

y de agua dulce no formarían quizá más de una sexta parte.

Casi todas las conchas bivalvas, tales como las de los moluscos acéfalos, son marinas; solo 10 géneros entre 90 son de agua dulce. Entre estos últimos los cuatro más comunes ya en estado vivo, ya fósil, son: el *Cyclas*, *Cyrena*, *Unio*, y *Anodonta*. Los dos primeros y los dos últimos géneros presentan afinidades tales que pasan casi insensiblemente uno á otro.

Lamarck ha dividido los moluscos bivalvos en *Di-miarios*, que tienen anchas impresiones musculares en cada valva, como *a b* en el *Cyclas* (fig. 17) y *Monomiarios*, tales como la ostra y la pechina, en los cuales no existe más que una de estas impresiones (fig. 18). Ahora bien, como ninguna de estas últimas conchas ó bivalvas unimusculares es de agua dulce, se podrá deducir que un depósito en el cual no se descubra indicio alguno de ellos, será marino.

Las conchas univalvas más características de los depósitos de agua dulce, son: *Planorbis*, *Limnea*, y *paludina*. A estas se añaden habitualmente, los *Physa*, *Succinea*, *Ancylus*, *Valvata*, *Melanopsis*, *Melania* y *Neritina*.

Respecto á una de las últimas, el *Ancylus*, Gray observa, que algunas veces no difiere de la *Siphonaria* marina, por otro carácter que el del animal. Sin embargo, la concha del *Ancylus* es ordinariamente más pequeña.

Algunos naturalistas comprenden la *Neritina* y la *Nerita* marina en el mismo género, por la razón de que rara vez es posible distinguir estas dos conchas entre sí por buenos caracteres genéricos. Pero por regla general, las especies de río son más pequeñas, más lisas y más globulosas que las marinas, y nunca presentan como las *Neritas* el borde interno del labio exterior dentado ó acanalado.

Algunos géneros entre los cuales se puede citar el *Cerithium* como más abundante, son comunes á un mismo tiempo á los ríos y al mar, y producen especies particulares en uno y otro de estos elementos. Otros géneros, como el *Auricula*, son anfibios, habitan los pantanos, especialmente en la vecindad del mar.

Las conchas terrestres son todas univalvas. Los géneros más abundantes que ofrecen, son ya en estado vivo, ya fósil, los *Helix*, *Cyclostoma*, *Pupa*, *Clausilia*, *Bulimus*, y *Achatina*; estos dos últimos géneros se parecen mucho y pasan insensiblemente de uno á otro.

La *Ampullaria* es otro género de concha que en las regiones cálidas habita los ríos y los estanques. Diferentes especies fósiles han sido referidas á este género, pero se han encontrado principalmente en las formaciones marinas, y algunos conchiliólogos sospechan que pertenecen á la *Natica* ó á otros géneros marinos.

Todas las conchas univalvas de especies terrestres ó de agua dulce á excepción de la *Melanopsis* y de la *Achatina*, que es ligeramente dentada, tienen la boca entera; esta circunstancia puede servir de regla para distinguir una capa de agua dulce de una capa marina porque si en un depósito se encuentran algunas conchas cuya boca no sea entera, se puede presumir que este depósito es marino.

La abertura se llama entera en la *Ampullaria* y las conchas de agua dulce cuando su contorno no está interrumpido por dientes ó escotaduras, tales como las muestra en *b* la *Aneyllaria* ó no se prolonga en una canal como lo presenta en *a* el *Pleurotoma*.

La boca en un gran número de estos univalvos marinos, presenta escotaduras ó canales, y casi todas las especies son carnívoras, mientras que la mayor parte de los testáceos que tienen la boca entera, se alimentan de plantas, ya sean sus especies marinas, de agua dulce ó terrestres.

Un género, sin embargo presenta una excepción accidental á una de las reglas aquí establecidas. El *Cerithium* aunque provisto de una canal corta comprende algunas especies que habitan el agua salada, otras que habitan aguas salobres, y otras que buscan las aguas dulces, todas según parece se alimentan de plantas.

Entre los fósiles que son muy comunes en los depósitos de agua dulce, se citan los *Cypris*, crustáceos muy pequeños provistos de una concha que se parece mucho á la de los moluscos bivalvos. Muchas especies pequeñas y vivas de este género habitan en los lagos y estanques en Inglaterra, pero sus conchas no son si se consideran aisladamente características del origen de un depósito de agua dulce, porque la mayoría de las especies de otro género del mismo orden que tiene con ellas bastante afinidad, las *Cytherinae* de Lamarck habitan el agua salada, y aunque el animal sea un poco diferente del de los *Cypris* su concha se distingue difícilmente de la de estos últimos crustáceos.

Los receptáculos de la semilla (sporangios) y los tallos del *Chara* sean de plantas acuáticas se encuentran con mucha frecuencia en las capas de agua dulce. Antes de conocer su verdadera naturaleza estos receptáculos eran designados con el nombre de *Girogonitas* y se las tomaba por conchas de foraminíferos (véase la figura 45 a).

