

puntos hayan existido cráteres laterales, donde se hubiesen acumulado el lignito y los lechos de hojas; en efecto, aunque las bocas volcánicas sean notablemente raras en la isla de la Madera, respecto al número considerable de conos perfectos, se observa en el monte llamado Lagoa, á 4 kilómetros Oeste de Machico, un cráter tan perfecto como el de Astroni cerca de Nápoles.

En la parte inferior de la cavidad circular (fig. 549), de unos 45 metros de profundidad, se encuentra una llanura de 150 metros poco mas ó menos de ancha, ocupada en su parte media por un estanque, hácia el cual se inclina suavemente la porcion plana del suelo desde todos los puntos del horizonte. Los cráteres apagados ofrecen con frecuencia una tabla de agua de este género en su interior; excepto hácia su parte media el estanque en cuestion es poco profundo y alimenta plantas acuáticas. Un gran número de hojas habrán sido, sin duda, lanzadas allí desde las alturas circunvecinas, para formar una masa de materias se-



Corte al través de la region central de la isla de la Madera, de Este á Oeste.
A. Porcion de la meseta llamada el Paul de Serra.—B. Curral; valle de 90 metros de profundidad.—C. Pico grande.—D. Valle de la Serra d'Agua.

mas elevados. Algunos autores le han comprado á un cráter ó caldera, porque su porcion superior se halla situada en la region donde abundan las eyecciones y los diques. El Curral, sin embargo, se extiende sin disminuir de profundidad mas allá de esta region, y deja ver muy distintamente todos los lechos que le componen. Las masas volcánicas de que está formado, tampoco se inclinan hácia la parte exterior en todas direcciones, partiendo del Curral como de un punto central ó del eje hueco de un cono. El Curral no es en realidad mas que uno de los tres grandes valles que irradian del distrito mas montuoso; una segunda depression, llamada la Terra de Agoa D, es casi tan profunda; un rio la recorre de Norte á Sur; un tercer valle, el de la Janella, envia sus aguas hácia el Norte. El corte que hemos representado, y que pasa al través de una porcion del eje de la isla, en la direccion E. y O. demuestra, cómo el Curral y la Terra d'Agua, B y D, estan separados por una cresta estrecha y elevada C, de un punto de la cual se levanta á cerca de 1,645 metros, el Pico Grande. No hay diferencia esencial de forma entre estos tres grandes valles y algunos de los que en los Alpes y en los Pirineos no han tenido relacion con ninguna accion volcánica.

En los Alpes, como en otras cordilleras elevadas, la formacion de los valles ha sido sin duda favorecida por los movimientos subterráneos graduales ó repentinos y por la dislocacion de las rocas. Otro tanto se puede decir de la isla de la Madera y de casi toda region volcánica que llega á una gran elevacion; pero si se considera que las alturas centrales llegan á mas de 1,800 metros sobre el nivel del Océano, y que las aguas que corren de ellas, engrosadas por el derretimiento de las nieves, llegan al mar despues de un curso que apenas pasa de 9 kilómetros, como sucede en el Curral y casi lo mismo en la Terra d'Agua, se comprenderá que la desnudacion puede producirse simplemente por erosion al aire.

La ausencia general de piedras desgastadas por las aguas, en las tobas que cubren á las lavas en la isla de la Madera, es muy sorprendente, y contrasta con la

mejantes á la turba, y susceptibles de convertirse en lignito.

Si algunas corrientes de lava, bajando de las alturas mas considerables, hubieran entrado en este cráter de Lagoa, hubiesen formado masas gruesas de roca compacta, que se habrian enfriado lentamente bajo una gran presion, como las que se hallan hoy sobrepuetas al lignito impuro de San Jorge. La inclinacion de este último depósito no podria ser claramente determinada, porque las capas no son visibles mas que en una extension muy corta; otro tanto se puede decir del lecho de hojas, del cual se descubre, sin embargo, una porcion mas inferior bajando la quebrada. Parece, no obstante, que la inclinacion es hácia el Norte, es decir, hácia el mar; concuerda con la inclinacion general de las capas basálticas y tobáceas.

En el centro de la isla de la Madera hay un valle profundo, llamado el Curral, que ocupa la parte B de la figura adjunta, y está rodeado de precipicios que tienen de 400 á 800 metros de altura, y de picos aun

presencia frecuente de lechos de guijo debajo de un gran número de corrientes en Auvernia. Ella prueba que la isla de la Madera, lo mismo que las montañas volcánicas de Java ó el monte Etna y otros, no han podido, por varias razones que hemos explicados anteriormente, tener un solo torrente en su superficie, mientras que las erupciones han sido frecuentes en sus pendientes. Por consiguiente el período de erosion fluvial ha debido seguir la formacion del núcleo central de eyeccion c y de las lavas d. Si se admite que estas lavas son de origen supra-marino hasta un nivel tan bajo como el marcado por la línea p, s, t, y quizá mas bajo aun, será preciso conceder tambien que una isla de mas de 1,220 metros de altura se ha formado sin que ningun alzamiento se haya verificado.

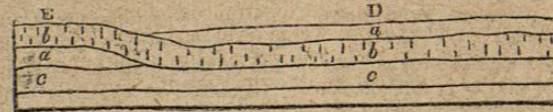
Los movimientos que han elevado los depósitos marinos de San Vicente se han limitado á un corto espacio ó desarrollado en una gran extension. Pero hasta qué grado han modificado la forma de la isla ó aumentado su altura? ¿Hasta qué punto tambien se debe atribuir á estos movimientos la gran inclinacion de las lavas que se percibe en las quebradas contra los lados de la montaña fh y eg? Se puede suponer que las lavas de fecha mas moderna, cerca de Funchal, han quedado relativamente horizontales, porque han escapado á la accion de las fuerzas perturbadoras á que el núcleo mas antiguo se halló expuesto. Sin que debamos discutir aquí este asunto (del que se ha tratado tan completamente hablando de la Palma) observaremos que muy ciertamente diferentes partes de la isla de la Madera han sido formadas sucesivamente. Cerca de Porto da Cruz, por ejemplo, en la costa septentrional, se encuentran traquitos de un tinte gris, y tobas traquíticas casi de color blanco, en lechos ligeramente inclinados ó casi horizontales, que han llenado en parte valles profundos abiertos anteriormente en las rocas basálticas mas antiguas; estas últimas rocas están inclinadas hácia el Norte en un ángulo de 10 grados, y cubren el lecho de hojas así como el lignito anteriormente señalados. Durante las convulsiones que acompañaron la salida de cada nueva serie de lavas, las ro-

cas mas antiguas fueron mas ó menos dislocadas á inclinadas, sin que por esto haya sido destruida la forma general de la antigua cúpula, que hemos supuesto haber sido el resultado de erupciones repetidas procedentes de los respiraderos del centro.

