



se encuentran capas de arena, de marga ó de conglomerato como se ve en la presente figura que representa una vasta sucesión de lechos oblicuos de guijo y de arena trazada desde el mar hasta Monte-Calvo en una distancia de mas de catorce kilómetros en línea recta. Estos lechos bajan siempre hácia el Sur ó hácia el Mediterráneo, formando un ángulo de 25° próximamente. Están cortados por precipicios verticales de 70 á 180 metros de altura que circundan el valle, al través del cual corre el río Magnan. Aunque de una manera general las capas parecen paralelas y uniformes, sin embargo examinadas mas atentamente, tienen en realidad forma de cuña, y se adelgazan hasta tal punto cuando se les sigue en una longitud de algunos centenares de metros que se puede suponer que han sido primitivamente depositadas en una orilla escarpada donde se descargaba un río ó un torrente alpino en un mar profundo y tranquilo, formando así un delta, que se adelantaba gradualmente desde la base del Monte-Calvo, hasta una distancia de catorce kilómetros de la orilla primitiva. Cuando posteriormente se ha verificado el alzamiento de esta parte de los Alpes el lecho del mar hasta una altura de doscientos metros, la costa debió tomar su configuración actual, el delta debió surgir, y un río abrió en él un lecho profundo.

Es notorio para todo el mundo que los torrentes y arroyos que hoy bajan de las pendientes de los Alpes hácia el mar, arrastran consigo anualmente cuando las nieves se derriten, una gran cantidad de piedras y de arena; á medida que siguen bajando, transportan un limo fino, y durante el estío, estos torrentes y arroyos se hallan entera ó casi enteramente en seco; en este caso se puede admitir sin temor de engañarse que en muchos puntos se están formando todavía depósitos semejantes á los del valle de Magnan compuestos de guijo grueso y alternando con sedimentos finos. Deben avanzar hácia el Mediterráneo en forma de bancos terminados en un declive escarpado; porque tal es el modo primitivo de acumulacion de todas las materias groseras reunidas en el agua profunda sobre todo si se componen en gran parte de cantos rodados que no podían ser transportados á distancias indefinidas por corrientes de mediana velocidad. Por falta de atención de los hechos se ha exagerado mucho la profundidad supuesta de antiguo Océano; no podría dudarse por ejemplo que las capas *a* y otras mas aproximadas al Monte-Calvo sean mas antiguas que las indicadas por la letra *b*, y que estas á su vez hayan sido formadas antes que *c*; pero en ningún punto se encuentra un espesor que llegue á trescientos metros; puede que haya espesores mas considerables, pero es probable que en ninguna parte pasen de novecientos á mil doscientos metros. Sin embargo, cuando se piensa que todas las capas fueron en otro tiempo horizontales, y que su inclinación actual debe atribuirse

á movimientos subsiguientes, es forzoso deducir que en este punto el mar ha tenido la profundidad de catorce kilómetros y ha sido ocupado por lechos alternados del limo y de piedras, depositados unos sobre otros.

En la localidad que hemos citado y que está situada algunos kilómetros al Oeste de Niza, hay diferentes puntos geológicos que considerar, pero de que no podemos dar detalles aquí; todos conducen á la opinion de que durante la formación del depósito de Magnan, la forma y configuración de las pendientes de los Alpes, así como las de la playa misma, se parecían mucho á la forma y configuración que se observan hoy aun en muchos puntos de sus cercanías. La fecha comparativamente reciente de los lechos *a*, *b*, *c*, *d*; está demostrada por el hecho de que en los lechos de marga arcillosa intercalados entre los de cantos rodados, existen conchas fósiles, la mitad de las cuales pertenece á especies que viven actualmente en el Mediterráneo.

