

grandes clases de rocas, bajo dos puntos de vista distintos: en primer lugar se pueden considerar simplemente como masas minerales que traen su origen de masas particulares que tienen cierta composición, una forma y una posición particular en la costra terrestre, ó poseen otros caracteres positivos y negativos, tales como la presencia ó ausencia de restos orgánicos. En segundo lugar se puede ver en las rocas de cada clase una gran serie cronológica de monumentos que atestiguan una sucesión de hechos en la historia primitiva del globo y de los seres vivientes que le han habitado.

Continuemos pues describiendo cada una de las familias de rocas: primero, bajo el aspecto de sus caracteres no cronológicos, y después bajo el de su sucesión en las diferentes épocas en que han sido formadas.

## CAPITULO II.

### ROCAS ACUOSAS: SU COMPOSICION Y SUS FORMAS DE ESTRATIFICACION.

Para seguir el orden que nos hemos trazado en el capítulo anterior, empezaremos por examinar las capas acuosas ó sedimentarias que están en su mayor parte distintamente estratificadas y contienen fósiles. Primero deberemos estudiarlas bajo el aspecto de su composición mineral, por su apariencia exterior y su posición, de su forma primitiva, de los depósitos orgánicos que contienen y de los demás caracteres que le son propios como formaciones acuosas; este género será independiente de su edad; después las presentaremos cronológicamente, es decir, en sus relaciones con los períodos geológicos sucesivos en que han sido formadas.

Ya hemos dado una idea de los motivos que hacen creer que las rocas estratificadas y fosilíferas han sido primitivamente depositadas debajo del agua; pero antes de entrar en un examen más detallado, será bueno decir algunas palabras acerca de las materias ordinarias de que se componen estas rocas. Se pueden dividir en tres grupos: arenáceas, arcillosas y calizas; la arena, la arcilla ó el carbonato de cal, dominan en cada uno de estos grupos. Las masas arenosas se componen principalmente de granos silíceos; las masas arcillosas de una mezcla de materia silícea con cierta porción de una cuarta parte próximamente de tierra aluminosa; finalmente, las calizas, por otro nombre piedras de cal, consisten en ácido carbónico y cal.

**ROCAS ARENACEAS Ó SILICEAS.** Debemos primero hablar de la división de las arenas. Se encuentran frecuentemente lechos cuyos granos son todos de sílice; la denominación de sílice se aplica á todos los minerales puramente silíceos como el cuarzo y el pedernal común; el cuarzo no es más que sílice en su estado de mayor pureza; el pedernal ó piedra de chispa, contiene una mezcla de alúmina y óxido de hierro. Los granos silíceos que componen la arena están ordinariamente redondeados como por la acción del agua corriente. El gres es una reunión de estos mismos granos unidos frecuentemente sin aumento alguno visible, pero más comúnmente por una corta cantidad de materia caliza ó silícea, de hierro ó de arcilla.

Una roca silícea pura, es fácil de reconocer en que no hace efervescencia cuando se vierte en su superficie una gota de ácido nítrico ó de ácido sulfúrico ó de otro cualquier ácido, y en que sus granos no pueden ser separados ó triturados sin cierta presión. En la naturaleza existe toda especie de gradación entre la arena perfectamente desmenuzable y el gres más duro. En los gres micáceos, la mica se encuentra

en abundancia, y las pequeñas láminas plateadas que dividen este mineral, son depositadas frecuentemente en listas paralelas á los planos de estratificación, y dan á la roca una estructura esquistosa ó laminar.

Cuando el gres está formado de granos gruesos, se llama ordinariamente *guijo (grit)*. Si los granos son redondeados y bastante gruesos para merecer el nombre de guijarro, el gres toma el nombre de *conglomerato ó puddinga* que puede estar formado de una ó muchas especies de rocas. Un conglomerato, no es por consiguiente más que un casquijo unido por un cemento.

