

Por consiguiente de cualquier naturaleza que hayan sido las fuerzas ígnea ó acuosa que han formado el Val del Bove en el Etna ó el profundo abismo llamado la Caldera al Norte de Palma, es difícil negar que un gran número de cráteres se han ensanchado en forma de calderas por el poder de desnudacion del Océano, aparte de las oscitaciones ocurridas en los niveles relativos de la tierra y del mar.

PICO DE TENERIFE. La vista que representa la figura 548 grabada segun un diseño que han tomado Lyell y Hartung, en su viaje á Tenerife en 1854, indica la manera con que este cono elevado está rodeado en dos de sus lados por lo que consideran como las ruinas de un cono mas antiguo que resultó principalmente de erupciones salidas de una cumbre que ha desaparecido. Esta cumbre desde la cual una ó varias bocas volcánicas han vomitado probablemente sus lavas y sus diversas eyecciones, no debió ocupar en otro tiempo precisamente el sitio en el que se eleva el Pico actual; este tampoco ha tenido en todo tiempo la misma forma, pero es probable que su posicion no haya cambiado materialmente. El gran círculo ó semicírculo formado por los escarpados cc, y que rodea el



Corte al través de una parte de Tenerife, del N. E. al S. O. a. Pico de Tenerife.—b. Las Cañadas ó atrio.—c. Escarpados que rodean el atrio.—d. Lavas modernas.—f. Cono y cráter de Chahorra.

por parecerse á las que formaron la lava y las eyecciones salidas de la cumbre a hácia Guia, en la vertiente S. O. del cono.

MADERA. Cada isla volcánica, segun lo que puede juzgarse por las observaciones, tiene sus caracteres particulares de estructura geográfica y geológica, y esto en tan extensos límites que no puede emplearse una teoría única, por ejemplo, la de los cráteres de alzamiento, para explicar su origen y su modo de crecer. Pocas islas se parecen mas entre sí que la de la Madera y la Palma; las dos estan compuestas principalmente de rocas basálticas de origen sub aéreo, pero cuando se las compara con detenimiento no hay punto alguno de su estructura que no presente diferencias.

La formacion mas antigua conocida en la isla de la Madera es de origen volcánico sub-marino, y se refiere quizá á la época terciaria Miocena. Se encuentran en Vicente de la costa septentrional tobas y calizas y contienen conchas marinas y corales, que se elevan á mas de 360 metros sobre el mar y dan asi testimonio de un alzamiento que data por lo menos del principio de la accion volcánica en aquella comarca.

Los cantos rodados de estas capas marinas estan perfectamente redondeados y pulimentados; contrastan fuertemente bajo este aspecto con los fragmentos angulares de la misma variedad de roca tan frecuente en las tobas y aglomeratos situados encima y formados á un nivel superior al del mar.

La longitud de la isla de la Madera del Este al Oeste es de unos 48 quilómetros, y su anchura de Norte á Sur de 16 quilómetros. El corte que se vé en la página siguiente trazado en una escala cuyas alturas son proporcionadas á las distancias horizontales, facilitará la intiligencia de las relaciones, bajo las cuales la isla de la Madera considerada geológicamente se parece á la Palma ó se diferencia de ella.

En la region central en A, asi como en la comarca que la rodea por todas partes, se ven como en el centro de Palma un gran número de diques que penetran al

atrium bb es análogo al recinto de la Caldera de Palma; Pero en Tenerife las pendientes escarpadas tienen dimensiones insignificantes comparativamente á las de Palma. En general su altura no excede de 150 metros y rara vez llega á 300. La llanura ó atrium que se extiende al pie de los escarpados y que se designa en la localidad con el nombre de Las Cañadas, está cubierta de arena y de ceniza lanzada del Pico ó de los cráteres abiertos en sus costados. Corrientes copiosas de lava dd se han dirigido hácia la parte inferior, partiendo de bocas laterales y especialmente de un cráter llamado La Chahorra, que no se ve en la fig. 548, porque le oculta el Pico. La última erupcion de este volcan data de 1798.

Por falta de cortes naturales, ningun geólogo ha pedido todavía determinar hasta qué punto las lavas dd han estrechado el circo ó atrio b; ó bien se han abierto un camino partiendo de la roca c; pero suponemos que el Pico y el Chahorra continuasen vomitando productos durante siglos, el cono nuevo a no tardaria en unirse al cono antiguo y la lava correria primero de c á c y despues de a á c (véase el adjunto corte), de tal manera que la pendiente acabaria

través de una gran acumulacion de eyecciones volcánicas c. Se observa tambien allí lo mismo que en Palma á medida que uno se aparta del centro, disminuir los diques en número, y los lechos de escorias, piedras, aglomeratos y tobas, empezar á alternar con las lavas petrosas dd hasta la distancia de quilómetro y medio lo mas del eje central: á esta distancia se presenta una masa volcánica situada debajo de fh y eg. que consiste casi exclusivamente en tablas ó corrientes de lavas, con algunas listas rojas de arcilla ocracea ó laterita, que fueron probablemente suelos antiguos. Las líneas mas oscuras indican el predominio de estas lavas; estas han corrido sobre la superficie; consisten en basalto ó diferentes clases de trapp y algunas veces en traquito. La tinta mas clara c expresa una acumulacion de escorias, de aglomeratos y de otros materiales que han debido amontonarse á cielo abierto en el interior ó en torno de los orificios principales de erupcion y entre los conos volcánicos.