ONDULACIONES. Las desigualdades ondulatorias tan frecuentes en la superficie de los gres de diferentes épocas y que se observan tan á menudo en la marea á orillas del mar, parece que deben su origen á un transporte particular de las materias al fondo del agua, transporte exactamente semejante á aquel por medio del cual hemos explicado anteriormente las hojas inclinadas. (Fig. 1.)

Las ondulaciones no se hallan exclusivamente limitadas á la playa expuesta al mar. Se producen igualmente sobre las arenas que están sumergidas de una manera permanente; algunas veces se observan también arrugas y depresiones ondulatorias en la superficie de la nieve ó de la arena que han sido barridas por el viento. Un geólogo refiere la manera con que el movimiento del aire puede producir semejantes efectos por una observación hecha en una playa estensa en las cercanías de Calais; nubes de arena blanca y fina, separadas por el viento de las dunas inmediatas venían á cubrir la orilla y á blanquear una superficie unida y oscura del limo arenoso; y esta nueva cubierta de arena estaba magníficamente ondulada. Habiendo nivelado todas las ondulaciones y depresiones de aquella superficie en una estension de algunos metros cuadrados, se renovaron completamente en menos de diez minutos; la dirección general de aquellas eminencias era siempre perpendicular á la del viento. La renovación de las desigualdades, empezaba por la aparición diseminada de masas pequeñas y se paradas de arena, que poco á poco se prolongaban, se unían unas á otras y concluían por formar largas eminencias con depresiones correspondientes. En cada eminencia uno de los lados estaba ligeramente inclinado y el otro escarpado. El lado opuesto al viento se hallaba en este último caso, como se ve en *b*, *c* y *d* e. El lado que miraba hácia el viento presen-



taba una pendiente suave, como la que representa *a*, *b* y *c*, *d*. Cuando una ráfaga de viento soplabá con una fuerza suficiente para trasportar á la superficie ondulada una nube de arena, se veían moverse á un tiempo todas las lomas, adelantándose cada cual sobre el surco siguiente y ocupando el lugar de este á los pocos minutos. La progresión se verificaba por el transporte continuo de granos de arena sobre las pendientes *a*, *b*, y *c*, *d*. Muchos de estos granos, cuando llegaban á *b* y á *d*, caían por los lados escarpados *b* *c* y *d* *e* y se encontraban desde aquel instante al abrigo del viento, quedaban pues estacionarios, deteniéndose cada uno según su forma y su peso sobre tal ó cual punto de la pendiente y solo algunos rodaban hasta el fondo, así se veía distintamente cada loma moverse un poco siempre que aumentaba la fuerza del viento. Algunas veces una porción de una eminencia adelantándose con mas rapidez que el resto, alcanzaba á otra eminencia anterior y se confundía con ella, dando así origen á bifurcaciones y ramas que suelen verse con mucha frecuencia. Conformaciones de este género pueden observarse en los gres de todas las épocas, y lo mismo que las ondulaciones que se forman en nuestros días á orillas del mar, las ondulaciones producidas en tiempos antiguos pueden presentar dos sistemas de desigualdades interferentes uno de otro; el uno mas antiguo y medio borrado; otro mas moderno y en el cual las elevaciones y depresiones, son mas distintas y se hallan dirigidas de diferente modo. Este cruzamiento de los dos sistemas de ondulaciones resulta de un cambio de viento y de una nueva dirección comunicada á las olas.

Las ondulaciones indican ordinariamente una orilla de mar ó de río de la profundidad de uno á dos metros solamente porque la situación producida por las olas aun en tiempo de tempestad no se extiende sino á una profundidad muy corta; esta regla sin embargo sufre algunas excepciones, y estas ondulaciones han sido observadas modernamente á una profundidad de diez y ocho á veinte metros. Se ha demostrado, que corrientes ó masas poco importantes de agua, podían en su movimiento obrar sobre el fango y la arena á la profundidad de 90 y aun de 140 metros. Sin embargo se puede en la mayor parte de los casos distinguir una ondulación de ribera de una ondulación de corriente por los frecuentes cambios que la primera experimenta en la dirección. En una placa de gres que no tiene mas de 4 centímetros de espesor, se observan frecuentemente las elevaciones á depresiones de una antigua ondulación en varias placas sucesivas dirigidas hácia diferentes puntos del horizonte.