**ROCAS ARCILLOSAS.** La arcilla, estrictamente hablando, es una mezcla de cerca de una cuarta parte de sílice con bastante proporción de alúmina ó tierra arcillosa; pero en el lenguaje común, toda tierra que posee bastante ductilidad en el agua para ser modelada ó labrada por el alfarero, recibe el nombre de *arcilla*. Las arcillas varían mucho en su composición, y no son generalmente sino el fango que procede de la descomposición ó de la trituración de las rocas. La arcilla más pura que se encuentra en la naturaleza, es la que sirve para fabricar la porcelana ó *kaolin*; procede de la descomposición de una roca compuesta de feldspato y de cuarzo; este último mineral queda siempre casi mezclado con el kaolin. El esquisto tiene como la arcilla la propiedad de hacerse plástico en el agua; condensado por la presión, tiene una consistencia más sólida que la arcilla ó que toda materia arcillosa. Se divide ordinariamente en láminas más ó menos regulares.

Uno de los caracteres generales de todas las rocas arcillosas, es, desprender un olor terroso particular cuando se le echa el aliento; este es un signo de la presencia de la alúmina, aunque este olor no puede ser atribuido positivamente á la alúmina pura; pero pertenece á la combinación de esta sustancia con el óxido de hierro.

**ROCAS CALIZAS.** En esta división comprendemos las rocas, que como la creta, están principalmente compuestas de cal y de ácido carbónico. Las conchas y los corales están igualmente formados de los mismos elementos con la adición de materia animal. Para obtener la cal pura, es preciso calcinar las sustancias calizas, es decir, exponerlas á un calor suficiente para arrojar de ellas el ácido carbónico, y las demás materias volátiles. La creta blanca es comúnmente carbonato de cal puro; esta roca aunque ordinariamente blanda y terrosa, suele ser bastante sólida para usarse en construcciones; pasa algunas veces al estado de piedra compacta; es decir, de piedra cuyas partes componentes son tan pequeñas que no se podría distinguir las unas de otras á la simple vista.

Gran número de calizas se hallan enteramente formadas de fragmentos imperceptibles de conchas y de corales ó bien de granos calizos unidos por un cemento, podrían llamarse á las calizas de este último género *gres calizos*; pero esta denominación conviene más á una roca cuyos granos son en parte calizos, y en parte silíceos, ó á gres cuarzosos cimentados por carbonato de cal.

La variedad de caliza que se llama *colita*, se compone de muchos granillos ovoideos semejantes á huevos de pez; cada uno de estos granos contiene ordinariamente en su centro un fragmento de arena al rededor del cual se han acumulado capas concéntricas de materia caliza. Toda caliza bastante dura para recibir un buen pulimento se llama *mármol*. Hay un gran número de mármoles fosilíferos; el mármol estatuario, que se llama también caliza sacaroidea, y por su estructura se parece á la del azúcar, está desprovisto de fósiles y en algunos casos ha pasado á la serie metamórfica.

La *caliza silícea*, es una mezcla íntima de carbo-

nato de cal y de sílice; y es tanto más dura, cuanto mayor proporción contiene de materia silícea.

Se puede reconocer la presencia del carbonato de cal en una roca vertiendo en su superficie una gota de ácido sulfúrico, nítrico ó muriático, y aun de vinagre fuerte; la cal teniendo mayor afinidad química para cada uno de estos ácidos que para el ácido carbónico se apodera de ellos inmediatamente y forman nuevos compuestos, tales como sulfato, nitrato, ó muriato de cal. El ácido carbónico, una vez separado de la cal se desprende en forma de gas y hace efervescencia formando burbujas al través del líquido. Esta efervescencia es viva ó débil según el grado de pureza ó de mezcla de la caliza, y para expresarlo en otros términos según la cantidad de materia extraña que se halle mezclada con el carbonato de cal. Sin este ensayo, la persona más ejercitada no podría siempre reconocer la presencia del carbonato de cal en las rocas.