Los *charas* habitan el fondo de los lagos y de los estanques, y prefieren sobre todo las aguas cargadas de carbonato de cal. Los receptáculos están cubiertos de un tegumento coriáceo capaz de resistir á la descomposición, circunstancia á la cual se debe atribuir su abundancia en estado fósil. La figura 46 representa una de las nuevas y numerosas especies descubiertas por el profesor Amici en los lagos de la Italia del Norte. Los receptáculos en esta especie son más numerosos que en los *charas* de Inglaterra y por consiguiente se parecen mucho más en la forma á las especies fósiles extinguidas, encontradas en Inglaterra, Francia y otras comarcas. Se encuentran los tallos lo mismo que los receptáculos de estas plantas en las margas conchíferas recientes de las formaciones de agua dulce antiguas. Los tallos se componen generalmente de un ancho tubo rodeado de otros tubos más pequeños y dividido de trecho en trecho por estrangulaciones transversales. (Véase *b* en la figura 45).

No es raro observar en las capas que contienen conchas de agua dulce, impresiones de hojas y de ramas de árboles, al mismo tiempo que fajas de materias vegetales; también se encuentran á veces dientes y osamentas de cuadrúpedos terrestres de especies hoy desconocidas.

Los restos de peces sirven algunas veces para determinar el origen de las capas de agua dulce; ciertos géneros tales como la carpa, la perca, el sollo, la loja (*Cyprinus*, *Perca*, *Esox*, *Cobitis*) y también el *Lebias*, son peculiares del agua dulce. Otros géneros ofrecen á un mismo tiempo especies de agua dulce y especies marinas tales son: los *Cottus*, *Mugil* y *Anquilla*. Los otros géneros son comunes á los ríos y al mar, como el salmón y son exclusivamente característicos de las aguas saladas. Sin embargo, estas últimas observaciones sobre los peces fósiles son aplicables solamente á los depósitos más modernos ó terciarios; porque en las rocas más antiguas, las formas difieren de tal modo de las que presentan los peces hoy día, que es muy difícil, al menos en el estado actual de la ciencia, deducir de las *ichthyolitas*, el menor dato sobre el elemento en que las capas han sido depositadas.

La alternativa de formaciones marinas y de agua dulce, en grande ó pequeña escala, es un hecho bien demostrado en geología. Cuando se presenta en pequeña escala, se atribuye á la ocupación alternativa de ciertos espacios por una agua de río ó por el mar, porque en la estación de las inundaciones el río se adelanta en el Océano, y dulcifica sus aguas en una

grande extensión, y deposita su sedimento, después de lo cual el agua salada recobra su dominio y volviendo al sitio que ocupaba primitivamente le cubre de arena, de fango y de conchas marinas.

A la embocadura de muchos ríos, como el Nilo y el Mississipi, existen lagunas que están separadas de la mar por barras de arena, y que se llenan alternativamente de agua salada y de agua dulce. Estas lagunas durante meses, años y aun siglos, comunican exclusivamente con el río hasta que abriéndose una brecha en uno de los bancos de arena, son invadidas por la mar, y quedan durante largos períodos cubiertas de agua salada.

El Lym-Fiord, en el Jutland, nos ofrece un excelente ejemplo de un cambio de este género. En el transcurso de los últimos mil años, la extremidad Sur de esta embocadura que tiene cerca de 150 kilómetros de longitud, comprendidas sus prolongaciones ha sido cuatro veces alternativamente llena de agua dulce y salada; cada vez se ha producido entre ella y el Océano un banco de arena, y cada vez ha sido destruida. La última irrupción de agua salada tuvo lugar en 1824; el mar del Norte penetró, y todas las conchas de agua dulce, peces y plantas, perecieron; desde esta época hasta el día, el *Fucus vesiculosus*, las ostras y otros moluscos marinos, han sucedido á los *Cyclas*, *Limnea*, *Paludina* y *Chara*. Sin embargo estos cambios no podrían explicar más que algunos casos particulares de depósitos marinos de una extensión limitada, que reposan sobre capas de agua dulce. Cuando encontramos en el Sudeste de Inglaterra una serie considerable de capas de agua dulce de 300 metros de espesor, que descansan sobre formaciones marinas y cubiertas por otras rocas, tales como las rocas cretáceas que tienen más de 300 metros de espesor y presentan un origen marino tan marcado, sentimos la necesidad de buscar otras explicaciones para estos fenómenos.

CAPITULO IV.

CONSOLIDACION DE LAS CAPAS Y PETRIFICACION DE LOS FÓSILES.

Se han expuesto en los capítulos anteriores los caracteres de las formaciones sedimentarias, en cuanto á la distribución de los fósiles y al depósito de materias inorgánicas, resta tratar de la consolidación de las rocas estratificadas y de la petrificación de los restos orgánicos que se encuentran en ellas.

Depósitos químicos y mecánicos. Los geólogos han establecido una distinción entre los depósitos químicos y los depósitos de origen mecánico. Por estos últimos han querido designar los lechos de fango, de arena y de cantos, producidos por la acción del agua corriente, así como la acumulación de piedras y escorias lanzadas de los volcanes y caídas por su propio peso en el sitio que hoy ocupan. En cuanto á la materia que forma un depósito químico, no ha sido mecánicamente suspendida en el agua; ha permanecido en ella en estado de disolución hasta el momento en que se ha separado del disolvente por una acción química. De esta manera es como el carbonato de cal se ha precipitado al fondo de los lagos y de los mares, bajo una forma sólida, como se ve aun hoy día en muchas partes de Italia, en los puntos donde existen fuentes minerales, y donde se deposita la caliza que se llama travertín. En estos manantiales la cal es mantenida en disolución por un exceso de ácido carbónico ó por el calor si es un manantial caliente, hasta el momento en que el agua saliendo de la tierra, se enfria y pierde una parte de su ácido. La materia caliza, cae entonces bajo forma sólida y cubre las conchas, los fragmentos de madera, de hojas, y las reúne todas.