CAPITULO III.

DISTRIBUCION DE LOS FÓSILES EN LAS CAPAS. FÓSILES DE AGUA DULCE Y FÓSILES MARINOS.

Hemos examinado en el capítulo anterior las diferentes formas de estratificación determinadas por la disposición de las materias inorgánicas; al presente, debemos dirigir nuestra atención hácia la manera de que se hallan distribuidos los restos orgánicos en los depósitos estratificados. Sería muchas veces imposible descubrir indicio alguno de estratificación ó de depósitos sucesivos si ciertos géneros de fósiles no se encontrasen esparcidos á diferentes profundidades. A tal nivel por ejemplo se encuentran especialmente

una ó varias especies de conchas univalvas; á tal otro, conchas bivalvas; sobre otro punto corales, y en fin, á ciertas formaciones se observarán hojas de materias vegetales procedentes habitualmente de plantas terrestres y separando las capas.

Un principiante encontrará dificultad en explicarse cómo hay montañas de algunos miles de metros de elevación que están llenas de fósiles desde la base á la cumbre; pero la dificultad desaparecerá cuando reflexione en el origen de la estratificación tal como la hemos explicado en el capítulo anterior, y cuando haya admitido un espacio de tiempo suficiente para la acumulacion de los sedimentos. Nunca debe perderse de vista, que durante la operación del depósito cada capa ha sido sucesivamente la superior, y ha estado cubierta sin intermedio por el agua en que vivían animales acuáticos. Cada capa por mas lejana que se le suponga hoy de la superficie, ha formado pues en otro tiempo el fondo del mar en forma de piedras, arena menuda ó de limo, en cuyas materias han podido enterrarse fácilmente conchas y otros cuerpos organizados.

Teniendo en cuenta la naturaleza de los restos orgánicos, se comprende muchas veces si el depósito ha sido lento ó rápido, si se ha formado en un mar profundo ó de poco fondo, cerca de la costa ó lejos de la tierra, y si el agua era salada, salobre ó dulce. Ciertas calizas se componen casi enteramente de corales, y en muchos casos es evidente que la posición actual de cada zoófito fósil ha sido determinada por su modo primitivo de crecer. El eje del coral por ejemplo, si el desarrollo de este zoófito ha debido verificarse en el sentido vertical, se dirige todavía perpendicularmente al plano de estratificación; si la capa es actualmente horizontal, las cabezas esféricas de ciertas especies se hallarán vueltas hácia arriba y sus puntos de unión hácia abajo. Esta disposición se repite algunas veces al través de una larga serie de capas. Por lo que conocemos acerca del crecimiento de zoófitos semejantes en los arrecifes actuales, podemos pensar que el desarrollo de los zoófitos antiguos se ha verificado de una manera sumamente lenta y que algunos han debido vivir siglos como los árboles de los bosques antes de llegar á una talla considerable. Ahora bien, durante este tiempo, el agua ha debido permanecer clara y trasparente, porque los corales no hubieran podido vivir en un agua turbia.

Del mismo modo; cuando vemos millares de conchas en estado perfecto de desarrollo esparcidas al través de una larga serie de capas, no podríamos dudar de que haya sido necesario un tiempo considerable para la multiplicación de sus generaciones sucesivas; la lentitud de la acumulacion es mas evidente aun por la presencia de los cuerpos fósiles que han permanecido durante cierto tiempo despues de su muerte expuestos en el fondo del Océano antes de ser envueltos por los sedimentos. Nada es mas comun por ejemplo que encontrar en la arcilla ostras fósiles con serpulitas, balanos, corales y otros cuerpos adheridos al interior de sus valvas, hecho que demuestra con seguridad, que el molusco no ha sido sepultado en el fango arcilloso desde el momento de su muerte. Cierta tiempo ha debido pasar, durante el cual ha continuado rodeado de agua clara; y durante este tiempo, se han desarrollado los animales que hoy se encuentran adheridos á él, pasando del estado de embrión al de crecimiento perfecto.