Las tres clases de rocas arriba mencionadas, silíceas, arcillosas ó calizas, pasan constantemente de una á otra, y rara vez se encuentran en un estado de separación perfecta ó de forma pura. Por una excepción á la regla general, se encuentra una caliza tan pura como la creta blanca ordinaria ó una arcilla tan exclusivamente aluminosa como la que se usa en Cornwall para la fabricación de la porcelana ó arena tan completamente compuesta de granos silíceos como la arena blanca de Alum-Bay, en la isla de Wight, ó un gres tan cuarzoso como el de Fontainebleau. Por lo general se encuentra arena y arcilla, ó arcilla y marga mezcladas en la misma masa. Cuando la arena y la arcilla dominan á la vez en una roca, se llama esta mezcla *limo*. Si hay mucha materia caliza en la arcilla, se llama *marga*; pero desgraciadamente se ha usado de una manera tan vaga esta expresión, que ha llegado á veces á ser ambigua. Se ha aplicado á sustancias en que no hay cal como al limo rojo que se llama marga roja en ciertas partes de Inglaterra. Los agricultores tienen la costumbre de dar el nombre de marga á todo suelo que como la verdadera marga se hace polvo cuando se expone al aire. De aquí viene la confusión en el uso de esta palabra para designar los suelos formados de limo y fáciles de trabajar con el arado, aunque desprovistos de cal.

El *esquisto margoso* es á la marga lo que el esquisto es á la arcilla; es un esquisto calizo. Abunda en ciertos países, sobre todo en los Alpes de la Suiza; la caliza arcillosa ó margosa es igualmente muy común.

No sabemos que existan en la composición de las capas sedimentarias otras rocas bastante importantes para que sea necesario detenernos aquí á caracterizarlas. Debemos sin embargo evitar todavía dos; la *caliza magnésiana* ó dolomía y el yeso. La caliza magnésiana está compuesta de carbonato de cal y carbonato de magnesia; la porción de este último elemento es en algunos casos cerca de la mitad. La caliza magnésiana hace una efervescencia mucho más lenta y más débil en los ácidos que la caliza ordinaria. En Inglaterra es generalmente de color amarillento, pero varía mucho en cuanto á sus caracteres mineralógicos; pasa sucesivamente del estado terroso al estado compacto adquiriendo una gran dureza. La *dolomía*, tan común en varias partes de Alemania y Francia, es también una variedad de caliza magnésiana que presenta ordinariamente una testura granugenta.

**YESO.** El yeso es una roca compuesta de ácido sulfúrico, cal y agua. Es habitualmente blanda, de color blanco amarillento y de testura semejante á la del azúcar; pero también algunas veces se compone de cristales lenticulares. Es insoluble en los ácidos y no hace efervescencia con la creta ó la dolomía, porque no contiene gas ácido carbónico ó aire fijo, sino que

la cal que existe en él es combinada con el ácido sulfúrico, con el cual tiene mayor afinidad que por ningún otro ácido. El yeso anhidro es una variedad rara en la cual no entra el agua como parte constitutiva. La marga yesosa es una mezcla de yeso y de marga; el alabastro es una variedad de yeso granoso ó compacta, que se encuentra en masas bastante considerables en la naturaleza para ser usadas en la escultura y arquitectura.

El alabastro se presenta algunas veces bajo la forma de una sustancia pura y blanda como la nieve, por ejemplo, en Volterra de Toscana. En este estado se trabaja para hacer objetos de arte en Florencia y Liorna. El alabastro es menos duro que el mármol y más fácil de trabajar.

**FORMAS DE EXTRATIFICACION.** Una serie de capas se compone de una, de dos, y á veces de mayor número de las rocas anteriores alternando por lechos.

Así en los distritos hullíferos de Inglaterra, no es raro encontrar toda una serie de lechos de gres, unos de grano más fino y otros de grano más grueso; algunos de color blanco, otros de color negruzco, etc.; y bajo estos lechos, otros de esquisto y de gres que se dividen en hojas y contienen impresiones de plantas. Después se descubren capas de carbon puro ó impuro alternando con otros esquistos y otros gres y debajo de todo se encuentran quizás lechos calizos llenos de corales y de conchas marinas, distinguiéndose cada lecho uno de otro por ciertos fósiles ó por la abundancia de especies particulares de moluscos ó zoófitos.