En los bancos de corales, las grandes masas de ca-

liza se forman por la acumulación de esqueletos petrificados de los zoófitos, y estos últimos lo mismo que las conchas, son reunidos por el carbonato de cal probablemente producido por la descomposición de los corales muertos. La mayor parte de las conchas, aun las de los animales que viven todavía hoy en estos bancos son comunmente cubiertas por una costra dura de materia caliza.

Si la arena y los cantos son arrastrados al mar por un río, y si son inmediatamente reunidos por el carbonato de cal, se puede asignar al depósito un origen mixto, en parte químico y en parte mecánico.

Las observaciones que hemos hecho en el capítulo segundo, sobre la horizontalidad original de las capas, pueden aplicarse estrictamente á los depósitos mecánicos y en parte solamente á los de una naturaleza mixta. Los depósitos que son puramente químicos, se pueden formar sobre una pendiente muy escarpada, incrustar lo mismo las paredes verticales de una hendidura, y presentar por todas partes el mismo espesor; pero tienen todos una extensión muy corta, y están en su mayor parte limitados á venas.

CIMENTACION DE LAS PARTICULAS. En las rocas calizas sobre todo, es donde la solidificación tiene lugar en el momento del depósito; en otras muchas la cimentación no se verifica sino mucho tiempo después de su formación. Algunas veces en donde las aguas de los manantiales ferruginosos ó calizos, han atravesado un lecho de arena ó de guijo, se reconoce que el hierro ó el carbonato de cal ha penetrado los intersticios que se hallaban entre los granos ó las piedras y que el todo unido en conjunto no forma más que una masa sólida, mientras que en otros puntos la misma clase de lecho ha permanecido movediza é incoherente.

Una cimentación de este género se observa en cierta roca de Kelloway en el Wiltshire. Un banco particular de arena perteneciente al grupo que los geólogos llaman *oolita*, después de haber presentado en una larga extensión granos incoherentes de una masa quebradiza se vuelve pétreo cerca de Kelloway. En este distrito se pueden recoger muchas conchas fósiles descompuestas que en su mayor parte no han dejado más que las impresiones. La materia caliza que ha resultado, ha servido indudablemente en una época antigua para cimentar granos de arena silíceos y producir un gres sólido. Si se sumergen en una disolución de ácido muriático ó de cualquier otro, fragmentos de los diferentes gres arcillosos que han conservado los moldes de las conchas, el aumento de cal procedente de las conchas se disuelve y los gres se transforman inmediatamente en arena común y en lodo.

Los vestigios de impresiones y de moldes son á veces muy débiles. En algunas arenas movedizas de fecha moderna, ciertas conchas han llegado á tal grado de descomposición, que se hacen polvo en el momento en que se les toca. Es claro que el agua al filtrarse á través de estas capas ha despojado á las conchas de la materia caliza que las cubría, y que á falta de circunstancias particulares que hayan permitido al carbonato de cal depositarse de nuevo, no habiendo podido cimentarse los granos de arena, no han quedado indicios algunos que pudieran reconocerse de los cuerpos orgánicos que fueron sepultados. De esta manera se puede explicar la ausencia de restos orgánicos en ciertas rocas acuosas; pero también se puede suponer, que en muchas de estas rocas nunca han existido fósiles; porque se encuentran extensiones muy vastas en el fondo de los mares actuales aun de mediana profundidad, de las cuales no saca la draga fragmentos de conchas, de corales, ni de otra especie alguna de seres vivientes. Por otra parte, hay profundidades en que casi se halla extinguida la vida animal; por ejemplo, en el Mediterráneo á 230 bra-

zas segun las investigaciones del profesor Forbes. En el mar Egeo á una profundidad de mas de 230 brazas existe un depósito de limo amarillo de un carácter muy uniforme, muy parecido á la creta y desprovisto enteramente de restos orgánicos.

Poco mas adelante al tratar de la petrificación de los cuerpos fósiles, veremos en qué consiste que la sílice y el carbonato de cal se hallan esparcidos de una manera tan general aunque en corta cantidad en las aguas que empapan la costra de la tierra; por ahora haremos notar solamente, que las aguas de esta naturaleza se encuentran en el mismo caso que las aguas termales; pasan de las partes mas calientes á las mas frias del interior de la tierra, y siempre que baja la temperatura del disolvente, la materia mineral tiende á separarse de él y á depositarse en forma sólida. Asi es como un cemento pétreo viene muchas veces á agregarse á la arena, á los cantos ó á cualquiera otra mezcla de fragmentos. En ciertos conglomerados tales como la pudinga de Hertfordshire, se encuentran pedazos de pedernal y granos de arena tan fuertemente unidas por un cemento síliceo, que si se rompe un pedazo de peña, la rotura se verifica lo mismo en las piedras que en el espesor del cemento.