La localidad de Porto da Cruz ofrece un magnífico ejemplo, no solamente de los largos intervalos de tiempo que han separado las salidas de tablas distintas de lava, sino tambien de la anterioridad de las erupciones basálticas á las corrientes traquíticas. Se ha visto tambien un cono de este género en la vertiente Sur de la isla de la Madera; entre el Jardín y el Pico-Bodes, á la distancia directa de 9 kilómetros próximamente Nor-Oeste de Funchal, existe una serie perfectamente clara de rocas traquíticas, de un espesor considerable, y ocupando el punto geológico mas elevado. Esta serie consiste en traquitos blancos y grises que se manifiestan á alturas variables de 760 á 1,150 sobre el nivel del mar. Se explica su posicion admitiendo que estos son los lechos mas superiores representados en h en el corte, y sobre la pendiente encima de h. La hipótesis, segun la cual en cada serie de erupciones volcánicas las lavas traquíticas habrian corrido primero y despues habrian sido seguidas de las tablas basálticas, no está pues justificada en la isla de la Madera, aunque algunas de las corrientes mas modernas, como las del pie de los conos, sean basálticas.

Debemos trazar aquí otro rasgo de la estructura de la isla de la Madera; generalmente, la mas superior de las rocas volcánicas, á la altura máxima de 365 metros sobre la del mar, es un trapp compacto, feldspático, que contiene mucha olivina, y se separa en masas esferoideas de algunos decímetros de diámetro, sobre todo cuando una porcion del hierro se ha sobre-oxidado en la atmósfera. Delesse dice que en Francia se tomara la roca por un basalto, aun cuando se halle frecuentemente desprovista de augita, y resulte simplemente de una mezcla de feldspato verde negruzco y olivina. Cualquiera que sea el nombre que se le dé, se puede decir que la cubierta superficial de la isla, no solamente siguiendo la línea del corte, sino en una superficie mucho mas general, está formada de este trapp, excepto cerca del mar, donde se encuentran basaltos que no tienen la misma estructura esferoidea.

Como indicacion de una diferencia de edad considerable aun en las formaciones volcánicas superficiales de la isla de la Madera, haremos la observacion de



dos capas, tales como b y D, enfriarse despues y solidificarse sin producir discordancia alguna de estratificación. La superposicion no tiene pues tanto valor como carácter de edad para las rocas volcánicas no estratificadas como para las formaciones fosilíferas. No debe recurrirse á este carácter sino cuando las primeras de estas rocas son contemporáneas y no cuando son producto de intrusion. Ahora bien; se las llama contemporáneas cuando han sido engendradas por la accion volcánica simultáneamente con las capas acuosas que les están asociadas; por ejemplo, en el corte anterior en D se puede asegurar que el trapp b ha corrido sobre el lecho fosilífero c, y que despues de su solidificacion, a se ha depositado á su vez sobre el trapp, perteneciendo a y c al mismo período geológico. Pero si la capa a estuviera alterada por b

que algunos de los picos centrales, no parecen ser mas que esqueletos de los conos de erupcion, mientras que las formas de los conos mas modernos son regulares y no se observan diques que sobresalgan en sus cumbres ó en sus costados. Las lavas mas recientes tienen tambien en la isla de la Madera, en una localidad por lo menos, un aspecto particularmente reciente, comparadas con las mas antiguas, las cuales se hallan frecuentemente descompuestas en la superficie y hasta la profundidad de algunos metros. Véanse las corrientes de lava que se observan cerca de Port-Moniz (fig. 550); una de ellas está erizada de asperezas como lo están ciertas corrientes de Palma que datan de los tiempos históricos. La lava de Port-Moniz se halla atravesada por un lecho antiguo de torrente a como hemos descrito ya ejemplos. ¿Cuánto tiempo pueden conservarse tales caracteres de estructura? lo ignoramos; la duracion debe depender de la composicion mineral de la roca. Algunas de las lavas de Auvernia, de fecha antehistórica y ciertamente de la mas remota antigüedad, se hallan cubiertas de desigualdades casi tan pronunciadas; este aspecto de conservacion indica solamente con probabilidad un origen comparativamente moderno.

CAPITULO XXX.

SOBRE LAS DIFERENTES EDADES DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS.

Hemos referido las capas sedimentarias á una larga sucesion de períodos geológicos; debemos ahora investigar hasta qué punto las formaciones volcánicas pueden ser clasificadas en un orden cronológico semejante. Los caracteres de la edad relativa de esta clase de rocas son en número de cuatro: 1.º La superposicion y la intrusion con ó sin alteracion de las rocas al contacto; 2.º Los restos orgánicos; 3.º La naturaleza mineralógica; 4.º Los fragmentos enclavados de rocas mas antiguas.

CARÁCTER DE LA SUPERPOSICION, etc. Cuando una roca volcánica reposa sobre un depósito acuoso, se debe deducir que es mas moderna que aquel depósito; pero la regla no podria aplicarse si la formacion acuosa se hallase sobrepuesta á la formacion volcánica, porque una materia en fusion, viniendo de abajo arriba, ha podido penetrar en el seno de una masa sedimentaria sin llegar á la superficie, ó bien abrirse un paso entre

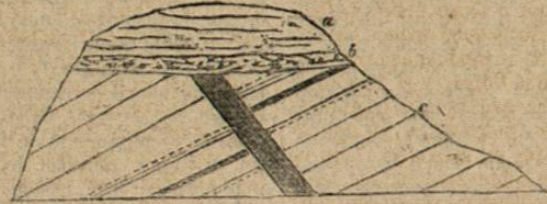
en el punto de contacto, deberíamos deducir que el trapp se habria introducido posteriormente; lo mismo sucederia si siguiendo á b á alguna distancia, se descubriera al fin que corta la capa a y la cubre despues como en E.