Esta alternativa de diferentes especies de rocas producen la extratificación más distinta; en una serie de muchos centenares de capas, se encuentran frecuentemente lechos de caliza y de marga, de conglomerato y de gres, de arena y de arcilla, que se suceden muchas veces en un orden casi regular. Las causas que pueden haber producido estos fenómenos son varias; Lyel habla de ellas á fondo en su *Tratado de las transformaciones modernas que se han verificado en la superficie de la tierra*. Se ve en los capítulos en que se trata de este asunto, que los ríos que desembocan en los lagos y en los mares, están cargados de sedimentos variables en cantidad, en composición, en color y en grano según las estaciones; sus aguas son en unas épocas abundantes y rápidas, y en otras bajas y tranquilas; sus diversos tributarios inundan comarcas y suelos diferentes, y por consiguiente se cargan de sedimentos particulares según las épocas. Igualmente ha demostrado dicho autor que las olas del mar y las corrientes ahondan y minan los precipicios durante los huracanes del invierno, y arrastran al fondo de las aguas las materias que han arrancado mientras que durante el buen tiempo los movimientos del Océano no precipitan más que lodo muy fino.

No entra en el objeto de esta obra dar una descripción detallada de estas acciones que se han repetido de año en año y de siglo en siglo como lo hacen todavía hoy; pero se puede dar una explicación de la manera cómo se han formado ciertos gres micáceos, por ejemplo, aquellos en que se observan innumerables hojillas de mica que separan otras hojas de arena fina cuarzosa. Esta misma disposición de materias se ha observado en el lodo recién depositado en la bahía de la roca de San Bernardo en Bretaña á la embocadura del Loira. Las rocas inmediatas son de gneiss y alimentan el fango que consiste en arcilla parda, hojosa dividida por venilla de mica. Por medio de un experimento muy sencillo se puede explicar la separación de la mica en estos casos en el del gres. Si se echa en la corriente de un arroyo claro un puñado de arena cuarzosa mezclada con mica, se ve en el momento verificarse en el agua una división de materias; los granos de cuarzo se irán casi inmediatamente al fondo, mientras que las hojas de mica emplearán más tiempo

para llegar á él, y serán arrastradas mas lejos por la corriente. En el primer momento el agua se verá enturbada, pero bien pronto las superficies planas de las hojas de mica aparecerán reflejando una luz plateada y despues descenderán lentamente para ir á formar en el fondo un lecho de láminas micáceas muy distintas. La mica es el mas pesado de los dos minerales, pero permanece mas tiempo suspendida en el liquido á causa de la mayor extension de superficie que presenta. Es pues fácil de reconocer que donde quiera que el lodo se halle sometido á los movimientos de un rio ó del mar, las hojas de la mica serán arrastradas mas lejos y no se depositarán en los mismos puntos que los granos de cuarzo; y puesto que la fuerza y la rapidez de la corriente varian de un tiempo á otro, se irán depositando sucesivamente capas de mica y de arena en el mismo fondo.

**HORIZONTALIDAD PRIMITIVA.** Se admite generalmente que las superficies superior é inferior de las capas ó *planos de estratificación* son paralelas. Aunque esta asercion no sea enteramente cierta, los planos se aproximan, sin embargo, al paralelismo en razon á que el sedimento ha sido ordinariamente depositado en lechos casi horizontales. No podria atribuirse la causa de esta disposicion á una nivelacion ni á una horizontalidad primitiva del lecho del mar, porque es sabido que en los puntos donde no se ha depositado materia alguna adventicia, el fondo del mar es tan desigual como la superficie de la tierra, y presenta como ella montes, valles y quebradas. Sin embargo, si el mar bajara ó el agua se retirara cerca de la embocadura de un rio, donde hubiera existido primitivamente un delta, veríamos vastas llanuras de fango y de arena que quedaria en seco y que á la vista parecerian perfectamente unidas, y que en realidad se inclinarian suavemente desde la tierra hácia el mar.

La tendencia que tienen las capas nuevamente formadas á tomar una posicion horizontal procede principalmente del movimiento del agua que obliga á las partículas de arena ó de lodo á precipitarse y fijarse en cavidades donde se hallan menos expuestas á la violencia de las corrientes, que cuando estaban en puntos elevados. La velocidad de la corriente y el movimiento de las ondas disminuyen de intensidad á medida que se baja y llegan á su minimum en los puntos donde el agua es mas profunda.