Algunas conchas adheridas solamente á la parte exterior como las serpulas *a*, (fig. 2) han podido crecer sobre una ostra ó sobre la concha de cualquier otro molusco, mientras el animal vivía; pero las que se hallan adheridas al interior de las valvas, no han podido fijarse en este sitio sino despues de la muerte del animal que habitaba la concha que les ha servido de apoyo. Asi en esta figura se ven dos serpulas que han crecido en el interior; una de ellas exactamente en el sitio en que estaba fijo el músculo adductor de la grifea (especie de ostra).

Ciertas conchas fósiles aun las que se adhieren simplemente á la superficie exterior de otras conchas confirman plenamente la deducción que anteriormente hemos hecho; á saber, que ha debido transcurrir un espacio de tiempo entre la muerte del animal y el enterramiento de su envoltura á la cual se adhieren las conchas. Los erizos marinos (*echini*) tan numerosos en la creta, nos presentan un excelente ejemplo. Se sabe que en estado vivo, estos animales se hallan siempre cubiertos de chupadores ó tubos gelatinosos llamados *ambulacros* que les sirven como órganos de locomoción. Se hallan además armados de puas que sostienen filas de tubérculos, pero no se observan estos últimos órganos sino despues de la muerte del animal cuando las puas se han desprendido. En la fig. 4. se ha representado una especie viva de *spatangus* comun en las costas de Europa con una mitad de su concha despojado de puas. En la fig. 3. un fósil del mismo género procedente de la creta blanca de Inglaterra, muestra la naturaleza de la envoltura en los individuos de esta familia cuando su superficie se halla igualmente despojada de puas. La serpula en estado completo de desarrollo que se ve hoy adherida á esta envoltura, ha debido pues empezar á crecer antes que hubiera muerto el *spatangus*, y que sus puas se hubieran desprendido.

Pero se puede penetrar aun mas en la serie de los acontecimientos que nos revele aquí la existencia de un simple fósil. Por ejemplo, se encuentran con frecuencia en la creta, erizos como el de la tercera figura, en cuya superficie se halla adherida la valva inferior de una *crania*, género de molusco vivavo. La valva superior *b*, falta casi constantemente, aun cuando se encuentra á veces en un perfecto estado de conservación á cierta distancia de la creta en la creta blanca. En este caso es evidente que el erizo se ha desarrollado primero, ha muerto despues, y ha perdido sus puas que han sido desprendidas. Entonces es solamente cuando la *crania* ha empezado á adherirse á la envoltura desnuda del erizo, ha crecido, ha muerto á su vez, y su valva superior se ha separado de la inferior; todo esto antes que el *Echinus* haya sido sepultado en el fango cretáceo.

Creemos útil citar aun un ejemplo de la manera con que simples fósiles pueden algunas veces servir para comprender hechos muy antiguos y explicar acontecimientos que han pasado ya en el lecho del Océano, ya en las tierras inmediatas. A diferentes profundidades de la arcilla sobre que está edificado Londres, se encuentran muchos fragmentos de madera agujereados por taretos. Se extraen algunas veces de esta formación troncos y ramas enteras de mas de una vara de longitud, enteramente agujereados por estos animales perforadores, cuyos tubos y conchas subsisten todavía en las cavidades cilindricas que han producido. La fig. 7 e, representa un fragmento de madera reciente, horadado por el *Teredo navalis* ó taretocomun, que destruye las vigas y los barcos. Cuando se extrae de la madera el tubo cilindrico *d*, se ve á su extremo mas grueso una concha compuesta de dos piezas, *c*. La figura 6 representa tambien un fragmento de madera fósil, que estaba perforado por un animal de género inmediato, pero extinguido llamado *teredina*, por Lamarck. El tubo calizo de este molusco,