Hay mucho riesgo, sin embargo, de confundir una roca volcánica de intrusion con una roca contemporánea; porque una corriente de lava que se extiende por el fondo del mar no cubre por todas partes la misma capa, ya porque esta ha sido desnudada en algunos puntos, ya porque nuevamente formada se adelgaza en otros, lo cual permite á la lava trepar sobre sus bordes, además, el fluido igneo, corriendo sobre la superficie, no deja de abrir, por efecto de su peso, un lecho al través del limo y de la arena. Supongamos que una lava submarina F haya llegado

de esta manera á ponerse en contacto con las capas a, b, c, y que despues de su consolidacion, los lechos



d e se hayan depositado sobre ella en un sentido casi horizontal, pero de manera que sean discordantes con F; la apariencia de una intrusion subsiguiente será



Hulla. Dique. Hulla. Corte de Quarrington Hill, al Este de Durham. a. Caliza Magnesiana (Permiano).—b. Nuevo Gres Rojo inferior.—c. Capas de Hulla.

la Caliza Magnesiana, yacen encima y no están atravesadas por la roca eruptiva. Ahora bien, aquí las capas de hulla, no solamente estaban depositadas sino que habían sido ulteriormente dislocadas, hendidas y separadas antes que el fluido trapeano se hubiese introducido en la solucion de continuidad para formar allí el dique. Es claro tambien que algunos pedazos superiores del depósito hullífero, y al mismo tiempo ciertas porciones superiores de la masa inyectada, fueron arrebatadas por la desnudacion antes que el Nuevo Gres Rojo y la Caliza Magnesiana les hubiesen sido sobrepuestas. ¿En qué época se verificó este suceso? No se podría decir con precision, aunque la fecha de la erupcion volcánica no deba ser buscada en muy extensos límites. Este acontecimiento quizá tiene de fecha el fin del período Carbonífero ó una época menos remota, por ejemplo, la del Nuevo Gres Rojo Inferior, ó bien finalmente de un período intermedio á los anteriores, durante el cual el estado de la creacion animada y la geografia fisica de Europa, estaban en via de pasar del tipo Carbonífero al tipo Permiano.

El carácter de edad, ofrecido por la superposicion, se aplica esencialmente á toda toba volcánica estratificada, siguiendo la regla que hemos ya planteado para los depósitos sedimentarios.

CARÁCTER DE LA EDAD, PROPORCIONADO POR LOS RESTOS ORGÁNICOS. Hemos visto cómo, en la inmediacion de los volcanes en actividad, escorias, cenizas, arena fina y fragmentos de rocas lanzados en la atmósfera, caian en lluvia al suelo ó á los lagos, ó bien á los mares inmediatos. En el seno de las tobas así formadas se encuentran corales, conchas ó cualesquier otros cuerpos orgánicos durables que el acontecimiento ha sorprendido, ya en el fondo de un lago, ya en el de un mar, y estos cuerpos nos sirven de testimonios permanentes para recordar el período á que pertenece la erupcion volcánica. Capas tobáceas, formadas de esta manera en los alrededores del Vesuvio, del Etna, del Strómboli, y de otros volcanes en actividad, en las islas ó cerca de las costas, darán indicaciones sobre la edad relativa de la época mas ó menos lejana en que se habrán apagado los fuegos de estos montes volcánicos. Por hechos de este género, es como el geólogo establece coincidencias de edad entre las rocas volcánicas y las diferentes capas fosilíferas primarias, secundarias y terciarias.

Las tobas de que aquí se trata pueden no ser siem-

completa, aunque el trapp sea en realidad contemporáneo. No debe, pues, dudarse en afirmar que la roca F es de intrusion, á menos que se descubra que las capas d, e ó c, han sido alteradas por el calor en el punto de union.

Describiendo los diques de trapp, en el capítulo anterior, hemos demostrado que eran mas modernos que todas las capas que atraviesan. En Quarrington Hill, cerca de Dutham, un dique basáltico corta un terreno de hulla cuyas capas están inclinadas y separadas por un fallo tan marcado, que en el lado Norte del dique estas capas se hallan á 7 metros bajo el nivel de los lechos correspondientes al lado Sur. En cuanto á las hiladas horizontales del Gres Rojo y de

pre marinas; en tal punto contienen conchas de agua dulce, y en tal otro osamentas de cuadrúpedos terrestres. La diversidad de los restos orgánicos distribuidos al través de estas formaciones se comprende fácilmente; si se reflexiona la extensa dispersion de la materia vomitada en las últimas erupciones, por ejemplo, en la del volcan de Coseguina en la provincia de Nicaragua, el 19 de enero de 1835, Cenizas Calientes y escorias finas fueron lanzadas á una inmensa altura; cubrieron el suelo inmediato en un espesor de mas de 3 metros y en un radio de 32 kilómetros, partiendo del cráter en una direccion Sur. Aves, animales domésticos y bestias salvajes en gran número fueron muertos y quedaron sepultados en la ceniza. Algunos restos volcánicos fueron á caer hasta Chiapa, á mas de 1,700 kilómetros, y no en la direccion de veinte como pudiera creerse sino en direccion opuesta, prueba evidente de que existió entonces una contracorriente en la region superior de la atmósfera; cayó igualmente cierta cantidad de cenizas en la Jamaica, á una distancia de mas de 1,000 kilómetros al Nordeste. Tambien en plena mar y á mas de 1,600 kilómetros del punto de erupcion, el capitán Eden del Conway, reliere que navegó en una longitud de mas de 60 kilómetros al través de pomez flotante, de la cual se veian algunos pedazos de gran tamaño.

CARÁCTER DE LA EDAD, OFRECIDO POR LA COMPOSICION MINERAL. Así como un sedimento de composicion homogénea puede, al descargar en la embocadura de un ancho rio, depositarse en una superficie considerable, del mismo modo tambien una variedad particular de lava que corra de un cráter, durante una erupcion, se esparcirá á veces en una gran extension. La Islandia dió un ejemplo de esto en 1783; la materia fundida vomitada por el Skaptarjocul se precipitó á torrentes en direcciones opuestas y dió origen á una masa continua, cuyos puntos extremos distaban 135 kilómetros uno de otro. Esta enorme corriente de lava se solidificó en un espesor de 50 á 180 metros; su anchura variaba desde algunos centenares de metros á 24 kilómetros. Ahora bien, si por efecto del tiempo semejante masa hubiera llegado á fraccionarse, nos hallaríamos quizá todavia en el caso de reconocer la identidad de las porciones desprendidas por su semejanza de disposicion mineral. Sin embargo, este carácter no puede siempre servir al geólogo, porque aunque la lava producida durante una misma erup-

cion, y aun las corrientes sucesivas de un solo volcan ofrezcan habitualmente un carácter dominante, algunas veces, sin embargo, diferentes porciones de una sola corriente de lava ó de una masa continua de trapp varian de un modo sensible en su composicion y estructura mineral.

