

maneras; una contracción ha podido resultar de la mayor fuerza ejercida por las aguas, cuando la tierra saliendo por la primera vez, presentaba en un mar abierto una masa menos considerable y mucho más expuesta á la desnudación, mientras que la destrucción de la roca ha debido disminuir á medida que la acción desnudante se aminoraba en las bahías y canales cerrados por dos ó tres lados. O bien los movimientos separados de elevación han podido suceder más rápidamente á medida que la tierra ha continuado elevándose, de tal manera que la duración de cada uno de los tiempos de detención durante los cuales se ha efectuado el máximo de desnudación, á ciertos niveles ha ido siempre disminuyendo. Es preciso notar que se encuentran rara vez en las laderas opuestas de los valles sicilianos, escarpados terraplenes, cuyas alturas correspondan tan exactamente una á otra como en la figura. Cualquiera que sea de las dos hipótesis la que se adopte, se podía esperar así, porque siguiendo la dirección dominante de los vientos ó de las corrientes, las olas deben batir con una fuerza desigual las diferentes partes de la ribera; ahora bien, ningún choque se hará quizá sentir sobre uno de los lados de una bahía, en tanto que sobre el otro, el mar avanzará tan lejos que concluya por reunir algunos pequeños precipicios en uno solo.

Antes de terminar el asunto de las *quebradas* antiguas abierlas en la caliza, mencionaremos rocas escarpadas que pertenecen al mármol blanco del período oolítico que se ven cerca de la puerta Norte de Saint-Mihiel en Francia. Estas rocas están situadas sobre la ribera derecha del Mosa, á una distancia de 320 kilómetros del mar la más próxima, y presentan sobre el lado escarpado que unia al mar, tres ó cuatro surcos horizontalmente sobrepuestos que imitan muy exactamente á las que produce la corrosión de las olas. Algunas de estas rocas son masas desprendidas de la colina inmediata; los surcos las rodean y miran hacia todos los puntos del horizonte; como si los pedruscos surcados hubiesen formado en otro tiempo islotes de rocas cerca de la ribera.

El capitán Bayfield en su exploración al golfo de San Lorenzo, ha descubierto en algunos puntos, pero en particular en las islas Mingan una contraposición de las rocas interiores de Saint-Mihiel y ha trazado una serie de líneas ó cordones de piedras colocadas una sobre otra que concuerdan en cuanto á su nivel con algunos de los principales surcos abiertos al través de los pilares calizos. Estas líneas están compuestas de piedras calizas con conchas de especies recientes; la más distante de la ribera está á 20 metros sobre el nivel de las más altas mareas. Además de los dibujos llamados *tiestos de flores* que dicho capitán ha publicado, se han trazado otras vistas de rocas de la misma costa debidas al lápiz del teniente Bowen de la marina real.

En los ribazos de la América del Norte se han hallado fragmentos redondeados de caliza perforados por los litódomos; otros semejantes practicados por los mismos moluscos, se han descubierto en las rocas columnarias ó *tiestos de flores*; este hecho demuestra que la superficie ha sufrido poca alteración por los agentes atmosféricos, porque de otro modo las cavidades de que acabamos de hablar habrían desaparecido.

Se ha observado en las islas Bermudas, la manera con que las olas del Atlántico han abierto y abren todavía cavidades profundas muy lisas en torno de masas salientes de caliza dura. En el dibujo que representa la fig. 63, las escavaciones *c, c,* han sido producidas por las aguas en una piedra de fecha muy reciente; esta piedra aunque sumamente dura, está llena de corales y de conchas modernas, algunas de las cuales han conservado hasta su color.

Cuando los geólogos estudian con detención las

formas de estos surcos horizontales cuya superficie es algunas veces lisa y casi pulimentada y cuyo borde superior forma frecuentemente una eminencia de dos metros ó más, encuentran el testimonio menos equivoco de la acción ejercida en otro tiempo por las olas sobre innumerables puntos situados á lo lejos en el interior de los continentes. Pero es preciso aprender á distinguir los efectos debidos á la acción original de las aguas, de los que ha producido posteriormente la descomposición química de las rocas calizas bajo la influencia de los agentes atmosféricos.

Terminaremos aconsejando á los principiantes no se sorprendan si encuentran algún indicio evidente de la permanencia anterior del mar sobre tierras cuya sumersión en épocas relativamente recientes, no efrece para nosotros objeto alguno de duda. A pesar de la naturaleza duradera de las huellas, que ha dejado la acción litoral sobre las rocas calizas, no se podrían descubrir por todas partes antiguas playas marinas y precipicios interiores, ni aun en Sicilia ni en Morea. Esta especie de huellas se hallan frecuentemente interrumpidas, y faltan muchas veces en los distritos compuestos de formaciones arcillosas y arenosas aunque estas hayan debido elevarse al mismo tiempo y por los mismos movimientos intermitentes que las rocas calizas inmediatas.

CAPITULO VII.

ALUVION.

ENTRE la cubierta superficial de tierra vegetal y la roca subyacente, existe generalmente un depósito de guijo movable, de arena y de limo á que se le da el nombre de *aluvion*. Este nombre ha sido tomado de *alluvio* (inundación) ó de *alluo* (yo lavo), por la circunstancia de que las piedras y la arena se parecen comunmente á los del lecho de un río, y á los depósitos de limo y de guijo que dejan las inundaciones en las tierras bajas.

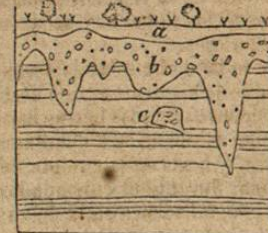
Una cubierta parcial de aluvion así compuesta, se encuentra en todos los climas desde las regiones ecuatoriales hasta las regiones polares; pero en las más altas latitudes de Europa y del Norte de América, este depósito toma un carácter particular; muy frecuentemente no está estratificado, y contiene enormes fragmentos de rocas, unos angulosos, otros redondeados que han sido transportados á grandes distancias del punto de su origen. Cuando el depósito presenta esta forma, se le da el nombre de *diluvion*, de *drift*, de *formación de transporte*; trataremos más particularmente de su relación probable con los productos de los hielos flotantes y de las neveras en los capítulos posteriores.