Es probable que muchas capas no se hayan consolidado sino en el momento de salir de las aguas en que habian sido depositadas y cuando han empezado á convertirse en tierra firme. Un hecho bien conocido parece confirmar esta idea; las piedras que se usan en la construcción de los edificios ó caminos públicos, son casi siempre mas blandas y mas quebradizas en el momento de sacarlas de la cantera, que despues de haber estado expuestas al aire; sin embargo, una vez secas, se pueden volver á colocar en el agua tanto tiempo como se quiera sin que vuelvan á su estado primitivo. Por esta razon se prefiere tallar las piedras destinadas á las obras de arquitectura mientras estan todavía tiernas y húmedas y contienen como se dice comunmente su *agua de cantera*; del mismo modo se parte la piedra destinada á los caminos mientras está blanda, y despues se la deja secar al aire algunos meses antes de extenderla en el camino. Se puede explicar este endurecimiento, suponiendo que el agua que penetra los mas pequeños poros de las rocas deposita por la evaporación carbonato de cal, hierro, sílice, y otros minerales que se hallaban anteriormente en disolución; estas materias llenan parcialmente los intersticios porosos, pierden al cristalizar toda libertad de movimiento, y unen entre sí las porciones de la roca que antes solo estaban reunidas por justa posición.

Con arreglo á este principio, la arena húmeda y el lodo se vuelven duros como la piedra cuando estan helados, porque uno de los ingredientes de la masa es decir, el agua, cristaliza de manera que une fuertemente todas las partículas separadas de que se componen la arena y el lodo.

El doctor Mac Culloch cita un gres de la isla de Skye que se puede modelar como pasta en el momento de su extracción; los minerales que en nuestros gabinetes son rígidos y tan resistentes como el vidrio, han sido muchas veces flexibles y blandos en sus lechos primitivos; tales son, el asbesto, la sahilita, la tremolita, la calcedonia, y segun se cree el berilo.

La marga que se deposita hoy dia en el fondo del lago Superior en la América del Norte, es blanda y frecuentemente llena de conchas de agua dulce; pero si se hace secar un pedazo, se vuelve tan dura, que apenas se puede romper al golpe del martillo. Si se pudiera desecar el lago, se encontraría que el depósito que forma el fondo, consiste en capas de marga semejantes á las que se han observado en bastantes formaciones europeas y que contienen como ellas conchas de agua dulce.

Es probable que algunas materias heterogéneas que los rios transportan á el mar, se solidifiquen inmediatamente bajo el agua como la mezcla artificial llamada puzzolana, la que consiste en arena fina volcánica, cargada de cerca de un 20 por 100 de óxido de hierro con una corta cantidad de cal. Esta sustancia se vuelve muy dura y forma una piedra que resiste sólidamente al agua; los romanos la usaban para los cimientos de las construcciones marinas.

En este caso la solidificación se debe á la acción de la afinidad química sobre una materia en estado de partículas muy pequeñas anteriormente suspendida en el agua. Una vez terminado el depósito, estas partículas parecen ejercer sobre sí mismas una atracción mutua; se reúnen en ciertos puntos, y forman peñas, núcleos y concreciones. Asi en diferentes depósitos arcillosos se encuentran bolas calizas ó concreciones esféricas dispuestas en listas paralelas á la estratificación general; esta disposición se ha producido despues que el esquisto ó la marga han sido precipitadas en hojas sucesivas, porque muchas veces se distinguen en las concreciones algunas de estas hojas perfectamente marcadas y paralelas á la de la roca no solidificada que las rodea. Algunos de estos nú-



cleos de caliza suelen contraer á su centro una concha ó cuerpo extraño.

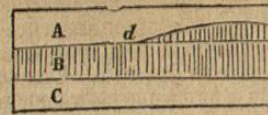
En el número de los ejemplos mas notables de estructura concrecionada, se hallan los que cita el profesor Sedgwick y que se observan abundantemente en la caliza magnésica del Norte de Inglaterra. Las bolas esféricas son en ella de tamaños diferentes, desde el de un guisante hasta el de algunos metros; todas tienen estructura concéntrica y radiada, y las atraviesan sin interrupción listas del depósito original. En ciertos escarpados, esta caliza se parece á una larga fila irregular de balas de cañón. Algunas de estas masas globulosas tienen su centro en una capa mientras que una parte de su circunferencia atraviesa la capa superior ó inferior.



Asi en la figura que acompaña, el mayor esferoide pasa desde la capa b á la capa a que está encima. En este caso se debe suponer que el depósito de una serie de lechos pequeños ha formado primitivamente la capa b y despues la capa a; entonces se ha verificado el movimiento de las partículas, y los carbonatos de cal y de magnesia se han separado de la materia mezclada mas impura que ha continuado formando la porción no solidificada de la capa. La cristalización empezando en el centro ha debido producir alrededor del núcleo capas concéntricas que no tienen relación alguna con la estructura hojosa de la roca.

Cuando las partículas de las rocas han sido modificadas de esta manera por fuerzas químicas, es algunas veces difícil y aun pudiera decirse imposible asegurar si ciertas líneas de división se deben al depósito original ó á la agregación subsiguiente de las partículas.