En Auvernia, en el Eifel y otros países donde se encuentran á un mismo tiempo el traquito y el basalto, la primera de estas rocas es casi siempre mas antigua que la última; pero las dos alternan algunas veces parcialmente en el volcan del monte Dor; hemos visto, por otra parte, que en la isla de la Madera, las rocas traquíticas cubrian una serie basáltica mas antigua. Sin embargo, la mayor parte de los traquitos ocupa una posicion inferior ó se encuentra cortada y cubierta por el basalto. No se debe deducir de esta circunstancia que el traquito ha predominado en cierta época, de la historia de la tierra, y el basalto en otra época, porque sabemos que las lavas traquíticas pertenecen á varios períodos sucesivos, y que aun salen hoy de muchos cráteres en actividad; pero en toda localidad en que han sobrevenido largas series de erupciones, las lavas mas feldspáticas parecen haber sido vomitadas las primeras, y las mas augíticas no han venido hasta despues. La hipótesis imaginada por Scrope, ofrece quizá una solucion satisfactoria á este problema. Segun el hábil observador, los minerales que abundan en el basalto tienen una pesantez específica mas considerable que los que componen las lavas feldspáticas; así la hornblenda, la augita y la olivina tienen cada una tres veces el peso del agua, mientras que el feldspato comun, la albita y la labradorita tienen apenas dos veces y media este peso; la diferencia es aun mas considerable cuando estos minerales se hallan en roca, porque el basalto y el greenstone contienen mucho mas hierro en estado metálico que el traquito y las otras lavas feldspáticas ó las rocas trapeanas. Si por consiguiente, una masa considerable de rocas llega á fundirse en las entrañas de la tierra, bajo la influencia del calor volcánico, los elementos mas densos del fluido hirviendo descenderán al fondo, y los mas ligeros vendrán á la superficie para ser lanzados los primeros en la atmósfera por la fuerza de expansion de los gases y las materias que ocuparan el nivel mas inferior en el baño subterráneo, saldrán las últimas para venir á ocupar el lugar superior, en la parte exterior de la costra terrestre.

CARÁCTER OFRECIDO POR LOS FRAGMENTOS ENCLAVADOS. Algunas veces se puede determinar la edad relativa de dos rocas trapeanas ó el de un depósito acuoso y de un trapp sobre que reposa, por el encuentro de fragmentos de una de estas rocas en la otra, y esto en los casos sobre todo en que la superposicion fuera insuficiente. No es raro tampoco observar un conglomerato compuesto casi exclusivamente de cantos rodados de trapp, asociado á alguna formacion estratificada fosilífera, en la inmediacion de la masa trapeana. Si los cantos se refieren en general por el carácter mineral á esta última roca, se puede establecer su edad relativa por el conocimiento de la época en que han sido formadas las capas fosilíferas asociadas al conglomerato. Identificaciones de este género se han hecho por la observacion directa de ribazos compuestos de cantos de trapp al pie de islas volcánicas, modernas, por ejemplo, en la base del Etna.

PERÍODO POST-PLIOCENO (COMPRENDIENDO EN ÉL EL PERÍODO RECIENTE). Elijamos ahora ejemplos de rocas volcánicas pertenecientes á períodos geológicos sucesivos, para demostrar que las causas ígneas no han cesado en ninguna de las épocas antiguas del globo, y que han dislocado las masas donde quiera que han vomitado sus productos. Una parte de las lavas, tobas y diques trapeanos del Etna, del Vesuvio y de Ischia, data de la era histórica; otra parte mucho mas considerable ha salido de los abismos de la tierra en una

época inmediatamente anterior, durante la cual las aguas del Mediterráneo estaban ya pobladas de las especies actuales de testáceos. Los costados del Etna al Sur y al Este, están rodeados de depósitos sedimentarios y volcánicos, de origen sub-marino que alternan entre sí, por ejemplo en Trezza, Aderno y otros puntos. De sesenta y cinco especies de conchas fósiles, recogidas por Lyell en 1828, cerca de Trezza, en el seno de esta formacion, no ha podido dicho autor distinguir una sola que viva actualmente en el mar vecino.

Las islas Cíclopes que los sicilianos llaman Isole dei Faraglioni, y cuyas quebradas á la orilla del mar presentan capas de arcilla, de toba y de lava, se hallan situadas en la bahía de Trezza; se las puede considerar como la extremidad de un promontorio separado de la tierra principal; presentan abundantes pruebas de erupciones submarinas que debieron invadir ó atravesar las capas arcillosas y producir las brechas tobáceas. Estas contienen un gran número de fragmentos angulosos y endurecidos de arcilla hojosa en diferentes estados de alteracion, producida por el calor y entremezclados de arena volcánica.

La mas elevada de estas islas, ó mas bien de las rocas de las Cíclopes, tiene unos sesenta metros de altura; la cumbre está formada de una masa de arcilla estratificada cuyas hojas se hallan algunas veces separadas por listas delgadas de arena. Las capas se inclinan al Nor-Oeste y reposan sobre una masa de lava columnaria (fig. 551), en la cual los vértices de los pilares están desgastados y redondeados á veces hasta el punto de ser hemisféricos. En algunos puntos, en la isla mayor inmediata, perteneciente al mismo grupo y que se halla situada hácia el Nordeste de la que representa la fig. 551, la arcilla subyacente ha sido profundamente alterada y endurecida por la roca ígnea; á veces tambien ha sido retorcida de la manera mas estraña; sin embargo, su disposicion en hojas no solamente ha quedado intacta, sino que está aun mas inclinada por efecto del endurecimiento.

El corte adjunto, representa una porcion de la roca, alterada de algunos decímetros cuadrados; las hojas



Contorsion de las capas en la mayor de las islas Cíclopes.

delgadas y alternadas de arena y de arcilla, han re-

vestido la estructura que se observa muchas veces en algunos de los esquistos metamórficos más retorcidos.