Según lo que se ha dicho sobre la desnudación, el lector sabe ya que se encuentra guijo desmenuzable y arena, no solamente sobre las tierras bajas que costean los ríos, sino también, y á diferentes alturas, contra las laderas, y hasta en la cumbre de las montañas. Ahora bien, durante el curso de los cambios ocurridos en la geografía física en la época en que el fondo del mar elevándose gradualmente pasaba al estado de tierra firme, cada sitio ha podido ser un arrecife, una bahía, un estuario, una playa marina, y aun el lecho de un río. Además, la distribución de las aguas sobre los continentes, ha podido hallarse modificada repetidas veces por los temblores de tierra; se han formado lagos temporales por los deslizamientos de terreno, y la destrucción de las barreras naturales opuestas á estos lagos, ha causado diluvios parciales. Finalmente, las últimas acciones del agua han tenido por efecto natural turbar y confundir todos los aluviones formados anteriormente. En presencia de tanta variedad de causas y orígenes, sería erróneo

esperar nunca conocer todos los fenómenos aluviales de cada comarca en particular. Sería también muy arriesgado considerar como la obra de una sola época y el efecto de una causa única, lo que fue en realidad resultado de acciones distintas durante una larga sucesión de períodos geológicos. Se puede sin embargo sacar una instrucción útil del examen de una comarca como la Auvernia donde los guijos superficiales de diferentes épocas han sido conservados por corrientes de lava que han salido sucesivamente en épocas en que la desnudación y probablemente la ascensión de las rocas estaban en progreso. Esta acción había adquirido en parte su configuración actual antes de que ningún vulcan se hallara en ella en actividad, y que ninguna materia ígnea se hubiera esparcido en sus formaciones graníticas ó fosilíferas, igualmente las piedras formadas en los pedregales más antiguos, son allí exclusivamente de granito y de otras rocas primordiales; cuando los respiraderos volcánicos se abrieron, estos aluviones fueron cubiertos por corrientes de lava que los preservaron de la mezcla con el guijo de las épocas subsiguientes. En la continuación de los tiempos, se formó un nuevo sistema de valles, y los ríos corrieron á niveles inferiores á los de los primeros aluviones y de las antiguas corrientes de lava. Cuando más tarde, otras erupciones dieron origen á nuevas lavas, la materia fundida se esparció en un suelo más bajo, y el guijo de estas llanuras se distinguió del que formaba el aluvion de las tierras altas de que contuvo fragmentos redondeados de diferentes rocas volcánicas, y muchas veces huesos pertenecientes á grupos distintos de animales terrestres que habían vivido en la nueva comarca.

El aluvion se compone casi siempre en su parte superior de materia de transporte, pero muchas veces en su base se convierte en una masa de fragmentos rotos, angulosos, arrancados de las rocas subyacentes, y cuya formación se puede atribuir á la influencia de los agentes atmosféricos, á la desagregación de la roca en el sitio que ocupa, á los efectos del aire y del agua, del sol y del frío, ó bien á la descomposición química.

La superficie interior de los depósitos aluvianos es comunmente muy irregular, porque se amolda á todas las desigualdades de las rocas que les sirven de base. Algunas veces se observan pequeñas masas como en *c* que podrían creerse desprendidas de su posición original é incrustadas por decirlo así, en la formación subyacente. Estas masas aisladas son ordinariamente



a Suelo vegetal. b Aluvion. c Masa del mismo aluvion aparentemente separada.

una especie de agujeros torcidos y llenos de aluvion que se puede suponer han servido de conductos á manantiales ó á torrentes subterráneos que han ensanchado las hendiduras naturales corriendo al través de la masa de la roca; cuando se encuentran en pequeña escala ó en capas poco duras, pueden indicar el sitio ocupado en otro tiempo por las raíces de grandes árboles, y que el guijo así como la arena han ocupado después de la destrucción de dichas raíces.

No es tan fácil como parece á primera vista trazar una línea perfecta de demarcación entre las rocas fi-

jas ó capas regulares del aluvion. Cuando el lecho de un torrente ó de un río queda en seco, llamamos aluvion al guijo, arena y limo que quedan en este lecho, ó cualesquiera sustancias que durante las inundaciones han podido esparcirse sobre las llanuras inmediatas. Cuando las mismas materias transportadas á un lago y sometidas en el seno del agua á una especie de escogimiento ó apartado, se disponen en lechos más distintos, toman el nombre de capas irregulares, especialmente si contienen restos de plantas, de conchas y de otros fósiles.

Algunas veces la arena, el guijo y los restos de conchas extendidos en la dirección de una corriente marina rápida, pueden compararse á un depósito formado al mismo tiempo por la precipitación anual de materias semejantes sobre cualquier punto del mar más profundo y más tranquilo. En este caso, cuando se descubren en las capas conchas marinas ó otros restos orgánicos que permiten determinar su edad y su origen, se les considera como formando parte de una serie regular de formaciones fosilíferas, mientras que si los fósiles faltan, no se tiene frecuentemente ningún medio de separar estas capas de la masa general de aluvion superficial.

La rareza habitual de los restos orgánicos en los lechos de guijo desmenuzable, debe ser atribuida ya al frote que ha reducido las rocas á cantos y á arena, y los restos orgánicos á fragmentos pequeños, ya á la naturaleza porosa del aluvion en el momento de su inmersión; el agua de lluvia, penetrando libremente la masa, ha provocado la descomposición y la disolución de los restos orgánicos.

Todo el mundo sabe que un gran número de ríos abren hoy día su lecho al través de los depósitos de aluvion más profundos y más extensos que ninguno de los que pueden formar las corrientes de agua actuales. Algunas veces se ha deducido ligeramente de esto, que los ríos en los tiempos modernos se habían quedado menos caudalosos y menos sujetos á los desbordamientos de lo que eran en los tiempos antiguos. Pero sería mucho más natural ver aquí simplemente el resultado de las oscilaciones ocurridas en el nivel de la tierra desde el origen de los actuales valles.

Supongamos que una porción de continente comprendiendo en su extensión una ancha cuenca hidrográfica tal como la del Missisipi, llega á bajar algunos centímetros ó decímetros en el curso de un siglo como ha sucedido durante tres ó cuatrocientos años entre las latitudes 60° y 69° al Norte, en la costa occidental de Groenlandia que se extiende de Norte á Sur cerca de 900 kilómetros; la cantidad de descenso no será siempre la misma, y en muchos casos, el interior de las tierras sufrirá una depresión superior á la de la región que costea el mar. Siempre que así suceda, la pendiente de las aguas que desciendan de las tierras superiores disminuirá, los arroyos tributarios perderán su fuerza de llevar la arena y los sedimentos al río principal, y este á su vez tendrá también menos fuerza para arrastrar las mismas materias al mar. Todos los ríos desde entonces empezarán á llenar en parte su antiguo lecho, y en sus inundaciones que serán más frecuentes, elevarán por medio de nuevos depósitos, las llanuras aluviales de sus orillas. Si entonces la misma superficie de tierra viene á elevarse á su primer nivel, la pendiente, y por consecuencia la velocidad de todos los ríos, empezarán á aumentar las aguas, estarán menos expuestas á inundar las llanuras vecinas, continuarán acarreado las materias terrosas hacia el mar, y limpiarán y profundizarán sus lechos hasta que después de algunos miles de años cada uno de ellos se haya abierto un nuevo canal ó valle al través de una formación fluvial de fecha comparativamente moderna. Las llanuras de ríos que existían durante el período de mayor depresión, formarán entonces en las dos laderas del valle una es-

pecie de terraplenes en la apariencia horizontales, pero que en realidad se inclinan hacia el río en toda su extensión; estos terraplenes presentarán escarpados de guijo y de arena hacia la corriente del agua. En una descripción de la comarca que recorre el Mississippi, se ha demostrado que ha existido una serie de movimientos análogos durante las oscilaciones de nivel en el principal valle de dicho río y en sus valles tributarios; y las conchas de agua dulce de especies vivas, así como las osamentas de cuadrúpedos terrestres pertenecientes en parte á razas extinguidas y conservadas en los terraplenes de origen fluvial, prueban la exclusión del mar en todo el tiempo en que se llenó y volvió á vaciar el lecho del río.