Supongamos que tres capas de gres A, B, C, se hallan



igualmente cargadas de materia caliza y que B sea la mas caliza; si la solidificación tiene lugar en B, la acción de concreción debe invadir superiormente una porción de A donde el carbonato de cal es mas abundante que en el resto del conjunto, de manera que una porción d, e, f, que forma parte de la capa superior se unirá con B formando una masa pétreo sólida. Hallándose asi borrada la línea de división d e, la línea d f será considerada como la superficie del lecho B aunque no sea un verdadero plano de estratificación.

PRESION Y CALOR. Cuando se depositan en el fondo de un mar profundo arena y fango, las partículas no sufren todo el peso enorme del Océano que está sobre ellas, porque el agua que está mezclada con la arena y el lodo resiste á la presión con una fuerza igual á la de la columna líquida que descansa sobre ella. Lo mismo sucede con los restos orgánicos cuando llenos de agua, se depositan bajo una gran presión; de otro modo serian inmediatamente quebrantados ó aplastados. No obstante si los materiales de una capa permanecen en estado de blandura y no se solidifican, seran gradualmente aplastados por el peso de los otros materiales que se amontonaran sucesivamente sobre ellos, lo mismo que la arcilla blanda ó la arena movediza sobre la cual se construyera una casa no tardaria en hundirse y ceder. Por efecto de esta compresión las partículas de arena, arcilla y de mármol, pueden ser apretadas unas contra otras en un espacio menor y acabar por reunirse en masa compacta.

Efectos análogos de condensación pueden verificarse cuando las partes sólidas de la costra terrestre son comprimidas en direcciones diferentes por los movimientos mecánicos que describiremos mas adelante y por los cuales han sufrido las capas una inclinación ó han sido rotas ó elevadas sobre el nivel del mar. Las rocas compuestas de materiales sin consistencia pueden tambien al contacto de otras rocas que se han solidificado antes que ellas haber sido comprimidas contra estas y haber adquirido una nueva estructura. Un descubrimiento reciente nos ayudará sin duda á comprender cómo un sedimento fino procedente del detritus de las rocas, puede solidificarse solo por la presión. Empezando á escasear el grafito ó mina de plomo del comercio, Brokedon ha imaginado recoger el polvo de las porciones mas puras del mineral y volver á formar con él una masa tan sólida y tan compacta como el grafito natural. Veamos su procedimiento; primeramente se prepara el polvo de grafito con cuidado, se le despoja de aire, y se coloca en una prensa de fuerza bien tapada y sobre una cuña de acero muy fuerte; se dan varias vueltas á la prensa, cada una de una fuerza equivalente al peso del mil toneladas y despues de esta operación, la masa se halla tan perfectamente solidificada que se puede cortar pare hacer lápices y en la fractura muestra la misma testura que el grafito nativo.

La acción del calor á diferentes profundidades de la tierra, es probablemente la mas poderosa de todas las causas que cooperan al endurecimiento de las capas sedimentarias. Volveremos á tratar de este asunto cuando hablemos de las rocas metamórficas y de la estructura esquistosa y hojosa.

MINERALIZACIÓN DE LOS RESTOS ORGÁNICOS. Los cambios que los cuerpos orgánicos fósiles han experimentado desde que fueron sepultados en las ro-

cas, ilustran mucho acerca de la manera cómo se han solidificado estas capas. En algunos depósitos modernos, las conchas fósiles casi no han experimentado alteración en algunos siglos fuera de la pérdida de su materia animal; pero en otros casos, la concha ha desaparecido dejando una impresión de su forma exterior, un molde de su forma interior, ó su propio molde.

Fácilmente se comprenderan estas diferentes formas de fosilización, si se examina el fango en el momento de sacarle de un estanque ó de un canal donde hay conchas. Si el fango es arcilloso, adquiere consistencia al secarse; y cuando se rompe un pedazo, se encuentra que cada concha ha dejado impresiones de su forma exterior. Si se quita la concha, se encuentran al interior un núcleo sólido de arcilla que tiene la forma del interior de aquella; esta forma es por lo general muy diferente de la forma exterior. Véase el molde a (fig. 47) que se refiere á la concha llamada comunmente *tornillo fósil*. Un conchiliólogo poco experimentado nunca podria suponer que esta es la forma interior del univalvo fósil b ni podria admitir á primera vista que la concha a y el molde b formaban parte de un mismo fósil. El lector observará en la figura b 48 que existe hoy un espacio vacío muy sombreado y ocupado en otro tiempo por la concha; entre la piedra y el molde ó impresión que reproduce el interior liso de las vueltas de la espira. La concha ha sido disuelta y las partículas que la componian han sido arrebatadas por el agua que ha filtrado al través de la roca. Si el núcleo hubiera desaparecido, se hubiera visto en su lugar una especie de molde hueco que reproduciria en relieve la forma exterior de la concha con sus tubérculos y sus estrías (a fig. 48). Si por otra parte el espacio que existe entre el núcleo y la impresión en lugar de estar vacío hubiera estado lleno de espato calizo, sílice, pirita, ó cualquier otro mineral, el molde hubiera dado una impresión exacta de la forma exterior tanto como de la forma interior de la concha original. Asi es como se han producido los moldes ó impresiones síliceas; y si la arena ó el lodo del núcleo son de naturaleza incoherente ó son solubles en el ácido se puede entonces obtener en la sílice una concha vacía que por su forma es exactamente lo contrario de la concha primitiva. Este género de molde recuerda esas estatuas de bronce que representan una forma superficial sin dar idea alguna de la organización interior. Pero hay otro ejemplo de petrificación que es muy comun y de los mas maravillosos; se puede comparar á ciertos modelos de anatomía sacados en cera y que no solo reproducen las líneas y formas exteriores, sino tambien los nervios, los vasos sanguíneos y demás órganos interiores. Este ejemplo le ofrecen los corales originalmente calizos que han conservado en el pedernal no solo su forma general, sino tambien su organización interior hasta en los mas pequeños detalles.