A veces suelen observarse buenos ejemplos del fenómeno que acabamos de indicar en la inmediacion

de un volcan donde se ha verificado un corte natural ó artificial; este corte deja en descubierto una serie de fajas diferentes de arena y cenizas de varios colores que han caido en forma de lluvia sobre un suelo desigual. Supongamos que A y B hayan sido dos ele-



vaciones separadas por un valle, estas desigualdades primitivas de la superficie han desaparecido gradualmente bajo lechos de arena y cenizas *c d e*, la superficie *c* se halla hoy dia perfectamente unida. Aunque las materias de las primeras fajas se hallan dispuestas de modo que se adapten poco mas ó menos á la forma del suelo *A B*, se ve, sin embargo, que cada una de ellas es mas gruesa hácia el fondo. Una gran cantidad de partículas han sido arrastradas en un principio por su peso á la parte inferior de las pendientes *A B*, y otras despues han sido impelidas por el viento á medida que caian de la cumbre, y se han depositado en las cavidades: asi estas cavidades han ido desapareciendo á medida que las capas se han acumulado de *c á e*. Quizá se haria mas clara la explicacion que precede, suponiendo cierto número de zanjas paralelas abiertas en una llanura de arena movediza, tal como el desierto de Africa, y que el viento hubiera hecho en seguida desaparecer restableciendo la superficie tan unida como estaba antes.

El agua en su movimiento puede ejercer sobre semejantes materias su accion niveladora mas fácilmente que el aire, porque la mayor parte de las piedras pierden en el agua mas de una tercera parte del peso que tenían al aire, y el peso específico de las rocas viene á ser generalmente dos y medio tomando el del agua por unidad. Pero la ligereza de la arena ó del lodo, es mayor aun en el mar, porque la densidad del agua salada excede á la del agua dulce.

Por mas uniforme y horizontal que pueda ser en general la superficie de los cuerpos nuevamente formados, existen sin embargo muchas causas desorganizadoras; tales son los remolinos y las corrientes que

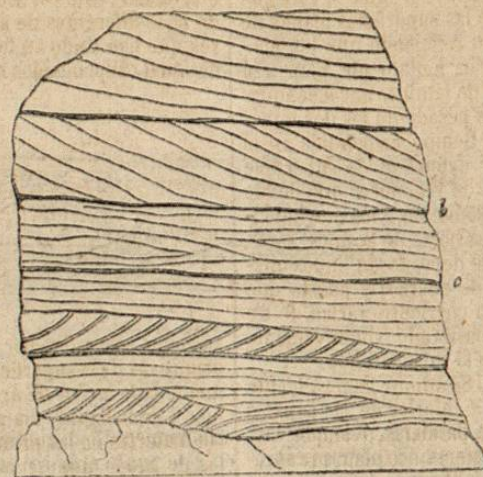


se mueven ya en un sentido, ya en otro, y que ocasionan frecuentes irregularidades. Algunas veces se puede seguir un lecho de caliza, de esquisto ó de gres, hasta una distancia continua de algunos metros, pero casi siempre se observa que cada capa particular se va adelgazando y permite á otras capas que en un principio se hallaban encima y debajo de su nivel, encontrarse y unirse. Si las materias que las componen son duras como los gres y los conglomeratos, los mismos lechos no pueden continuar de una longitud de algunos metros sin variar en sus dimensiones y á veces terminan repentinamente.

**ESTRATIFICACION DIAGONAL Ó CRUZADA.** Hay tambien otro fenómeno que se renueva con frecuencia; se encuentran series de capas compuestas cada una en partículas de cierto número de hojas dirigidas