En muchos casos el aluvion en que los ríos abren hoy su lecho, ha debido empezar á formarse cuando la tierra salió por primera vez del seno del mar. Si el alzamiento fue causado por un movimiento gradual y uniforme, las bahías, estuarios ó estrechos, debieron secarse lentamente, y durante su conversión en valles, cada porción de la superficie levantada, debió ser á su vez una playa marina y cubrirse de arena y de cantos de ribera. Durante la retirada del mar, cada sitio ha podido llegar á ser el centro de aglomeración de un delta, y las materias así acumuladas se han adaptado á la pendiente general de un valle desde su vértice hasta la orilla del mar.

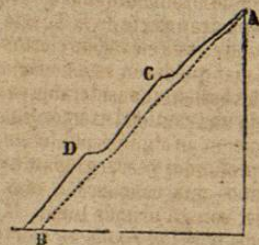
TERRAPLENES DE RÍO. Se observa con frecuencia á poca distancia del lecho actual de un río un escarpado alto de algunos decímetros ó de algunos metros sobre el cual se encuentra un terraplen plano, correspondiente en la apariencia al plano de aluvion que parte inmediatamente del río. Este terraplen es seguido de otro escarpado encima del cual existe algunas veces un segundo terraplen. Se pueden también observar dos ó tres órdenes de escarpados en uno de los lados ó en ambos lados á la vez de la corriente del agua; su número varía pero comunmente hay de una orilla á otra correspondencia en altura.

Estos terraplenes rara vez son continuos en largas distancias; su inclinación sigue la del río. Se explican fácilmente por la hipótesis de una elevación gradual de la tierra, sobre todo si se admite que en la época en que el río ha abierto su lecho, el movimiento de elevación ha sido intermitente y que largas interrupciones han permitido á la corriente del agua extenderse sobre las orillas y arrastrar las materias aplanando un largo espacio. Esta operación se habrá repetido después á niveles inferiores y habrán resultado escarpados sucesivos.

TERRAPLENES PARALELOS. Los *parallel roads*, ó *parallels helves* de Lochaber ó Glen-Roy y otros valles inmediatos en Escocia, se diferencian por su carácter y su origen de los terraplenes que acabamos de describir; no se inclinan hacia el mar como el lecho de los ríos, ni han sido producidos por desnudación. El Glen-Roy está situado en los Highlands del Oeste unos diez y seis kilómetros al Norte del fuerte William cerca del extremo occidental del gran Glen de Escocia ó canal Caledoniano y al pie del Ben-Nevis el mas elevado de los montes Grampianos. En toda su longitud que es de mas de diez y seis kilómetros, se observan dos terraplenes paralelos y en la parte inferior tres que están trazados á lo largo de las laderas escarpadas de las montañas como se ve en la figura 64; cada uno conserva una perfecta horizontalidad y se presenta al mismo nivel en los lados opuestos del Glen ó valle. Vistos á distancias estos terraplenes parecen senderos ó caminos practicados artificialmente en los costados de la roca; pero acercándose apenas se nota su existencia por lo unida que está su superficie y encubierta por las materias de transporte. Tienen de tres á diez y ocho metros de anchura, y no se distinguen de los lados de la montaña sino porque su inclinación es un poco menor.

Haciendo un exámen detenido, se observa, que estos terraplenes se hallan estratificados á la manera ordinaria de los depósitos aluviales ó litorales como se puede demostrar en los puntos en que los torrentes han abierto barrancos. Los terraplenes paralelos sin embargo no han sido producidos por la desnudación, sino por un depósito de detritus enteramente semejante al que se ha esparcido en cortas cantidades sobre las vertientes de las colinas de que hemos tratado anteriormente. Estas colinas están compuestas de esquisto arcilloso, de micasquisto y de granito, focas, que solo en algunos puntos se han abierto paso y han quedado descubiertas en una línea precisamente encima de los terraplenes paralelos. El mas elevado de estos está próximamente á trescientos ochenta y un metros sobre el nivel del mar; el que viene después está sesenta metros mas bajo, y domina unos quince metros al tercero. Este último solamente se continúa á lo largo del Glen-Spean ancho valle con el cual se reúne el Glen-Roy. Como los terraplenes paralelos se mantienen siempre á la misma altura sobre el mar, exceden tanto mas del nivel del río, cuanto mas se baja en cada valle; por último terminan repentinamente sin causa aparente, y sin cambio alguno en la forma del suelo ó en la composición y dureza de las rocas.

Seria demasiado extenso el hacer una descripción completa de todas las circunstancias geográficas que se refieren á estos terraplenes singulares, así como el discutir las ingeniosas teorías que se han formado para explicarlos. Sin embargo, todo el mundo conviene en reconocer que estos terraplenes, son antiguos ribazos ó formaciones litorales cuyo nivel igual en un principio al del *shelf* mas elevado ha bajado sucesivamente al nivel de los otros dos. Es un hecho bien conocido que donde quiera que existe un lago ó un brazo de mar rodeado de montes escarpados sujetos á la desagregación por el frío ó por la acción de los torrentes, cierta cantidad de materia movediza es arrastrada anualmente sobre todo durante el derretimiento de las nieves, y que este detritus se detiene en el punto á donde llegan las aguas del lago. Las olas diseminan las materias á lo largo de la orilla y las arrastran en parte sobre el ribazo; su poder de dispersión es favorecido por el hielo que suele adherirse á las piedras durante los meses de invierno y les da la facultad de flotar. La figura que acompaña, manifiesta cómo, según Mac-



AB. Superficie primitiva, supuesta, de la roca. CD. Roads ó escalones en la cubierta aluvial.

Culloch y Darwin, los terraplenes constituyen simples eminencias en la cubierta aluvial superficial que reposa sobre la vertiente de la montaña y que consiste principalmente en arcilla y en fragmentos de rocas ásperas y arcillosas.

Entre otras pruebas de la formación de estos terraplenes paralelos á lo largo de las orillas de una tabla de agua, se puede observar que donde se manifiesta una colina aislada hacia el medio del Glen ó valle sobre el nivel de algun terraplen particular, se ve el mismo nivel en terraplen correspondiente haciendo juego con la colina, como si esta colina hubiese formado en otro tiempo una isla en medio de un lago ó de una ensenada. Lo que no es menos notable, es que cada

uno de estos terraplenes conduce en algun punto de su longitud á un col ó paso entre dos alturas circunstancia que estudiaremos mas adelante.