estaba como soldado á las *valvas* de la concha *b*, que por consiguiente no podía desprenderse del tubo como las valvas del taretocomun reciente. La madera de este fósil se halla hoy convertida en una piedra mezclada con arcilla y cal; pero debió sobrenadar en la época en que los teredinas le escogieron por habitación, y perforaron su masa en todos sentidos. Sin embargo, antes que esta colonia se hubiese fijado en el tronco flotante, habia sido preciso que este tronco fuese arrastrado al mar despues de haber sido arrancado del suelo por una inundación ó lanzado al agua por el viento; y si se continúa así de conjetura en conjetura, nuestra imaginación se traslada naturalmente á un periodo anterior, durante el cual el árbol ha debido crecer y vivir muchos años, en un continente cuyo suelo y clima le eran favorables.

Hemos hecho notar que existen en el interior de los continentes, á diferentes profundidades de la tierra, y á grandes alturas sobre el nivel del mar, rocas casi enteramente formadas de restos de zoófitos y de moluscos testáceos. Se pueden comparar estas rocas á los bancos actuales de ostras, y á los arrecifes de corales y deducir que su crecimiento ha debido ser tambien muy largo. Pero existe además en la corteza terrestre una variedad de depósito pétreo procedente sin duda alguna de plantas y de animales, y cuyo origen, no habia sido sin embargo, bien sospechado hasta tiempos muy modernos por los naturalistas. El descubrimiento que ha sido hecho muy modernamente por el profesor Ehrenberg, de Berlin, produjo una gran sorpresa entre los sabios: dicho autor hizo observar que cierta especie de piedra silicea llamada *Tripoli*, se componia enteramente de millones de fragmentos de cuerpos orgánicos que refirió á infusorios microscópicos, pero que otros naturalistas han supuesto ser plantas. Estos cuerpos abundan en los lagos de agua dulce y en los estanques, en Inglaterra y en tres comarcas, y han sido llamados *diatomáceas* por los autores que les atribuyen un origen vegetal; el *tripoli* es conocido hace mucho tiempo en las artes por el uso que se hace de él en forma pulverulenta para el pulimento de las piedras y de los metales. Entre otras localidades, se saca de Bilin en Bohemia, donde una sola capa que se extiende en una gran superficie, tiene mas de cuatro metros de espesor. Cuando se examina esta piedra con un microscopio de mucha fuerza, se ve que consiste en piezas siliceas, muy pequeñas ó frústulas de diatomáceas; estas piezas no estan unidas por cemento alguno visible. Es muy difícil formarse una idea de su extraordinaria pequeñez; pero Ehrenberg, calcula que hay 41.000.000 de individuos de *gallonella distans*, (fig. 9.) por cada 25 milímetros cúbicos de *tripoli*, lo cual representa próximamente 1 grano y 35 centésimas; es decir, que hay cerca de 187.000.000 de individuos por cada siete milésimas de grano. Por consiguiente, cada vez que frotamos con este polvo, producimos á átomos algunos millones, 40.000.000 quizá de cuerpos organizados. Estos restos de diatomáceas, son de sílice pura; sus formas son variables, pero están bien determinadas y se separan fácilmente en géneros y en especies distintas. Asi en cuanto á la familia de vacillarias (figura 8), los individuos que se encuentran en estado fósil, presentan las mismas divisiones y las mismas líneas transversales que las especies vivas del mismo grupo; con los restos de las bacillarias, se encuentran tambien algunas veces espículas siliceas ó sustentáculos interiores de esponjas de agua dulce; *spongilla* de Lamarck. Estos tubos silíceos y espículas, aunque muy duras, son muy frágiles, se rompen como vidrio y reducidos á polvo, son muy á propósito para pulimentar la superficie de los metales.