El pico Torres A, elevado mas de 1830 metros, es uno de los muchos picos centrales, compuesto de materias arrojadas. Por medio de la union de la base de varios picos semejantes, se forman relieves ó crestas montañosas, desde cuya cumbre se proyectan diques verticales semejantes á torres que quedan en pie encima de la superficie en escombros de las capas mas ó menos consistentes de toba y de escorias. De aqui proceden esas líneas quebradas y pintorescas que dan un sello particular y enteramente romántico al paisaje de la region mas superior de la isla de la Madera. Al Norte de A se destaca el Pico Ruivo B, el mas elevado en la isla, pero que sin embargo no excede mas que en algunos decímetros á la altura del Pico-Torres, Su composicion es la misma, pero su porcion culminante conserva una forma mas claramente cónica y se halla coronada por un dique; corriente de lavas escoriáceas se adhieren á sus costados escarpados. Varios picos grandes semejantes se observan al Este y al Oeste de A; parecen ruinas de conos de erupcion, á lo menos los materiales que componen algunos de ellos, estan dispuestos en toda clase de inclinaciones y di-

recciones. Entre estos picos se distingue el Pico Grande hoy sepultado hasta su mitad bajo las lavas mas modernas que han rodeado su base. Quizá á la justa posicion de tan gran número de conos ó puntos de

de 10 grados al Norte y de 15 grados al Sur. Mas cerca del mar en i y L, donde existen las lavas mas modernas, la inclinacion disminuye hasta 15 grados y aun 3 grados y medio, como se ve en K cerca de Funchal. Bajo el aspecto de la menor inclinacion de las lavas hácia el mar y de su asociacion, en este punto á conos modernos de erupciones, tales como M, N, O, existe una estrecha analogia entre la isla de la Madera y la Palma.

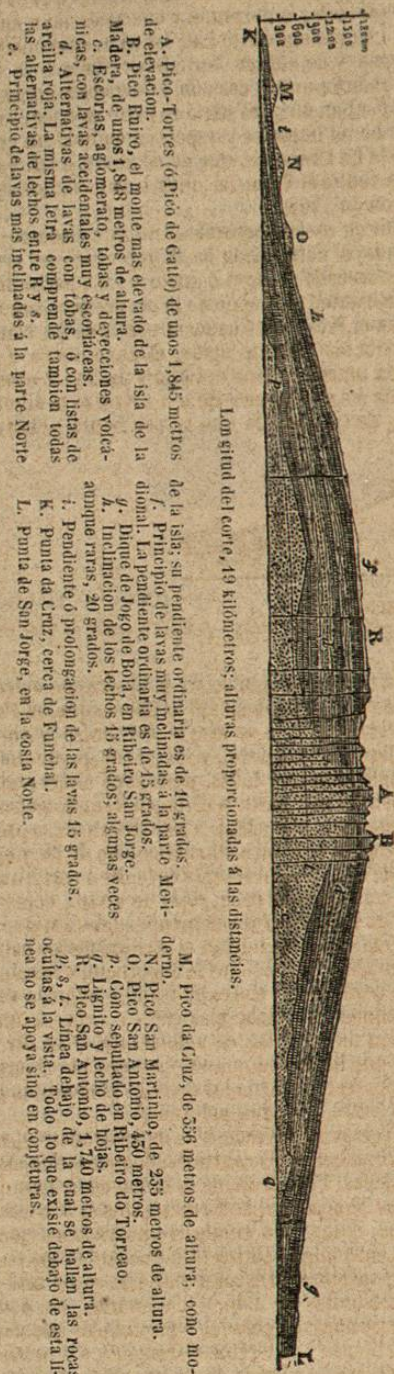
Se observan tambien conos de erupcion sepultados en diferentes puntos, tales como pp; estos conos han sido cubiertos por las lavas que partian de la region central.

El espesor de los basaltos mas sólidos que alternan con las tobas, pasa rara vez de 450 metros; pero mas abajo del Pico de San Antonio, llega á unos 915 metros, y se observan estas rocas en las laderas de un valle profundo llamado Curral, de que vamos á hablar.

Como regla general, las lavas de la isla de la Madera, ya sean celulares ó compactas, se hallan dispuestas por tablas continuas paralelas unas á otras. Cuando se examinan en las quebradas á las orillas del mar, en cortes que crucen la direccion en que han corrido, se ve que varian mucho de espesor aun á la simple distancia de algunos centenares de decímetros, y que ordinariamente se adelgazan hasta desaparecer enteramente en menos de 400 metros. En las quebradas que irradian del centro de la isla, los lechos son mas persistentes; sin embargo, aun en estos puntos se les ve ordinariamente terminar á algunos kilómetros; su espesor es tambien muy variable y á veces se eleva de repente de algunos decímetros á algunos metros.

En ningun de las divisiones rojas ó lateritas, de que acabamos de hablar, se han solido encontrar restos de plantas fósiles; sin embargo, un geólogo inglés ha recogido en 1840 ramas y raices de arbustos carbonizados en el seno de las arcillas rojas interiores al basalto cerca de Funchal. