos, y además exige la demostración de que han existido miembros de unión entre los diversos grupos sistemáticos del mundo animal y vegetal presente, cuya determinación y deslinde sólo pueden explicarse, según Darwin, por la desaparición de vastos conjuntos de especies en el transcurso de la historia terrestre. La paleontología no puede responder de una manera completa á estas exigencias, porque en los documentos geológicos faltan, respecto de gran número de formas, innumerables grados casi imperceptibles de la serie de variedades que según la teoría de la selección han debido existir necesariamente. Esta falta, que Darwin mismo reconoce como objeción á su teoría, pierde no obstante su importancia cuando estudiamos de cerca las condiciones

en que se han depositado en el limo los restos orgánicos que en estado de fósiles ha descubierto la posteridad, y nos hemos dado cuenta de las razones que demuestran las grandes deficiencias de los documentos geológicos, de las cuales podemos deducir que algunos de esos términos de transición han debido ser descritos como especies.

En primer lugar, no podemos prometernos encontrar en las capas sedimentarias otros restos que los de organismos que tuvieran un esqueleto duro y piezas resistentes para sostén de las partes blandas, puesto que las partes duras, como los huesos y dientes de los vertebrados, las conchas calcáreas y síliceas de los moluscos y rizópodos, las conchas y aguijones de los equinodermos, el esqueleto chitinoso de los artrópodos, etc., son susceptibles de resistir á una rápida descomposición y de llegar á petrificarse poco á poco. Por esta razón no encontramos en los documentos geológicos rastro alguno de multitud de organismos, especialmente de los inferiores, que están privados de esqueleto. Entre los mismos organismos susceptibles de fosilización hay grandes clases que sólo por excepción han dejado vestigios de su existencia, y éstos son precisamente los animales habitantes en tierra firme. De estos animales no pueden quedar restos petrificados más que en el caso de que arrastrados sus cadáveres por el agua en las grandes mareas ó inundaciones, ó por alguna otra causa, hayan quedado en un punto cualquiera rodeados de masas de limo que se han endurecido. Así se explica no sólo la escasez relativa de mamíferos fósiles sino también que de los más antiguos (marsupiales en los esquistos de Stonesfield) casi no se conserva más que la mandíbula inferior, que se desprende fácilmente durante su petrificación y por su peso resiste á la corriente del agua y se va al fondo. Aunque estos restos demuestran que existían mamíferos en el período jurásico, la idea completa de su conformación sólo puede adquirirse con los ejemplares del período eoceno.

Más fácil había de ser la conservación de los habitantes de agua dulce, y más que ninguna otra la de los habitantes del mar, porque las formaciones marinas abarcan una extensión incomparablemente mayor que las de agua dulce. La formación de capas potentes sólo puede realizarse en dos condiciones: en un mar muy profundo, y

al abrigo de los vientos y las olas, aunque el fondo sufra un movimiento lento de elevación ó de descenso; en este caso las capas serán relativamente pobres en fósiles, porque es reducido el número de plantas y animales que viven á profundidades considerables; ó bien *en un mar poco profundo favorable para el desarrollo de gran número y variedad de animales y plantas, y que durante largo tiempo sufra un movimiento de descenso*. En este caso el mar alberga continuamente una inmensa población, mientras el descenso progresivo se halla constantemente compensado por la adición de nuevos sedimentos.

Por el modo de formación de los sedimentos se explica que haya grandes lagunas en los restos paleontológicos, que además habrían de estar limitados á formaciones relativamente modernas. Las capas más antiguas é inferiores en que están sepultados los restos del mundo orgánico primitivo aparecen tan completamente modificadas que no es posible reconocer los residuos orgánicos en ellas encerrados.

En todo caso, se puede asegurar con toda certeza que sólo ha podido conservarse en estado fósil una pequeñísima fracción de las faunas y floras extinguidas, y que de esa fracción sólo ha llegado á nuestro conocimiento una pequeña parte. No debemos, pues, deducir de la escasez de restos fósiles, la no existencia de formas intermedias. La falta de éstas en la serie de varias formaciones; la aparición de una especie por primera vez en el centro de una serie de estratos y su desaparición rápida, y la aparición repentina de grupos enteros de especies y su desaparición también repentina son hechos de que no pueden hacerse argumentos contra la teoría de la selección, pues que en algunos casos se conocen series de formas de transición entre organismos más ó menos distantes, y en el transcurso del tiempo se han desarrollado numerosas especies como intermediarias de otras especies y géneros, y además no es raro que empiecen á desarrollarse lentamente especies y grupos de especies, lleguen á adquirir una propagación extraordinaria, pasen á formaciones ulteriores y luego desaparezcan también con lentitud. Dada la deficiencia de los restos fósiles, tienen estos hechos positivos una gran significación.

De los ejemplos de series graduadas de transición que nos