Los escritores que en un principio han considerado los terraplenes como antiguos ribazos de lagos de agua dulce, no han podido encontrar hipótesis alguna plausible para explicar la formación y en seguida la destrucción de barreras que fueran de una altura y solidez suficientes para retener el agua. En la imposibilidad de suponer la destrucción de estas barreras por alguna convulsión violenta á causa de la horizontalidad no interrumpida de los terraplenes, y de la ausencia de toda perturbación aparente en los puntos de los valles donde terminan de repente, pero queriendo con los defensores de la teoría lacustal, explicar la limitación de los terraplenes á ciertos valles y su ausencia en los valles contiguos donde sin embargo las rocas son de la misma composición y la pendiente del suelo muy semejante, Agassiz y Buckland han supuesto que los valles estaban en otro tiempo flanqueados por enormes neveras que descendían del Ben-Nevis y que estos habían dado origen á los lagos que se designan en Suiza y en el Tirol con el nombre de lagos ne neveras. Después de cierto tiempo la barrera de hielo habría llegado á romperse ó á derretirse primero á nivel del segundo terraplen y después al del terreno.

En apoyo de esta hipótesis, los mismos sabios han pretendido, que el aluvion de Glen-Roy y de otras partes de la Escocia, concuerda por su carácter con las rocas de las neveras que se ven en los valles Alpinos de la Suiza. Mas adelante hablaremos de la antigua existencia de neveras que se ven en los Grampianos, y en esta ocasión, concederemos de buen grado que esta hipótesis explica mucho mas fácilmente que todas las teorías lacustales anteriores la existencia temporal y la desaparición completa de inmensas barreras transversales, aunque la altura supuesta de estas barreras de nieve sorprende admirablemente la imaginación.

Antes que esta hipótesis hubiese sido enunciada Darwin había examinado á Glen-Roy y emitido la opinión de que los terraplenes paralelos, estaban ya formados en un tiempo en que los *glens* eran todavía brazos de mar, y que no había, pues, existido jamás allí, ninguna barrera marina. Según el parecer de este sabio la tierra se elevó en aquel punto por un movimiento lento y uniforme de alzamiento análogo al que se produce hoy día en una gran parte de la Suecia y de la Finlandia; pero hubo en esta elevación ciertas detenciones y las aguas del mar quedaron estacionarias durante un número de siglos bastante considerable para permitir la acumulación de una cantidad extraordinaria de detritus, y la excavación en algunos puntos de la roca, sólida, de rebajos profundos y escarpados muy pendientes.

Los fenómenos que concuerdan mas difícilmente con esta teoría, son en primer lugar, la terminación repentina de los *parallel roads* en ciertos puntos en los diferentes *glens*, y en segundo lugar, su número desigual en algunos valles que se enlazan unos con otros; existen, por ejemplo, tres en el Glen-Roy, y uno solamente en el Glen-Spean; en tercer lugar, la horizontalidad perfecta de nivel que conserva el mismo *road* en una longitud de algunos kilómetros, la que obliga á suponer que mientras se verificó una elevación de 380 metros, ninguna porción de la tierra, ha escedido ni aun algunos metros al movimiento ascendente de las otras; en cuarto lugar, la coincidencia que hemos señalado ya entre el nivel de cada *road* y el de un col ó vértice comun de dos cañadas punto de partida de las aguas de lluvia. Esta última circunstancia mencionada en la geografía física de Lochaber, parece explicada de una manera suficiente por Darwin. Llama á estas alturas *estrechos de tierras* y las considera como antiguos estrechos situa-

dos entre islas. Esta clase de estrechos como hace notar dicho sabio manifiestan una tendencia tanto mayor á llenarse de fango, cuanto mas angostos son. En un mapa de las islas de Falkland, se ven varios ejemplos de estrechos en que la longitud de la sonda disminuye á medida que se avanza hacia la parte menos ancha. Uno de ellos tiene tan poca profundidad que se puede andar por él en baja marea; otro que ya no está cubierto por el mar parece haber quedado en seco muy recientemente á consecuencia de algun cambio ligero en el nivel relativo de la tierra y del mar. Otros estrechos semejantes que por su carácter son un término medio entre la tierra y el mar, existen en las Hébridas, por ejemplo, en el paso que separa las islas de Lewis y de Harris, y en el que se encuentra entre North-Vist y Bembécula; si el mar bajara aparecerían sin duda como cols coincidiendo con un terraplen ó ribazo levantado en torno de estas islas.

La primera de las dificultades que hemos encontrado, es decir, la no extensión de los terraplenes paralelos en ciertas partes de los *glens*, puede explicarse según Darwin, suponiendo que en ciertos puntos el rápido desarrollo de un espeso césped habría impedido á la lluvia arrastrar todas las materias móviles que cubrían la superficie; mientras que donde la formación de un prado se ha verificado con lentitud, el guijo ha tenido tiempo de ser arrastrado. Entre los dos terraplenes superiores se observa un terraplen intermedio de solo un kilómetro de longitud en la vertiente de la montaña llamada Trombran y no se le ve ya en ninguna otra parte. Se presenta en el punto donde se encontraba el espacio mas largo de agua, punto en el cual quizá las olas adquirieron un poder mas considerable que en otras partes para amontonar detritus.

En cuanto á la horizontalidad perfecta de los *roads* paralelos de Lochaber en una superficie de algunos miriámetros de longitud y anchura, suscita una dificultad comun hasta cierto punto á todas las hipótesis rivales que ponen en juego, una los lagos, otra las neveras y otra una simple elevación de la tierra sobre el nivel del mar. No podemos suponer que los *parallel roads* sean mas antiguos que el período de las neveras ó que el de la formación de transporte de Escocia, de que hablaremos mas adelante. En Escocia se han encontrado capas de esta época, de origen marino y conteniendo conchas de especies que existen hoy en el Norte, de estas capas unas se hallan en la costa oriental y otras en la occidental á alturas que varían desde 6 á 120 metros. En un punto particular del Lanarkshire se han observado á mas de 150 metros sobre el nivel de las aguas mas altas. Ahora bien, parece enteramente imposible que el Glen-Roy haya escapado enteramente al movimiento de elevación que experimentaron tantas otras regiones vecinas, y que se nos revela por la posición de esos depósitos marinos en que las conchas son casi todas de especies recientes conocidas. Pero si este movimiento se ha extendido al Glen-Roy y á los *glens* contiguos, ha debido elevarlos todos juntos y sin afectar su horizontalidad, admitido esto, la principal objeción á la teoría de los ribazos marinos fundada en la uniformidad de la elevación, cae por sí misma ó por lo menos elaza todas las teorías que han sido propuestas hasta hoy.

Admitir que el Océano haya bajado desde el nivel del terraplen mas elevado, es decir 380 metros simultáneamente en toda la superficie del globo mientras que la tierra ha permanecido estacionaria, es una opinión que no puede encontrar apoyo sino entre muy pocos geólogos, y ya hemos dado las razones anteriormente.

Pero este resumen de la cuestión empeñada acerca de la formación de estos curiosos terraplenes, el lector ha comprendido ya que el problema como otros muchos en geología no se halla resuelto sino en parte, y que para juzgar definitivamente esta cuestión, es necesario recoger y examinar mayor número de hechos.

CAPITULO VIII.

CLASIFICACION CRONOLÓGICA DE LAS ROCAS.