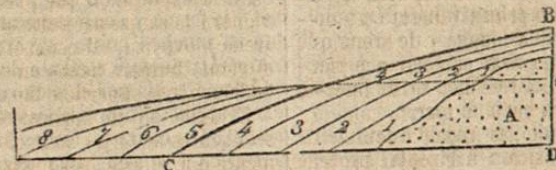
oblicuamente á los planos generales de la estratificación. A esta disposicion diagonal se la ha dado el nombre de *estratificación falsa ó cruzada*. Asi en el corte se ven siete ú ocho grandes capas de arena movediza, amarilla y parda; las líneas *a, b, c*, designan algunos planos de estratificación que son casi horizontales. La mayor parte de las láminas subordinadas á estas capas, no son conformes á sus planos, pero están frecuentemente inclinadas, y su inclinacion se dirige algunas veces hácia todos los puntos de la brújula. Cuando la arena es movediza é incoherente, como en el caso que representamos aquí la desviacion de las láminas intermediarias no podria ser explicada por ninguna especie de colocacion nueva operada durante la consolidacion de la roca.

Veamos si estas especies de irregularidades pueden



ser atribuidas á la disposicion primitiva. Es preciso suponer que en el fondo del mar, como tambien en el lecho de los rios, los movimientos de las olas, de las corrientes y de los remolinos hacen que el limo, la arena y el guijo se acumulen en montecillos sobre

puntos aislados, en lugar de extenderse uniformemente en una ancha superficie. Algunas veces despues que los bancos han sido formados asi, las corrientes se abren paso al traves de su masa de la misma manera que un rio abre su lecho. Si admitimos que el banco

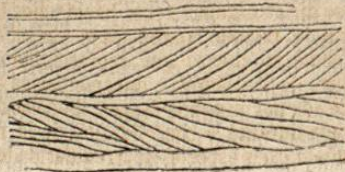


A tenga un origen semejante que presente uno de sus lados escarpado y que durante un periodo de tranquilidad de las aguas, la capa de sedimento número 1, se haya depositado en su superficie, adaptándose á sus desigualdades, las demas capas 2, 3, 4 podran despues depositarse sobre las anteriores de modo que produzcan el banco B, C, D. Si la corriente aumenta

entonces en velocidad, arrebatará la porcion superior de esta masa siguiendo la línea puntuada *e*, y depositará los materiales mas lejos, bajo la forma de las capas 5, 6, 7 y 8. Se tendrá pues un banco B, C, D, E, cuya superficie será casi unida y sobre el cual podran en último término acumularse las capas casi horizontales 9, 10 y 11.

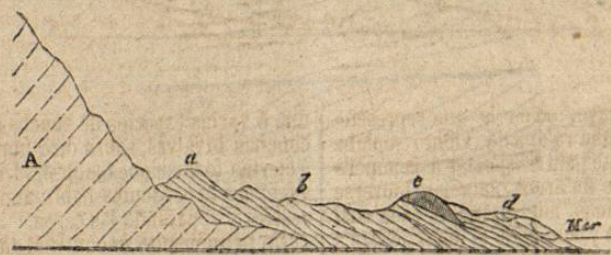


Hemos demostrado anteriormente que las hojas transgresivas de las capas que se van sucediendo, pueden algunas veces presentar entre sí una inclinacion opuesta. Se pueden dar muy buenos ejemplos de esta estructura en algunos barrancos compuestos de arena movediza en la costa de Suffolk. Esta disposi-



cion debe atribuirse á los cambios de direccion de la marea y de las corrientes que han sobrevenido en un mismo punto.

La descripcion que hemos dado anteriormente de la disposicion oblicua de los lechos en cada una de las capas, es en algunos casos aplicable en mayor escala á masas de un espesor de algunos centenares de metros y de una extension de varios kilómetros. De esto se puede ver un buen ejemplo en la base de los Alpes marítimos cerca de Niza. Las montañas terminan allí de una manera tan escarpada en el mar, que generalmente la sonda da una profundidad de algunos centenares de brazas, á la simple distancia de un tiro de fusil de la orilla, y algunas veces hasta la profundidad de novecientos metros á una distancia de ochocientos. Pero en estos puntos entre la orilla y la montañ



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 rio 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 rio 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 rio 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 estio, 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 podian 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 venian 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 unian unas á otras y concluian 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 sopla con una fuerza suficiente para trasportar á la superficie ondulada una nube de arena, se veian 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*, caian 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 veia 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 confundia 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 dias 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 rio 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, podian 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. Seria 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 vivian 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 serpulas, 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.