Una petrificación de este género, pero mucho mas notable todavía, se observa en la madera fósil, que conserva muchas veces no solamente los anillos que indican su crecimiento anual, sino tambien sus vasos mas pequeños y sus rayos medulares; se distinguen aun en ella las celdillas, las fibras, y hasta los vasos espirales que solo se ven con microscopio en los vegetales vivos. Entre muchos ejemplos puede citarse un árbol fósil de cerca de 22 metros de longitud que se ha encontrado en Gosforth, cerca de Newcastle, en una capa de arena asociada con carbon. Una abertura hecha al través y bastante pequeña para permitir el paso á la luz, ha dejado ver con un microscopio que aumenta cincuenta veces el volumen de un objeto, la testura que representa la figura 49. Se ha observado una testura igualmente detallada en el leño de grandes troncos de árboles fósiles encontrados en la cantera de Craighleith cerca de Edimburgo; la pie-

dra no era en manera alguna sílicea; contenía principalmente carbonato de cal, óxido de hierro, alúmina y carbono. Las líneas paralelas de vasos que se observan en la figura 49, representan los anillos de crecimiento anual; solo en un punto estos vasos se han conservado imperfectamente, y sin duda el leño había sido deteriorado antes de que la materia mineralizante hubiera penetrado hasta aquella parte del árbol.

Para poder explicar el procedimiento de petrificación en estos diferentes casos, es preciso en primer lugar admitir que las capas se hallan generalmente empapadas en agua cargada de cortas cantidades calizas y otras contenidas en disolución. Mas adelante veremos de qué manera se empapan las capas.

Cuando una sustancia orgánica se encuentra expuesta al aire libre, á la acción del sol y de la lluvia, acaba por prodrirse ó disolverse en los elementos mismos que la componen y que son principalmente el oxígeno, hidrógeno y carbono. La atmósfera absorbe muy pronto estos elementos ó bien son arrastrados por las aguas de modo que todo vestigio de animal muerto ó de planta desaparece. Pero cuando estas mismas sustancias se hallan sumergidas, se descomponen mas lentamente y si están sepultadas en la tierra desaparecen mas insensiblemente todavía, como se puede ver muy bien por los ejemplos que nos presentan las maderas que encontramos en ella.

Así pues, si á medida que cada partícula orgánica se desprende por la putrefacción para pasar al estado fluido ó gaseoso, otra partícula igual de carbonato de cal, de sílice ó de otro mineral, se halla pronta á depositarse, se puede presumir que la materia inorgánica irá á ocupar precisamente el lugar abandonado por la molécula orgánica. De esta manera no solo se obtendrá; 1º el molde interior de ciertos vasos, sino que las paredes de estos mismos vasos podrán seguir á descomponerse y experimentar una transformación semejante. Sin embargo; cuando el todo se halla petrificado, nada le obliga á formar una masa homogénea, pétreo ó metálica. Algunos de los elementos orgánicos originales, leñosos, huesos ú otros, pueden permanecer mezclados en ciertos puntos, al mismo tiempo que la sustancia petrificante puede colorearse diferentemente en diversas épocas ó bien cristalizar de manera que reflejen de otro modo la luz; así es como la textura del cuerpo primitivo puede ser fielmente representada.

Los principiantes preguntaran quizá si con arreglo á los principios de la química, podemos esperar que la materia mineral se precipite precisamente en los puntos mismos en que se verifica la descomposición orgánica. Los experimentos curiosos que vamos á citar, servirán para ilustrar este punto. El profesor Göppert de Breslau, ha tratado modernamente de imitar los procedimientos naturales de la petrificación. Al efecto ha sumergido diferentes variedades de sustancias animales y vegetales en varias aguas, algunas de las cuales contenían en disolución materia caliza, sílicea, ó metálica. Al cabo de algunos días ha observado que los cuerpos orgánicos así sumergidos, se habían mineralizado en parte. Así, pues, ha colocado en una disolución medianamente concentrada de sulfato de hierro, tiras delgadas, longitudinales, de pino de Escocia (*pinus sylvestris*). Después de haberlas dejado en el líquido durante algunos días, las hizo secar, y luego las expuso á un gran calor hasta que la materia vegetal se consumió y no quedó mas que el óxido de hierro; este óxido había tomado tan perfectamente la forma de la madera, que con el microscopio se veían distintivamente hasta los vasos que son particulares á esta familia.