En el primer capítulo de este tratado hemos establecido cuatro grandes clases de rocas: acuosas, volcánicas, plutónicas y metamórficas; hemos dicho que debían ser consideradas cada cual, no solo bajo el aspecto de sus caracteres mineralógicos, y de su origen sino también bajo el de su edad relativa. En cuanto al de las rocas acuosas en particular, hemos visto que estaban estratificadas; que unas eran calcáreas, otras arcillosas ó silíceas; algunas compuestas de arena, y otras de piedras; que algunas contenían fósiles de agua dulce; otras fósiles marinos, y así de las demás.

La edad de las formaciones fosilíferas es más fácil de determinar que la de cualquier otra clase de formaciones. El método más conveniente y más natural consiste en establecer primero una cronología de estas formaciones, después referir en lo posible á las mismas divisiones los diferentes grupos de rocas plutónicas, volcánicas, ó metamórficas. Este sistema de clasificación se recomienda no solo por su gran claridad y la facilidad que ofrece á las aplicaciones, sino también por la manera con que sorprende la imaginación desenvolviendo el cuadro de las revoluciones contemporáneas, de las creaciones inorgánicas y orgánicas de las primeras edades.

Pero antes de examinar por orden de edad las subdivisiones de las rocas acuosas será bueno decir algunas palabras acerca de la cronología de las rocas en general, aunque procediendo de este modo nos exponemos inevitablemente á tocar á ciertas clases de fenómenos que todavía no se pueden comprender del todo.

Por mucho tiempo se ha considerado como cierto, que familias enteras de rocas, tales como las rocas plutónicas, y los esquistos cristalinos metamórficos habían debido empezar y acabar antes que todos los otros miembros del orden de las rocas acuosas y volcánicas. Aunque esta opinión se haya modificado con el tiempo, y hoy esté casi abandonada, es sin embargo necesario dar aquí algunas explicaciones sobre esta antigua doctrina, á fin de hacer conocer el manantial y origen de ciertas teorías que han prevalecido sucesivamente y una parte de la nomenclatura geológica que hoy está todavía en uso.

Hacia mediados del siglo último un minero alemán Lehmann propuso dividir las rocas en tres clases: la primera con el nombre común de rocas primitivas comprendía las más antiguas, las hipogénas ó plutónicas y metamórficas; la clase siguiente rocas secundarias, comprendía las capas acuosas ó fosilíferas; la tercera correspondía á nuestro aluvion tanto antiguo como moderno, y el autor lo atribuía á inundaciones locales y al diluvio de Noé. En la clase de las rocas primitivas, decía, en los granitos y el gneiss, por ejemplo, no se encuentran restos orgánicos en indicios de materias procedentes de la destrucción de rocas anteriores; su origen ha podido ser puramente químico anterior á la creación de los seres vivos y probablemente contemporáneo del principio mismo del mundo. Por el contrario, las formaciones secundarias que contienen frecuentemente arena, cantos rodados y restos orgánicos, han debido ser depositadas mecánicamente y se han producido después que nuestro planeta hubo empezado á servir de morada á los animales y á las plantas. Esta generalización atrevida aunque ya anunciada por Stenon en Italia un siglo antes, fue un paso importante en los progresos de la geología, y ofreció á la clasificación de las rocas una especie de modelo exacto de algunas de sus divisiones principales. Cerca de medio siglo más tarde Werner tan justamente célebre por la excelencia de los métodos que imaginó para

distinguir los caracteres mineralógicos de las rocas, se encargó de perfeccionar la clasificación de Lehmann y bajo el nombre de formaciones de transición, intercaló una cuarta clase entre los terrenos primitivos y los secundarios. Había descubierto entre estos dos últimos terrenos en el Norte de Alemania una serie de capas que bajo el aspecto de sus particularidades mineralógicas ofrecían un carácter intermedio participando hasta cierto punto de la naturaleza cristalina del micaquistó y del esquisto arcilloso aun cuando mostraran en diferentes puntos indicios de un origen mecánico y restos orgánicos. Para este grupo que formaba un paso entre las rocas primitivas y secundarias de Lehmann, propuso Werner el nombre de *ubergang* ó *transición*; el nuevo terreno se componía en parte de lechos calizos principalmente de grés y de esquistos arcillosos llamados *grauwackes*. En el distrito donde Werner hizo sus primeras investigaciones, las capas primitivas y las de transición se encontraban muy inclinadas, mientras que las capas de rocas fosilíferas más modernas ó rocas secundarias de Lehmann eran horizontales. A estas últimas les dió Werner el nombre de *stoz* ó tabla de nivel y designó todos los depósitos más modernos que la creta colocada por él á la cabeza de la serie del *stoz*, con el nombre de *tierras superiores inundadas*, expresión que se puede considerar como equivalente de aluvion, aun cuando comprendiera todas las capas que posteriormente se llamaron terciarias, y sobre las cuales no tuvo Werner más que ideas muy imperfectas. Pero los geólogos que siguieron á Werner no tardaron en observar que la posición inclinada de las capas de transición y la horizontalidad del *stoz* ó capas fosilíferas más modernas eran simples accidentes locales; pronto abandonaron la expresión de *stoz* y las cuatro divisiones de la escuela de Werner recibieron los nombres de *terrenos primitivos de transición, secundario y aluvial*.

En cuanto á las rocas trapecanas aunque su origen ígneo hubiera sido ya demostrado por Arduino, Fortis, Faujas y especialmente por Desmarest, Werner continuó considerándolas como de origen acuoso y como simples miembros subordinados en las series secundarias.

Esta teoría fue llamada *teoría neptuniana*, y durante muchos años tuvo gran popularidad. Admitía que el globo había estado primitivamente envuelto en un océano caótico universal que tenía todos los elementos de la roca en disolución. De las aguas de este océano se había precipitado, primero el granito, el gneiss, y las demás formaciones cristalinas; después cuando las aguas desembarazadas de estas materias adquirieron mayor semejanza con las de nuestros mares actuales, se depositaron á su vez las capas de transición. Estas capas habían tomado caracteres mixtos; no eran de formación puramente química, porque las olas y las corrientes habían ya empezado á arrastrar tierra sólida y á producir piedras, arena y hierro; tampoco estaban enteramente desprovistas de fósiles, porque algunos de los primeros animales marinos habían empezado á existir. Después de este período las formaciones secundarias se habían acumulado en aguas parecidas á las del océano actual excepto en ciertos intervalos en que por causas que no se explicaban se había verificado una renovación parcial del fluido caótico, durante el cual se formaron las diferentes rocas trapecanas, algunas muy cristalinas. Esta hipótesis gratuita desechaba toda intervención de la acción ígnea, los volcanes eran considerados como fenómenos modernos, accidentes parciales y superficiales de importancia ligera en comparación de las grandes causas que habían modificado la estructura exterior del globo.