Una vasta solución de continuidad, dirigida en su longitud del Este al Oeste, divide la isla mayor en dos partes iguales, y presenta distintamente su estructura interior. En el corte siguiente se ve un dique de lava que después de haber atravesado otra masa de lavas más antigua, ha penetrado en las capas terciarias sub-yacentes. En un punto, la roca lávica se ramifica, y termina en venas de un espesor de algunos milímetros solamente á pocos decímetros de distancia.



b. a. b. c. a. b.
Arcilla. Lava. Arcilla. Alteraciones. Lava. Arcilla, etc.

Capas Pos-Pliocenas invadidas por la lava, en las islas de los Cyclopes.—a. Lava.—b. Arcilla hojosa y arena.—c. Las mismas rocas alteradas.

Las hojas arenáceas son mucho más duras en el punto de contacto, y las arcillas se han convertido en esquistos silíceos. En esta isla las rocas alteradas revisten una especie de estructura análoga á la de los panales de miel; esta estructura contrasta singularmente con el contorno unido é igual que los mismos lechos presentan en su estado habitual de poca consistencia.

Los poros de la lava se hallan algunas veces tapizados y aun enteramente llenos de carbonato de cal y de una Ceolita parecida á la analcima á la cual se ha dado el nombre de Ciclopita. Este mineral se encuentra también tapizando pequeñas hendiduras al través de la marga alterada; prueba de que las mismas causas, cualesquiera que sean, sublimación ó infiltración acuosa, que han introducido los minerales en las cavidades de la lava, han inyectado también las mismas materias en las hendiduras abiertas de las capas sedimentarias contiguas.

FORMACIONES POST-PLIOCENAS DE LAS CERCANIAS DE NÁPOLES. En los *Principios de Geología*, refiere Lyell la historia de los cambios que la región volcánica de la Campania ha sufrido, como todo el mundo sabe, durante los últimos 2,000 años. El efecto de la acumulación producida por las operaciones ígneas durante este período, no deja de ser considerable: comprende la formación del cono moderno del Vesuvio, que data del año 79, y la producción de varios conos pequeños en Ischia, al mismo tiempo que el del Monte Nuovo en 1538. Las corrientes de lava que han cubierto la superficie del suelo en el fondo del Océano, la arena volcánica, la pomez, las escorias lanzadas á la atmósfera para volver á caer á tierra, con tal abundancia, que han sepultado ciudades enteras, las grandes extensiones del mar llenas ó convertidas en escollos, un sedimento tobáceo, trasportado por los ríos y las inundaciones al mar, no son pruebas de que durante un solo y mismo período re-

ciente, se han verificado oscilaciones permanentes de los niveles relativos de la tierra y de las aguas, y esto en varios puntos á la vez de la superficie total y aun sobre un punto único; por ejemplo en Puzzuoli, no se han encontrado elevaciones y descensos de más de 6 metros? Actualmente se observan en las orillas de la bahía de las Baie, capas tobáceas, recientes llenas de objetos fabricados por la mano del hombre y mezcladas con conchas marinas.

Hemos dicho también en otro lugar, que cuando se examina con atención el país, no se tarda en observar que se compone en su mayor parte de capas tobáceas de fecha anterior á la historia ó la tradición; estas capas tienen una potencia tal, que constituyen montes de 500 y hasta 610 metros de altura de época post-pliocena; contienen conchas marinas recientes y alternan con corrientes distintas ó tablas de lava de formación contemporánea. En el Vesuvio mismo, el antiguo cono llamado Somma, tiene dimensiones mayores que el cono reciente, y se halla atravesado por un gran número de diques. Comparando esta antigua porción del volcan con la de fecha más moderna, se observa un punto principal de diferencia, á saber: que en el antiguo como son más frecuentes los fragmentos de rocas sedimentarias alteradas, arrojadas durante las erupciones. Fácilmente se concibe que las primeras eyecciones hayan obrado con la mayor violencia rompiendo y lanzando al aire todo lo que se oponía á la salida de la lava y de los gases que la acompañaban de tal manera, que grandes masas de fragmentos de rocas arrojadas, deben encontrarse donde quiera que existan brechas tobáceas formadas por las erupciones más antiguas. Pero una vez abierto el paso y establecido un respiradero ordinario, los materiales impelidos no han consistido más que en lava líquida; esta ha tomado después la forma de arena y de escorias ó de fragmentos angulares resultante de una ruptura de la lava sólida de cualquier naturaleza, que tapaba anteriormente la salida.

Entre los fragmentos que abundan en el seno de las brechas tobáceas de la Somma, los más comunes son los de dolomia sacaroidea; se supone que esta última roca ha sido formada á espensas de una caliza ordinaria alterada por el calor y los vapores volcánicos.

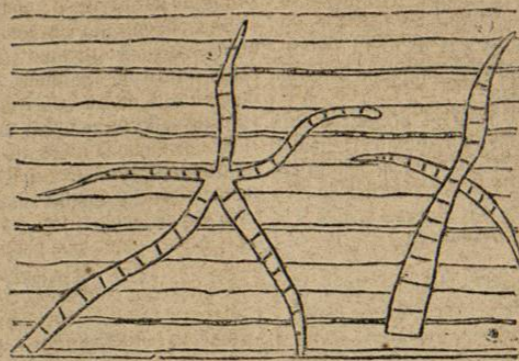
El carbonato de cal entra en la composición de un número tan grande de minerales simples en la Somma que Mitscherlich atribuye, y quizá con mucha razón, sus numerosas variedades á la acción del calor volcánico que se ha ejercido sobre las masas calizas subyacentes.

DIQUE DE LA SOMMA. Los diques que se ven en el gran escarpado de la Somma hácia el cono moderno del Vesuvio, son muy numerosos. La mayor parte de ellos son verticales, y atraviesan un ángulo recto los lechos de lava, de escorias, de brecha volcánica y de arena de que se compone el antiguo cono. Sobresalen algunos centímetros, y á veces algunos decímetros en la superficie escarpada de la roca; son sumamente compactos, y están menos sujetos á la destrucción que las tobas y lavas porosas que atraviesan. Su longitud varía desde algunos metros hasta 150, y su anchura de 0,30 á 3,65. Algunos de ellos cortan toda la serie de los lechos inclinados en el escarpado de la Somma desde su cumbre hasta su base; otros se detienen á la mitad del camino, y algunos dejan ver sus dos extremidades. Por su composición mineral se diferencian poco de las lavas de la Somma; se compone generalmente de una pasta de leucita (anfígena) y de augita, al través de la cual se hallan diseminados grandes cristales de este último mineral, y algunos de leucita. No es raro encontrar un dique que corte á otro dique, y en el punto particular de intersección se observa un fallo ó deslizamiento.