Además del *tripoli*, que se compone exclusivamente de los fósiles descritos anteriormente; se encuentra en la parte superior de la grande capa de Bilin, otra

«El polvo que hoy hollamos gozó vida en otro tiempo!»
(Byron).

Esta exclamación del poeta por mas energética que sea, no nos da, sin embargo, mas que una idea muy débil de las maravillas de la naturaleza. Porque á cada paso adquirimos la prueba de que el polvo calizo ó silíceo de que se componen las colinas, no solo ha gozado vida en otro tiempo, sino que tambien cada partícula por invisible que sea á la simple vista, conserva todavía la estructura orgánica que en épocas muy remotas le imprimiera el poder vital.

FÓSILES DE AGUA DULCE Y FÓSILES MARINOS. Las capas presentan todas la misma forma, bien hayan sido depositadas en agua salada ó formadas en agua dulce; pero los fósiles que contienen son muy diferentes, porque los animales acuáticos que frecuentan los lagos y los rios son distintos de los que habitan el mar. En la parte septentrional de la isla de Wight, se ven en mas de 15 metros de elevación formaciones de margas y de calizas, en las cuales casi todas, si no todas las conchas, pertenecen á especies extinguidas. Sin embargo, es fácil de reconocer su origen de agua dulce, porque pertenecen á los géneros que abundan hoy en los estanques y en los lagos de nuestras comarcas ó de las latitudes mas cálidas.

El número de conchas terrestres que se ven esparcidas al través de los depósitos de agua dulce, es verdaderamente prodigioso, y se citan distritos en Alemania en que las rocas contienen rara vez otros fósiles que conchas de caracol; tal es la caliza de la orilla izquierda del Rin, entre Maguncia y Worms, en Oppenheim, Findheim, Budenheim y otros puntos. Para explicar este fenómeno, el geólogo no tiene mas que examinar, cuando las aguas bajan, los deltas de los torrentes que entran en los lagos de la Suiza; por ejemplo, la llanura nuevamente formada en el punto en que el Kander desemboca en el lago de Thoune. Allí verá arena y limo sembrados de innumerables conchas terrestres muertas, y que han sido arrastradas de los valles de los Alpes en la primavera anterior al tiempo de derretirse las nieves. Del mismo modo si se examinan las arenas de las orillas del Rin en la parte inferior del curso de este rio, se encontrará un número infinito de conchas terrestres mezcladas con otras especies de los lagos, de los estanques y de los pantanos. Estas conchas habrán sido traídas por las aguas desde las llanuras aluviales, del gran rio y de sus tributarios, algunas de las regiones montañosas, y otras de las comarcas bajas.

Aunque las formaciones de agua dulce presentan frecuentemente un gran espesor, son, sin embargo, muy limitadas en superficie comparativamente á los depósitos marinos, porque los lagos y los estuarios, no presentan mas que dimensiones muy cortas en comparación de los mares.

Se puede reconocer una formación de agua dulce en la ausencia de diversos fósiles que se encuentran casi invariablemente en las capas marinas. Por ejemplo, no se observan en ella esquinós, ni corales y rara vez zoófitos; tampoco se observan conchas con divisiones, tales como el nautilo y los foraminíferos. Pero principalmente por la forma de los moluscos es como se llega á determinar este género de formación. En un depósito de agua dulce, el número de conchas es con frecuencia tan grande, sino mayor, que en una capa marina; pero estas conchas varían poco en cuanto á la especie y al género. Podría esperarse, segun este hecho, que los géneros y las especies de agua dulce y terrestres recientes, se hallen en corto número comparativamente á las especies marinas. Asi los géneros de verdaderos moluscos, segun el sistema de Blainville, excluyendo las especies extinguidas y los que no tienen conchas se elevarian próximamente á 200, entre los cuales los géneros terrestres