Mientras tanto Hutton, contemporáneo de Werner, empezaba á demostrar en Escocia, que el granito y el

trapp eran de origen ígneo, y en diferentes épocas se habían esparcido en estado fluido en las diversas partes de la corteza de la tierra. Reconoció y describió muy exactamente varios fenómenos de los filones graníticos y las alteraciones que habían producido en las capas invadidas, de cuyo asunto se tratará más adelante. Existe además la opinión de que las capas cristalinas llamadas primitivas, no habían sido precipitadas de las aguas de un océano primordial, sino que eran capas sedimentarias alteradas por el calor. En los escritos de Hutton, y por consiguiente, en los de su comentador Playfair, se encuentra el germen de la teoría metamórfica.

Ya hemos dicho algunas palabras acerca de ella en el capítulo primero; será expuesta con más latitud en los siguientes. Finalmente, después de muchas controversias, la doctrina del origen ígneo del trapp y del granito adquirió un partido general, pero aunque se admitió como consecuencia que las dos rocas, granito y trapp, habían sido producidas en varias épocas sucesivas, los epítetos de *primitivas* ó *primarias* continuaron aplicándose á las formaciones cristalinas en general, ya estuvieran estratificadas como el gneiss, ó no estratificadas como el granito. Se enseñó en las escuelas que el granito era una roca primaria; pero que algunos granitos eran más modernos en ciertas formaciones secundarias, y para conformarse con el espíritu del antiguo lenguaje que tenían naturalmente que conservar, los profesores procuraron atenuar la importancia de estos granitos más modernos, cuyas verdaderas fechas venían á descubrir á cada instante las nuevas observaciones.

Se vió persistir una tendencia no menos pronunciada á conservar el uso del término *transición* aun después de probar que esta palabra era tan dudosa en su aplicación primera como la de *stoz*. La palabra *transición*, como hemos dicho, fue usada la primera vez por Werner con objeto de designar un carácter mineralógico intermedio entre el estado esencialmente cristalino ó metamórfico y el de una roca fosilífera ordinaria. Pero esta expresión adquirió también en un principio un significado cronológico por la aplicación que de ella se hizo á formaciones sedimentarias que en el Hartz y en otras partes de Alemania se encontraban más antiguas que las menos recientes de la serie secundaria y estaban además caracterizadas por fósiles particulares zoófitos y conchas. Cuando más adelante encontraron los geólogos en otros distritos rocas estratificadas que ocupaban la misma posición y contenían fósiles semejantes, les dieron, en conformidad con las reglas que explicaremos en el capítulo inmediato, el nombre de *rocas de transición*, aunque no ofrecieran siempre la misma testura mineral que las que Werner había designado con la palabra *transición*. Algunas de ellas por el contrario, no eran más cristalinas que diferentes miembros de la clase de las rocas secundarias, mientras que otras presentaban algunas veces una testura semicristalina y casi un aspecto metamórfico, de modo que merecían igualmente bajo el aspecto litológico, el nombre de rocas de transición. Esta circunstancia era tan palpable en los Alpes de la Suiza, que ciertas rocas clasificadas muchos años antes por algunos de los más hábiles discípulos de Werner entre las rocas de transición, pasaron á ser desde que se conoció mejor su posición relativa y sus fósiles, parte de las formaciones más modernas de los grupos secundarios, y aun hoy día se ha llegado á descubrir que algunas de estas rocas pertenecen á la serie terciaria inferior. Si en este caso particular se hubiera conservado el nombre de *transición*, es claro que hubiera debido aplicarse sin relación á la edad de las capas, y simplemente como expresión de una particularidad mineralógica. La aplicación que se continúa haciendo de esta palabra á formaciones de una fecha dada, condujo á los geólogos á pensar que las antiguas

capas comprendidas bajo esta denominación, se parecían menos á las formaciones secundarias, que lo que se parecen en realidad, y á imaginar que estas últimas formaciones no pasaban nunca á las rocas metamórficas como lo hacen frecuentemente.

Para conciliar las antiguas ideas sobre la cronología de las formaciones con la nueva doctrina del origen ígneo del granito, se substituyó la hipótesis siguiente, á la de los neptunistas. Se ha supuesto que las materias que componen la costra actual de la tierra, en lugar de empezar por una disolución acuosa ó un fluido caótico, habían estado en un principio en un estado de fusión ígnea, hasta el momento en que, habiéndose difundido una parte del calor en el espacio vecino, la superficie del fluido se solidificó y formó una costra de granito.

Esta envoltura de rocas cristalinas, que más adelante adquirió un espesor cada vez mayor á medida que se fue enfriando, se hallaba en un principio á una temperatura tan elevada, que el agua no podía existir en su superficie; pero á medida que el sufrimiento aumentó, el vapor acuoso contenido en la atmósfera se condensó, y cayendo en forma de lluvia, dió origen al primer océano *terral*. El calor de aquel mar hirviente era tal, que ningún ser acuático hubiera podido habitar sus aguas; y los depósitos que se formaron en él, no solo se hallaron desprovistos de fósiles, sino que tomaron como los de algunas fuentes calientes una estructura cristalina bien caracterizada. De aquí el origen de las capas primarias cristalinas de gneiss, micaquistó y otras.

Cuando posteriormente la capa granítica fue rota en parte, tierras y montañas empezaron á elevarse sobre la superficie de las aguas; las lluvias y los torrentes desegregaron las rocas, y dieron origen á los sedimentos que se depositaron en el fondo de los mares. Aun cuando no fuera bastante intenso para impedir la aparición y el desarrollo de algunos seres vivos, el calor que aun subsistía en el seno de la base sólida, era suficiente para aumentar la acción química ejercida por el agua, y durante este estado de cosas tuvo lugar la precipitación de una parte de los elementos mineralógicos que quedaron en el Océano primordial; de aquí resultaron depósitos (capas de transición de Werner) formados por la vía, mitad química y mitad mecánica, y que contuvieron algunos fósiles.

Esta nueva teoría, que no era en parte más que una resurrección de la doctrina de Leibnitz, publicada en 1680, sobre el origen ígneo de nuestro planeta, mantenía las antiguas ideas sobre la formación de las rocas cristalinas antes de toda aparición de los seres vivos, y con ella se perpetuó la opinión errónea de que todas las rocas semi-cristalinas y fosilíferas en parte pertenecían á un período distinto, mientras que las formaciones terrosas y no cristalinas databan de una época más reciente.

Puede ser cierto, como puede ser falso según lo ha pensado Leibnitz, que nuestro planeta se haya encontrado en otro tiempo en un estado de liquidación ígnea; pero no existe ciertamente ninguna prueba geológica de que el granito que constituye la base de una porción tan grande de la costra terrestre, se haya encontrado en un estado de fusión universal. Todo hace creer, por el contrario, que la formación del granito, lo mismo que el depósito de las rocas estratificadas, ha sido sucesiva, y que diferentes porciones de este granito no han estado en fusión sino en épocas muy distintas y frecuentemente lejanas. Tal masa se ha solidificado, y ha sido rota antes que otra masa de materia granítica haya sido inyectada en la primera ó la haya atravesado en forma de filones. Algunos granitos son más antiguos que ninguna de las rocas fosilíferas; otros son secundarios, y algunos, como el del monte Blanco, y de una parte de la cordillera central de los Alpes, son de origen terciario. En una

palabra, la fluidez universal de los cimientos cristalinicos de la costra terrestre, no pueden tenderse sino en el sentido de la universalidad del antiguo Océano. Todas las tierras han estado bajo el agua, pero no todas lo han estado al mismo tiempo; del mismo modo todas las rocas subterráneas no estratificadas hasta las cuales podemos llegar, se han hallado en estado de fusion, pero cada una en tiempos diferentes.