Otro experimento ha sido referido por Pepsy, en las *Transacciones geológicas*. Un cántaro de barro, que contenía algunos litros de sulfato de hierro en disolución, había sido olvidado en un rincón de un labora-

torio, por espacio de diez ó doce meses. Al cabo de este tiempo, cuando se examinó el líquido, se observó en la superficie una especie de cuerpo oleoso, y un polvo amarillento que se reconoció ser azufre; con este polvo se hallaba mezclada cierta cantidad de filamentos pequeños. En el fondo del cantar se encontraron huesos de ratones en medio de un sedimento que contenía granillos de pirita, partículas de azufre sulfato verde de hierro cristalizado, y en fin, un óxido de hierro negro y terroso. Indudablemente sucedió que algunos ratones que cayeron accidentalmente en el líquido, se habían ahogado en él, y que por la acción mutua de la materia animal y del sulfato de hierro, el sulfato metálico había sido despojado de su oxígeno; lo cual había ocasionado la precipitación de las piritas y de los otros compuestos. Aunque los ratones no hubieran sido mineralizados ó convertidos en pirita, en fenómeno probó que las aguas minerales cargadas de sulfato de hierro, pueden desoxidarse al hallarse en contacto con la materia animal en putrefacción; y cómo las piritas pueden formarse átomo por átomo, y en circunstancias favorables reemplazar al oxígeno, hidrógeno y carbono, en que el cuerpo original debía descomponerse.

El doctor Turner ha observado que cuando la materia mineral se halla en estado naciente, es decir, en el momento mismo en que se separa del estado de combinación química, puede unirse mas pronto á otra materia, y formar un nuevo compuesto químico. Probablemente los átomos en el momento en que quedan en libertad, son de un volumen infinitamente pequeño, se mueven con mas facilidad, y están en una palabra, mas dispuestos á ceder á los menores impulsos de la afinidad química. Cualquiera que sea la causa, es preciso admitir, como hemos hecho anteriormente, que donde la materia orgánica nuevamente depositada en el sedimento, se descompone, los cambios químicos tienen lugar con una actividad mayor.

Se ha analizado últimamente el agua que fluye del rico fango que deposita el río Hooghly, en el delta del Ganges después de la inundación anual, y se ha encontrado que está muy cargada de gas, ácido carbónico, que contiene cal en disolución. Ahora bien, si se admite que este fango nuevamente depositado, pueda ser penetrado por una materia mineral en estado de disolución, no será difícil comprender que los cuerpos orgánicos, sepultados naturalmente en el sedimento donde se descomponen, podrían petrificarse tan rápidamente como las sustancias sumergidas artificialmente por el profesor Göppert, en sus diferentes mezclas líquidas.

Se ha reconocido que el agua de los manantiales, ó la que filtra continuamente al través de la costra terrestre, contiene casi siempre una ligera proporción de hierro, de carbonato de cal, de azufre, de sílice, de potasa, ó de otros ingredientes terrosos, alcalinos ó metálicos. Los manantiales de agua caliente en particular, están cargados de uno ó varios elementos, y que solamente en estas aguas es donde se encuentra la sílice en abundancia. Se puede pues en ciertos casos, sobre todo en las regiones volcánicas, creer que la sílice de los maderos silicificados y de los corales ha sido suministrada por las aguas de las fuentes termales. En otros casos, en el trípoli, por ejemplo, la sílice ha podido nacer en gran parte, sino en totalidad de la descomposición de las diatomáceas, de las esponjas y de otros cuerpos. Si esto es así, nos resta todavía averiguar de dónde procede que un lago ó el Océano puedan estar constantemente provistos y en tanta abundancia de la materia caliza y sílicea de que les despojan para sus secreciones tantos seres vivos.

Respecto al carbonato de cal, no hay dificultad alguna para explicar su origen, no solo porque lo

manantiales calizos son abundantes, sino tambien porque el agua de lluvia, cuando cae sobre un suelo donde existen materias vegetales en descomposición, puede cargarse de cierta cantidad de ácido carbónico y adquirir así la facultad de disolver una parte de las rocas calizas por donde corre. Los corrales marinos y los moluscos encuentran pues en el agua de los rios la materia que constituye su concha y sus sustentáculos sólidos. La sílice pura por el contrario, aun cuando se hallara reducida á polvo impalpable y se la hiciera hervir mucho tiempo, es insoluble en el agua, excepto á una temperatura muy elevada. Sin embargo, el doctor Turner ha explicado muy bien en un ensayo sobre la química geológica, cómo la descomposición del feldspato podía producir mucha sílice en disolución. Ha hecho observar que la tierra sílicea que constituye mas de la mitad del feldspato, se halla íntimamente combinada con la alúmina, la potasa y algunos otros elementos. La materia alcalina del feldspato tiene afinidad química por el agua, así como por el ácido carbónico que existe en mayor ó menor abundancia en las aguas de muchos manantiales. El agua arrastra, pues, consigo, materia alcalina, y abandona á su paso, una arcilla compuesta de alúmina y sílice. Pero se reconoce que el resultado de esta descomposición, que en su mayor estado de pureza recibe el nombre de arcilla de porcelana, no contiene mas que una parte de la sílice que existía en el feldspato primitivo; la otra parte debe por consiguiente haber sido disuelta y arrastrada, y esto de dos maneras; en primer lugar, porque la sílice cuando está combinada con un álcali, es soluble en el agua; y en segundo lugar porque esta misma sílice cuando se halla técnicamente hablando en su estado naciente, es igualmente soluble en el agua.