En algunas circunstancias, sin embargo, las hendiduras parecen haber sido llenas por el costado; las

paredes del cráter se han resquebrajado en forma de estrella como se ve en la presente figura. Pero esta forma de hendidura es una excepción de la regla ge-

neral porque nada hay más notable, que el paralelismo ordinario de las dos paredes de un dique: es casi tan regular como el de los dos planos opuestos de una



Dique ó venas en Punto del Nasone, en el Somma.

pared de mampostería. Este cráter parece al principio de los más inexplicables si se atiende á las desigualdades y recortaduras de las grietas producidas por los temblores de tierra en el seno de masas de una composición tan heterogénea como las que constituyen el cono de la Somma. Para explicar este fenómeno Necker recuerda el relato que hace Sir William Hamilton de una erupción del Vesuvio acaecida en 1779: «Las lavas, ya sea que estuvieran en ebullición sobre el cráter, ya se escaparan de las partes cónicas del volcan, habrían siempre en la parte inferior del escarpado de la montaña, canales tan regulares como pudiera hacerlos la mano del hombre; y mientras se hallaban todavía en un estado de completa fusión, continuaban su curso á lo largo de estos conductos que algunas veces se llenaban hasta el borde, y otras más ó menos según la cantidad de materias en movimiento.

»Los canales, cuando se examinaron después de una erupción, tenían en general, como lo he observado yo mismo, de 0,60 á 1,50 ó 2 metros de anchura, y de 2,35 á 2,70 de profundidad. Estaban muchas veces ocultos á la vista por una cantidad de escoria que formaban una costra en la superficie; y la lava después de haber continuado su curso en camino cubierto en una longitud de algunos metros, penetraba para enfriarse de nuevo en un conducto abierto. Me ha sucedido después de una erupción, andar por estas galerías subterráneas cubiertas, sumamente curiosas; las paredes laterales, el techo y el suelo estaban perfectamente lisas y niveladas casi por todas partes; habían quedado en estado por la violencia de las corrientes de lava incandescente que las habían reconocido durante algunas semanas consecutivas.»

Ahora bien, las paredes de la hendidura vertical por donde ha subido la lava para llegar al respiradero volcánico, han debido estar expuestas á la misma erosión que los canales de que se acaba de hablar. El roce prolongado y uniforme del pesado fluido obligado á elevarse, no podía menos de nivelar y pulimentar el fondo sobre que se ha ejercido; además, el calor interno ha debido fundir las masas que proyectaban y obstruían su paso.

La testura de los diques en el Vesuvio, no es la misma en los bordes que en el centro. En el centro, observa Necker, la roca es de granos más gruesos, los elementos constitutivos presentan un estado más cristalino; mientras que hácia el borde la lava es algunas veces vítrea, y siempre de granos más finos. Una faja delgada de división, que por su carácter se parece al pechstein, se encuentra algunas veces en

contacto del dique vertical y las capas que ha cortado. Necker cita una de estas fajas en el punto llamado Primo monte, en el Atrio del Caballo; cuando Lyell visitó el Somma, en 1828 vió otras tres ó cuatro en diferentes puntos del gran escarpado. Estos fenómenos están en perfecta armonía con los resultados de las experiencias de Sir James Hall y de Gregory Watt, indican que una testura vítrea es el efecto de un enfriamiento repentino, mientras que por el contrario un grano cristalino se produce cuando los minerales en fusión han podido solidificarse lenta y tranquilamente á una alta presión.

Es evidente que la parte central de una lava en vía de solidificarse en una hendidura, pierde su calor más lentamente que los costados; sin embargo, la diferencia no es tan sensible, proporcionalmente como entre el fondo y la superficie de una lava que corre á cielo abierto. En este último caso, la parte más superior es invariablemente escoriforme, vítrea y porosa en todos los puntos en que se encuentra en contacto con la atmósfera, y en que el enfriamiento ha sido más rápido; por el contrario, á una profundidad mayor, la masa presenta una estructura más litoidea, y se hace más y más petrea á medida que se desciende hasta que al último se llegan á reconocer por medio de un cristal de aumento, los minerales simples de que se compone la roca. Examinándola más abajo aun, se llega hasta descubrir á simple vista, sus diversas partes constitutivas, y en las corrientes del Vesuvio hasta distinguir cristales de augita y de leucita.

Se puede fácilmente, dice Necker, observar el mismo fenómeno, aunque en menor escala en un fragmento que se desprende de la lava líquida de una corriente en movimiento. El fragmento se enfria instantáneamente, y la superficie se cubre de una costra vítrea, mientras que el interior de grano extremadamente fino toma un aspecto más pétreo.

Conviene observar sin embargo, que la faja vítrea de división de que acabamos de hablar, es rara en el Vesuvio aunque las porciones laterales de los diques tengan en ellas un grano más fino que la porción central. Se explicaran quizá estos hechos como piensa el autor que acabamos de citar, por el calor elevado que las paredes de la hendidura han adquirido, antes que la masa fluida haya empezado á solidificarse; porque en tales casos, la lava debe enfriarse muy lentamente aun en los lados. Ciertas hendiduras se llenan también por arriba; esto sucede frecuentemente en los volcanes de las islas de Sandwic, según las observaciones de Dana, y entonces el enfriamiento de los lados debe ser más rápido que cuando la materia fundida sube del hogar volcánico dotada de una tempera-

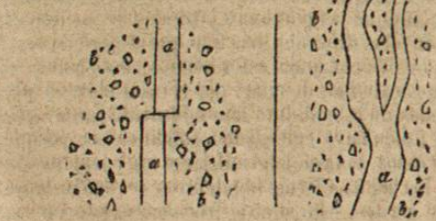
tura excesiva. Darwin asegura, que en Santa Elena, casi todos los diques tienen los bordes vítreos.

La roca que constituye los diques en la porción antigua como en la masa moderna del Vesuvio, es mucho más compacta que la lava común, porque la presión de una columna de materia fundida que llena una hendidura, excede con mucho á la de una corriente ordinaria de la lava, y esta presión empuja á los gases que dan origen á las celdillas.

Casi todos los diques del Vesuvio presentan una tendencia á dividirse en prismas horizontales, fenómeno que concuerda con la formación de las columnas verticales al través de los lechos horizontales de lava porque en dos casos las divisiones que dan origen á la estructura prismática, son perpendiculares á las superficies de enfriamiento.