En este tratado, las cuatro grandes clases de rocas, acuosas, plutónicas, volcánicas y metamórficas, formarán cuatro columnas paralelas ó casi paralelas reunidas en un cuadro cronológico. Se considerarán como cuatro órdenes de monumentos, que se refieren á cuatro series de acontecimientos contemporáneos, ó casi contemporáneos. Al tratar de las rocas plutónicas procuraremos hacer comprender cómo ciertas masas que pertenecen á cada una de las cuatro clases de rocas, han podido producirse simultáneamente en cada período geológico, y como desde tiempos muy remotos, la costra terrestre ha podido modificarse continuamente en su forma por encima y por debajo bajo la influencia de las causas acuosas y de las causas ígneas. Así como se forman hoy capas acuosas y fosilíferas en ciertos mares y ciertos lagos, mientras que en otros puntos se ven aparecer rocas volcánicas salidas de los reservorios de materias fundidas que existen á grandes profundidades de las entrañas de la tierra; del mismo modo en cada época del pasado, se han producido en la superficie depósitos fosilíferos y rocas ígneas en concurrencia con otros depósitos subterráneos y de origen plutónico, al mismo tiempo que ciertas capas sedimentarias, sometidas á la acción del calor, han adquirido una estructura cristalina ó metamórfica.

No puede asegurarse que durante todos estos cambios, la costra sólida de la tierra haya aumentado en espesor. Se ha demostrado, que en lo que concierne á la acción acuosa, lo ganado por los depósitos de agua dulce, y lo perdido por la desnudación, se ha compensado en cada período; lo mismo ha debido suceder para la porción inferior de la costra terrestre, y el beneficio en nuevas rocas cristalinas en cada época sucesiva; no ha hecho mas que contrabalancear la pérdida que resultaba de la fusion de las materias anteriormente solidificadas. En cuanto á la antigüedad relativa de los cimientos cristalinicos de la costra terrestre, comparado con el de las rocas fosilíferas y volcánicas que sostienen, hemos probado ya que el formular una opinion sobre este asunto, es tan difícil, como decidir si en una ciudad antigua edificada sobre estacas, son mas antiguos los cimientos ó los edificios. Hemos visto que para responder á esta pregunta, se necesitaba en primer lugar poder decir si el trabajo de destruccion y reparacion se habia verificado mas rápidamente arriba ó abajo; si la duracion de las estacas habia excedido á la de las construcciones de piedra, ó habia sido menor. Lo mismo sucede respecto á la edad relativa de las porciones superior é inferior de la costra terrestre; no se puede aventurar ni aun una simple conjetura, hasta saber si el agua que obra por encima ó el calor que obra por debajo, es el mas eficaz, para dar nuevas formas á la materia sólida.

Después de las observaciones que preceden, el lector comprenderá que se puede renunciar enteramente á la palabra *primario*, ó que en caso de conservarse, se debe definir de diferente modo, y no usarla para designar un grupo de rocas cristalinas, algunas de las cuales son ciertamente mas recientes que ninguna de las formaciones secundarias. En este tratado se seguirá casi constantemente, el método propuesto por Boué, que reúne bajo el nombre de *primarias*, todas las rocas *fosilíferas*, mas antiguas que las secundarias. Para evitar la confusion usaremos algunas veces, explicando estas últimas, el nombre de formaciones *primarias fosilíferas*, porque la palabra *primaria* ha

expresado generalmente hasta hoy, la idea de una roca no fosilífera. Con el mismo objeto, ciertos geólogos, conservando las expresiones secundario y terciario, han sustituido á la palabra *primario* la de *paleozoico* (de *παλαιός*, antiguo, y *ζωον*, ser organizado). Phillips, por espíritu de uniformidad, ha propuesto para secundario la palabra *mesozoico*, (derivada de *μεσος*, medio, etc.), y para terciario *caínico* (de *καινος*, reciente, etc.); pero las palabras *primario*, *secundario* y *terciario*, son sinónimas de las anteriores, y tienen en su favor el derecho de prioridad.

Toda roca plutónica, volcánica ó metamórfica, que probemos ser mas antigua que las formaciones secundarias, será, pues, para nosotros una roca *primaria*. Boué, que con razon ha excluido como clase de las formaciones primarias las rocas metamórficas, ha propuesto llamarlas *esquistos cristalinicos*.

Así como hay capas fosilíferas secundarias, así tambien existen rocas plutónicas, volcánicas y metamórficas, contemporáneas de las anteriores; las aplicaremos el nombre de secundarias.

En el capítulo inmediato haremos ver que las capas superiores á la creta, han sido llamadas terciarias. Si descubrimos, pues, algunas rocas volcánicas, plutónicas ó metamórficas, que hayan sido engendradas después del depósito de la creta, las colocaremos tambien entre las formaciones terciarias.

Se objetará, quizá, que ciertas capas metamórficas y algunos granitos, son anteriores á las rocas fosilíferas primarias mas antiguas. Esta opinion es sin duda fundada, y será examinada en los capítulos siguientes; pero conviene observar aquí que cuando exponamos en una tabla cronológica las cuatro clases de rocas en cuatro columnas paralelas, no pretendemos que estas cuatro columnas sean de igual longitud; una de ellas puede empezar mas abajo, y otra mas arriba. En la corta porción del globo que se ha reconocido hasta hoy, es difícil que se hayan descubierto los miembros mas antiguos y mas modernos de cada una de las cuatro clases de rocas. Así, sabemos que existen rocas primarias, secundarias y terciarias de la clase de las que han sido formadas por el agua ó que son fosilíferas, é igualmente formaciones primarias, secundarias y terciarias hipogénas, pero no podemos conocer aun las mas antiguas de las capas primarias fosilíferas, ó las mas modernas de las capas hipogénas.

CAPITULO IX.

DE LAS DIFERENTES EDADES DE LAS ROCAS ACUOSAS.

En el último capítulo hemos hablado de una manera general de las relaciones cronológicas de las cuatro grandes clases de rocas, al presente vamos á tratar de las rocas acuosas en particular ó de los períodos sucesivos durante los cuales se han depositado las diferentes formaciones fosilíferas.

Tres caracteres principales pueden servir para determinar la edad de un grupo de capas; primero, la superposición; después, el carácter mineralógico, y por último, los restos orgánicos. Una cuarta especie de carácter puede ofrecer tambien algunos datos: este es, el que existan en el seno de un depósito fragmentos pertenecientes á una roca anterior: este carácter permite establecer la edad relativa de las dos rocas, aun á falta de otro testimonio.