piedra mas pesada y mas compacta, una especie de semi-ópalo (resinita, ó pedernal resino de los autores franceses), llena de innumerables restos de diatomáceas, y de espículas de spongillas, pegadas juntamente por un cemento silíceo. Se supone que estas son las partes silíceas de las diatomáceas mas delicadas que han sido disueltas por el agua, y han dado tambien origen á esta especie de ópalo, en el cual los fósiles mas durables se conservan como los insectos en el ámbar. Esta opinion se encuentra confirmada por el hecho de que los cuerpos orgánicos disminuyen en número, y pierden la aspereza de sus contornos á medida que la cantidad de cemento opalino aumenta.

En el *tripoli* de Bohemia, como en el de Planitz en Sajonia, las especies de diatomáceas (ó infusorios, como las llama Ehrenberg), son de agua dulce; pero en el *tripoli* de otras comarcas, en el de la Isla de Francia, por ejemplo, las especies son marinas y todas pertenecen á las formaciones del periodo terciario, del cual hablaremos mas adelante.

Ehrenberg ha demostrado tambien que la sustancia bien conocida con el nombre de *mineral de hierro de los pantanos*, y que se encuentra con frecuencia en los musgos de las hornagueras, se compone de innumerables hilos articulados, de color amarillo de ocre, formados en parte de sílice y en parte de óxido de hierro. Estos hilos son las envolturas de un pequenísimo cuerpo microscópico llamado *gallonella ferruginea* (fig. 10).

Es evidente que ha debido pasar un tiempo considerable durante la acumulación de las capas á cuya formación han contribuido los restos de estas innumerables generaciones de diatomáceas, y este descubrimiento nos conduce naturalmente á presumir que otros depósitos considerados habitualmente como compuestos de materias orgánicas, proceden del despojo de cuerpos orgánicos microscópicos. Se habia sospechado frecuentemente que la creta blanca se encontraba en este último caso, porque se veia esta roca abundar en diferentes fósiles marinos, tales como echinidos, testáceos, briozoarios, corales, esponjas, crustáceos y peces. Lonsdale, examinando en el mes de octubre de 1835, en el museo de la Sociedad Geológica de Londres, ejemplares de creta blanca, procedentes de diferentes localidades de Inglaterra, descubrió que pulverizando la materia en el agua, las partes que no parecen ser á simple vista mas que pequeños granos blancos, son en realidad fósiles bien conservados. Obtuvo mas de un millar de estos fósiles por 500 gramos de creta; algunos eran fragmentos pequeños de briozoarios y de coralinias, otros eran foraminíferos enteros y ceterídeos. Las figuras siguientes darán una idea de las magníficas formas de algunos de estos cuerpos. La figura *a* (figuras 13, 14, 15 y 16) representan su tamaño natural, pero por diminutas que parezcan, las mas pequeñas de entre ellas, tales como *a* de la figura 16, son gigantescas, si se comparan con las envolturas de diatomáceas de que se ha hablado anteriormente. Se ha descubierto, además, últimamente que los espacios que dividen estos foraminíferos, estan hoy día frecuentemente llenos de millones de otros cuerpos orgánicos perfectamente conservados, del género de aquellos que abundan en cada grano pequeño de creta, y que son sobre todo visibles en la capa blanca del pedernal, donde se les ve acompañados de innumerables espículas aciculares de esponjas. Cuando se reflexiona sobre estos descubrimientos, naturalmente se llega á suponer que, así como el cemento amorfo de la resinita de Bilin, se deriva en cuanto á su composición de materias animales y vegetales, del mismo modo un gran número de las piedras de la creta en que no se reconoce vestigio alguno de estructura orgánica, pueden, sin embargo, haber sido formados en parte de animalillos microscópicos.

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 unimuscúles 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*, *Esoc*, *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 Missisipi, 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-