PERIODO DEL NUEVO-PLIÓCENO.—VAL DI NOTO. Hemos hablado en otro lugar de las rocas ígneas asociadas á una gran formación marina, de caliza, arena y marga, en la parte meridional de la Sicilia, en Vizzini en particular y en otros puntos. En el seno de esta formación, que pertenece, como hemos manifestado, al período del Nuevo-Plióceno se observan lechos gruesos de ostras y corales que reposan sobre la lava y no se hallan en manera alguna alterados en el punto de contacto. En otras localidades se observan diques de rocas ígneas que cortan las capas fosilíferas, y han transformado las arcillas en un esquisto silíceo, cuyas hojas en el punto de unión se hallan encorvadas y divididas en gran número de fragmentos; las cercanías de la ciudad de Vizzini ofrecen un ejemplo de este género.

Las formaciones volcánicas del Val-di-Notto, se componen habitualmente de la variedad más ordinaria de basalto con ó sin olivina. La roca es algunas veces compacta, por lo común muy celulosa. Las celdillas suelen hallarse accidentalmente vacías, ya sea en los diques ya en las corrientes, y ciertas localidades presentan casos en que estas celdillas están llenas de espato calizo, de aragonito y zeolitas. La estructura de la masa es algunas veces esferoidea; en ciertas circunstancias, raras por cierto, es columnaria. Lyell asegura haber visto diques de lava vesicular y amigdalaria que atraviesan la toba marina ó peperino, al Oeste de la Palagonia; algunos de los poros de la lava están vacíos y otros están llenos de carbonato de cal. En tales casos se puede suponer que el peperino ha resultado de la caída de arena volcánica, de escorias y al mismo tiempo de fragmentos calizos arrojados por la explosión sub-marina; este fenómeno es semejante al que dió origen á la isla de Gratham (isla Julia), en 1831. Cuando la masa se hubo solidificado hasta cierto punto, se abrió una grieta, y la lava subió por hendiduras, cuyas paredes estaban perfectamente unidas y paralelas. Después de su enfriamiento, la materia en fusión que había obstruido la solución de continuidad, fue rota é impelida por un



Planos de diques cerca de Palagonia. a. Lava.—b. Peperino compuesto de arena volcánica mezclada con fragmentos de lava de caliza.

movimiento lateral como representa la primera de las dos figuras adjuntas.

En la segunda figura la lava presenta de una manera mucho más marcada el aspecto de una vena que se abrió paso al través del peperino. Es muy probable que observáramos los mismos accidentes si pudiéramos examinar el lecho del mar en aquella parte del Mediterráneo, á donde las olas han arrastrado recientemente la nueva isla volcánica; en efecto, cuando una masa de fragmentos ha sido arrebatada por la desnudación, puede esperarse encontrar cortes de diques al través de la toba, ó en otros términos, secciones de canales por las cuales la lava subterránea ha llegado á la superficie.

CAPITULO XXXI.

SOBRE LAS DIFERENTES EDADES DE LAS ROCAS VOLCÁNICAS. (Continuacion.)

PERIODO DEL ANTIGUO PLIÓCENO.—ITALIA. En Toscana, en Radicofani, Viterbo y Aquapendente, así como en la Campagna di Roma, se observan tobas volcánicas sub-marinas interstratificadas con las capas del Antiguo Plióceno de las colinas Sub-Apeninas, y no podría dudarse que han resultado de erupciones acaecidas en la época en que las margas conchíferas y las arenas de las colinas precedentes se hallaban en vía de formación. Esta opinión adoptada por Lyell y Murchison, tiene en su favor las pruebas presentadas por este último acerca del origen sub-marino de los volcanes más antiguos de Italia. Estas rocas son perfectamente conocidas por reposar en estratificación concordante con las margas sub-apeninas, y esto hácia el Sur hasta el Monte Mario, en los arrabales de Roma. En cuanto á la edad exacta de los depósitos del Monte Mario se conoce mejor hoy, gracias á un detenido estudio que han hecho de las conchas marinas fósiles de aquellos depósitos, Rayneval, Vanden-Hecke y Ponzá. Estos autores han comparado más de ciento sesenta especies á las conchas del Crag-Corallino del Suffolk, también descritas por Scarles-Woob, la relación específica que han encontrado entre los fósiles de Inglaterra y de Italia es tan estrecha, aparte sin embargo, de la distancia geográfica y de la diferencia de latitud, que no se puede vacilar en referir los dos depósitos á un mismo período, al del Antiguo Plióceno tal como se comprende en este tratado. Es muy probable que entre los traquitos más antiguos de Toscana y las rocas más modernas de las cercanías de Nápoles, es decir, entre el antiguo Plióceno y la Epoca Histórica, se encuentre una serie de productos volcánicos de todas las edades.

CATALUÑA. Los geólogos se hallan lejos de poder señalar á cada uno de los grupos volcánicos esparcidos en Europa un lugar cronológico preciso en la serie terciaria; pero vamos á describir como perteneciente probablemente á alguna división del período plióceno un distrito de volcanes apagados de las cercanías de Olot en Cataluña.

La totalidad de la superficie cubierta por los productos volcánicos en Cataluña no tiene más de 27 kilómetros del Norte al Sur y unos 10 kilómetros del Este al Oeste. Las salidas de erupción ocupan exclusivamente una faja estrecha que corre del Norte al Sur y sus ramificaciones se componen solamente de dos corrientes de lava, las de Castelfollit y Cellent.

El doctor Maclure, geólogo americano, ha sido el primero que ha indicado la existencia de estos volcanes y según la descripción que ha hecho de ellos la región volcánica debe extenderse unas veinte leguas cuadradas de Amer Masanet. Lyell afirma que en vano ha buscado en las cercanías de Masanet en los Pirineos vestigios de una corriente de lava.

Estructura geológica del distrito. Las erupciones se han verificado exclusivamente al través de las rocas fosilíferas constituidas por un gres gris y verdoso con conglomerato, así como por lechos gruesos de caliza nummulítica. El conglomerato contiene cantos rodados de cuarzo, caliza y lidiana. Este sistema de roca está muy desarrollado en Cataluña; uno de sus miembros es un gres rojo, al cual se halla subordinada la famosa montaña de sal de Cardona, considerada habitualmente como perteneciente á la época cretácea.