Esto es un manantial de alimentos para los rios y las aguas del mar. Las rocas feldspáticas se hallan generalmente esparcidas y constituyen una gran porción de las formaciones volcánicas, plutónicas y metamórficas; aun cuando no se observen grandes masas de ellas, rara vez dejan de verse sus indicios en el guijo superficial ó en los depósitos de aluvion de la cuenca de los grandes rios.

La desagregación de la mica, mineral que entra por tanto en la composición del granito y de los diferentes gres, puede tambien producir sílice soluble en el agua; porque la mitad próximamente de este mineral está compuesta de sílice combinada con la alúmina, la potasa, y poco mas ó menos $\frac{1}{10}$ de hierro cuya oxidación al aire es la causa principal de la descomposición de la mica.

Mucho nos queda sin embargo que aprender todavía, antes de conocer completamente la transformación de los cuerpos fósiles en piedra. Algunos fenómenos nos conducen á creer que la mineralización se verifica con una rapidez considerable, porque se encuentran perfectamente convertidos en pedernal tallos que han debido ser blandos, jugosos y de una naturaleza muy perecedera. Se conocen ejemplos de silicificación completa de hojas tiernas de palmeras á punto de desarrollarse en el estado en que las Indias occidentales se les da el nombre de palmita. Se puede preguntar sin embargo si en tales casos, el agua no ha poseído una cualidad antiséptica que ha retardado la putrefacción preservando de toda alteración las partes blandas de la sustancia sepultada como ha sucedido con la carne de ciertos cuerpos enterrados entre la turba.

Stokes ha citado varios ejemplos de petrificación en los cuales se han conservado unas veces las partes mas perecederas, y otras las mas duraderas. Estas variaciones segun dicho autor han dependido del tiempo en que se ha introducido el mineral petrificante. Así en ciertos tallos de palmera, el tejido celular, esa porción tan delicada, se encuentra en un estado per-

fecto de conservación al paso que todos los vestigios de la fibra dura del leño han desaparecido enteramente; los espacios que ocupaba han quedado vacíos ó se han llenado de ágata. Aquí la petrificación ha debido manifestarse poco tiempo después que la madera hubiera empezado á ser penetrada por la humedad; la materia mineral faltó, ó el agua se halla muy debilitada antes de la destrucción de la fibra del leño. Pero cuando solo esta fibra permanece visible debemos suponer que ha debido pasar un intervalo de tiempo, antes de empezar la petrificación, y que durante este tiempo el tejido celular ha sido destruido. Cuando estas dos partes á la vez, el tejido celular y la fibra leñosa se han conservado, la operación ha debido producirse instantáneamente y continuarse sin interrupción hasta que ha sido completamente terminada.

CAPITULO V.

ELEVACION DE LAS CAPAS DEL MAR.—ESTRATIFICACION HORIZONTAL É INCLINADA.

LA TIERRA SE HA ELEVADO, EL MAR NO HA BAJADO. Hemos establecido que las rocas acuosas que contienen fósiles marinos, ocupan una grande extension sobre el continente; y que bajo formas de cadenas de montañas, se elevan á alturas considerables sobre el nivel del mar. Esto nos demuestra que los continentes de hoy dia han estado alguna vez bajo las aguas. Si admitimos esta conclusion debemos suponer, ó que las aguas del Océano han bajado, ó que las rocas sólidas en otro tiempo cubiertas por las aguas, se han elevado sobre el nivel del mar.

Los primeros geólogos que se hallaron reducidos á esta alternativa, adoptaron la primera opinion; pretendieron que el Océano había cubierto en un principio la tierra: que después había bajado gradualmente hasta el nivel que hoy tiene, y que así es como las islas y los continentes habían quedado en seco. Pareció mas fácil á estos geólogos suponer un descenso del agua, que admitir una elevación por la que la tierra sólida se habría elevado á su posición presente. Les fue imposible sin embargo imaginar hipótesis alguna satisfactoria para explicar la desaparición de una masa tan considerable de agua de la superficie del globo; porque no se podría negar que el Océano ha cubierto con sus aguas todos los puntos elevados donde se descubren conchas marinas. Sin embargo, á medida que fue progresando la ciencia de la geología, se hizo evidente que ciertas regiones del globo habían sido alternativamente fondo del mar; luego, tierra descubierta; luego, bahía; luego, otra vez mar; y por último, otra vez tierra habitable, después de haber permanecido bastante tiempo en cada uno de estos estados. Para explicar semejantes fenómenos sin admitir movimiento alguno en la tierra, será preciso suponer varios retrocesos y crecidas del Océano; y aun esta teoría aplicable únicamente á los casos en que las capas marinas que componen la tierra firme son horizontales, dejaba sin explicación los casos mucho mas numerosos en que las capas están inclinadas ó encorvadas, posición que evidentemente no es la que han ocupado en su origen.

Los geólogos se vieron por fin obligados á recurrir á la otra alternativa; esto es: á la doctrina, segun la cual, la tierra ha subido y bajado sucesivamente cambiando muchas veces de nivel respecto del mar. Diferentes razones militan en favor de esta opinion; en primer lugar, puede explicarse la posición de esas masas elevadas de origen marino y en las cuales la estratificación es horizontal; puede explicarse tambien la posición de las capas que están dislocadas, rotas, verticales, ó inclinadas. En segundo lugar está en