SUPERPOSICION. Para determinar la edad de un depósito acuoso comparativamente con la de otro del mismo género, el principal carácter es la posición relativa. Ya hemos dicho que en una serie de capas horizontales, la primera empezando por arriba era la mas moderna, y la última la mas antigua. La serie de

formaciones sedimentarias, son, como los tomos sucesivos de una historia, que cada escritor después de haber trazado los acontecimientos de su siglo, hubiera colocado sobre el tomo que contuviera los anales del período anterior, de manera que la última página se encontraría encima. De este modo se formaría con el tiempo un alto monton de crónicas, y su posición bastaría para indicar el orden y sucesión de los acontecimientos que en ellas se refirieran.

Existen, sin embargo, regiones en que, como hemos dicho, las capas han sido descompuestas, dislocadas, y algunas veces enteramente trastornadas; pero un geólogo experimentado, no se deja extraviar fácilmente por estos casos excepcionales. Cuando encuentra capas fracturadas, encorvadas, inclinadas ó verticales, sabe de antemano que necesita buscar el orden primitivo de superposición, y procura encontrar en algun distrito de la inmediación, cortes en que las capas hayan permanecido horizontales ó muy ligeramente inclinadas. Solo después de haberlo conseguido conoce el verdadero orden de sucesión de la serie de los depósitos y posee la clave que establece la cronología de las capas aun en los puntos en que la alteración ha sido considerable.

CARÁCTER MINERALÓGICO. Si las capas que forman las rocas no han sido alteradas, estas conservan frecuentemente un carácter mineralógico en una extensión de algunos kilómetros y aun de algunos centenares de kilómetros, en el sentido horizontal; pero en el sentido vertical ó en cualquiera dirección oblicua á los planos de estratificación esta identidad cesa casi inmediatamente y no se puede penetrar en la masa estratificada á la profundidad de algunos centenares de metros, sin encontrar una sucesión de capas muy diferentes, unas de grano fino y otras de grano grueso; algunas de origen mecánico, otras de origen químico; aquí la roca es caliza, allí arcillosa, mas allá silicea. Esta circunstancia conduce á deducir que los ríos y los torrentes han esparcido el mismo sedimento en extensas superficies, durante el mismo período geológico; pero que en épocas sucesivas han depositado en una región dada, materias muy diferentes. Los primeros observadores han sido tan sorprendidos por las grandes extensiones en que se puede seguir la misma roca homogénea, que sin vacilar han deducido que el globo entero estaba cubierto por una sucesión de formaciones acuosas distintas, dispuestas alrededor del núcleo del planeta, como las capas concéntricas de una cebolla. Pero aunque en realidad, algunas formaciones sean continuas en superficies tan extensas como la mitad de Europa y aun mas, la mayor parte de ellas se hallan encerradas en límites mucho mas estrechos y cambian muy pronto de carácter litológico. Algunas veces se adelazan gradualmente como si el sedimento hubiera disminuido, ó acaban de repente como si hubieran llegado á la orilla del antiguo mar ó lago que les servía de receptáculo. Tampoco es raro verlas variar de aspecto mineralógico y de composición en el sentido horizontal. Por ejemplo, una caliza podrá en una longitud de 150 kilómetros volverse cada vez mas arenácea hasta pasar al estado de arena ó al de gres; y á su vez este gres cuya continuidad con la caliza indica que es de la misma edad, se continuará en una extensión semejante ó quizá mayor.

RESTOS ORGÁNICOS. Este carácter puede utilizarse como criterio de la edad de una formación, ó del origen contemporáneo de dos depósitos en puntos separados; sin embargo, se haran las mismas reservas que para el carácter mineralógico.

En primer lugar cuando se siguen las capas en la dirección de sus planos se pueden encontrar los mismos fósiles, sino en superficies ilimitadas, al menos en muy vastos espacios.

En segundo lugar, mientras que los mismos fósiles

dominan en un grupo particular de capas en una longitud de algunos centenares de kilómetros en el sentido horizontal, se encuentran rara vez los mismos restos en una profundidad de algunos metros, y muy rara vez en la de algunos centenares de metros al través de las capas. Este hecho ha sido demostrado en casi todas las partes del globo, y se ha deducido que en diferentes épocas, la misma superficie inundada ó seca, habia sido habitada por especies de animales y de plantas mas diferentes entre sí, que las que pueblan hoy dia los antípodas ó que existen en las zonas ártica, templada y tropical. Se habrían verificado desde los tiempos mas remotos, apariciones sucesivas de nuevas formas preexistentes; algunas especies se habrían mantenido mas largo tiempo, otras habrían tenido una duracion mas corta, pero ninguna habria reaparecido después de haber sido destruida. La ley que habria regido la creación y la destruccion de las especies, parece expresada en este verso de Ariosto:

natura il fece, e poi rompe la stampa

«la naturaleza le creó y después rompió el molde.»

Esta circunstancia da á los fósiles un gran valor como carácter cronológico, concediendo á cada uno de ellos la autoridad que pertenece en la historia á las medallas contemporáneas de los acontecimientos.

No se puede decir otro tanto de cada variedad particular de rocas, algunas, por ejemplo, la marga roja y el gres rojo, se encuentran á la vez en la cumbre, en la base y en el medio de la serie sedimentaria, y muestran en cada uno de estos puntos una identidad tan completa, que apenas se las puede distinguir. Sin embargo, como rara vez se han verificado repeticiones tan exactas de las mismas materias de sedimento en épocas sucesivas en un mismo punto del globo, aun en los sitios en donde se han producido, hay poco peligro de confundir las épocas de los depósitos, si se pueden estudiar los fósiles y la posición relativa de las capas.

Hemos hecho notar que las mismas capas de restos orgánicos, no podían continuarse horizontalmente, es decir, en la dirección de los planos de estratificación en superficies infinitas; la analogía exigía que fuese así, por que cuando se examina la distribución actual de los seres vivos, se encuentra que la superficie habitable del mar y de la tierra se haya dividida en un número considerable de provincias distintas, cada cual poblada por un conjunto particular de animales y de plantas. En algunas obras de geología se ha procurado determinar la extensión y el origen probable de estas circunscripciones; se ha demostrado que el clima no era mas que una de las muchas causas que las producen y que la diferencia de longitud como la de latitud, iba generalmente acompañada de una diferencia de especies indígenas.

Si pues, los diferentes mares ó lagos están habitados durante un mismo período por especies diferentes de animales y de plantas acuáticas, y si las tierras inmediatas están pobladas asimismo de especies terrestres distintas, es indudable que se podrán encontrar fósiles distintos, sepultados en depósitos contemporáneos. Si así no fuese, si las mismas especies abundaran en cada clima y en cada parte del globo donde se encontraran reunidas, la correspondencia de temperatura y las otras condiciones favorables á su desenvolvimiento, la determinación de la contemporaneidad de las masas minerales por medio de sus contenidos orgánicos, ofrecería mucha mas certeza.

Sin embargo, la extensión de ciertas provincias zoológicas particulares especialmente de las que son habitadas por animales marinos, es hoy dia muy considerable; nuestros descubrimientos geológicos han