Cerca de Amer en el valle del Ter, hácia los confines meridionales del país se ven rocas primarias que consisten en gneis, micaquistos y esquisto arcilloso. Se dirigen siguiendo una línea casi paralela á los Pirineos, y han echado hácia los lados las capas fosilíferas que se inclinan al Norte y al Noroeste. Esta inclinación orientada hácia los Pirineos, se refiere á un eje distinto de elevación, y domina al través de la superficie; la inclinación de las capas es algunas veces de 40 á 50 grados.

Es evidente que la geografía física de la comarca no ha sufrido cambio material desde el principio de la era de las erupciones volcánicas, excepto los que han debido resultar de la introducción de nuevas eminencias de escorias y de corrientes de lava sobre la superficie preexistente. Si se supusieran lavas nuevamente en fusión, y saliendo de sus cráteres respectivos, descenderían por los mismos valles donde se les ve hoy y vendrían á ocupar aun los espacios que llenan actualmente. La única diferencia que existiría en la configuración exterior entre ellas y las lavas recientes, consistiría en la ausencia en estas últimas de quebradas y cualquier otra clase de erosión producida por las aguas.

Conos y lavas volcánicas. Se encuentran como unos catorce conos distintos con cráteres en esta parte de España, además de otros varios puntos de donde quizá han salido lavas; todos estos conos están dispuestos á lo largo de una faja estrecha que corre de Norte á Sur. La mayor parte de los más completos existen en las inmediaciones de Olot; algunos están representados en la figura 552, números 2, 3 y 5. La llanura en que está edificada dicha villa, resulta evidentemente de las corrientes sucesivas de lava que han partido de aquellos montecillos para descender á la parte inferior del valle, porque este tuvo en otro tiempo una profundidad más considerable como las demás depresiones longitudinales de la comarca inmediata. En la figura 552 se ha procurado hacer resaltar por medio de un sistema de sombras las diferentes formaciones geológicas de que se compone la comarca. Las montañas (n.º 1) que se perfilan en blanco en último término, son los Pirineos; consisten en rocas hipogénas y fosilíferas antiguas. En frente de estas montañas se ven las formaciones fosilíferas (n.º 4) sombreadas. Mas cerca del observador, las colinas 2, 3 y 5 son conos volcánicos, y el resto del paisaje está formado de cenizas y lavas volcánicas.

El Fluviá que corre cerca de la villa de Olot ha cortado en una profundidad de 12 metros solamente las lavas de la llanura que hemos mencionado. El lecho del río es un basalto duro, y en el puente de Santa Magdalena, se observan dos corrientes muy distintas de lava sobrepuestas una á otra y separadas por un lecho horizontal de 2 m. 43 de espesor.

En otro punto al Sur de Olot, la superficie unida de la llanura está interrumpida por un montecillo de lava llamado el *Bosque de Tosca*, cuya parte superior es escoriácea y se halla cubierta de grandes masas de basalto más ó menos porosas. Entre estas masas existen cavidades profundas que tienen el aspecto de cráteres pequeños. El todo se parece precisamente á ciertas corrientes modernas del Etna ó á la de Come, cerca de Clermont; esta última como el bosque de

Tosca, se halla cubierta de una vegetación pobre.

Algunos de los volcanes de Cataluña se hallan tan enteros como los de las cercanías de Nápoles ó de las vertientes del Etna. Uno de ellos llamado Montsacopa, (n.º 3, fig. 552) es de forma muy regular y presenta una depresión circular ó cráter en su cumbre. Se compone principalmente de escorias rojas que no se distinguirían de las de los conos pequeños del Etna. Las colinas inmediatas de Olivet (n.º 2) y de Garrinada (n.º 5) tienen una forma y una composición semejantes.

El mayor cráter de toda la comarca existe más al Este de Olot y se llama Santa Margarita. Tiene 137 metros de profundidad y cerca de quilómetro y medio de circunferencia. Como Astroni, cerca de Nápoles, se le ve cubierto de una rica vegetación de árboles, y en el bosque que le cubre abundan diferentes clases de caza.

Aunque los volcanes de Cataluña hayan atravesado gres, esquisto y caliza, como los del Eifel en Alemania, que describiremos más adelante, existe una diferencia notable en la naturaleza de las eyecciones que componen los conos en estas dos regiones. En el Eifel, la cantidad de fragmentos de gres y de esquisto que han salido por los orificios volcánicos es tan considerable, que excede en volumen á las escorias, la ceniza y la lava; pero en los conos de las cercanías de Olot no se encuentran fragmentos de roca extraña.

Las arenas y cenizas volcánicas no están limitadas á los conos sino que han sido algunas veces dispersadas por el viento en la superficie total de la comarca, y después reunidas en los valles estrechos como se ve entre Olot y Cellent. La materia volcánica cineriforme



a. Conglomerato.—b. Listas delgadas de arena y escorias volcánicas.

y ligera, se halla en lechos delgados, regulares, exactamente como si hubiera caído sobre la pendiente del conglomerato sólido. Ninguna corriente, sin duda, ha pasado por el valle después de la caída de las escorias; de otra manera estas hubieran sido arrastradas en su mayor parte. Las corrientes de lava en Cataluña como en Auvernia, en el Vivarés, en Islandia, y en todos los países montañosos, presentan un espesor considerable á lo largo de los desfiladeros estrechos, pero se extienden en tablas comparativamente más delgadas en los valles más anchos. Cuando un río ha corrido sobre un suelo casi horizontal, como en la gran llanura de las cercanías de Olot, el agua no se ha abierto más que un lecho de mediana profundidad; pero si la pendiente ha sido considerable, la corriente ha abierto una zanja profunda para penetrar algunas veces siguiendo la dirección vertical al través de la parte central de una corriente ígnea, aunque más frecuentemente para introducirse entre las lavas y las rocas secundarias ó terciarias que rodean al valle, por ejemplo, en el puente de Cellent á 9 kilómetros Este de Olot; se observa á la roca incandescente á lo largo de un arroyo pequeño; al contrario, rocas estratificadas inclinadas constituyen el lecho y la ribera opuesta. La parte superior de la lava de aquel punto, como la de las corrientes del Etna y del Vesuvio, es escoriácea; mas abajo se vuelve menos porosa y adquiere una estructura esferoidea á un nivel todavía inferior, se divide en placas horizontales cada una de unos 0m,050 y se presenta más compacta. En último lugar en la parte más profunda,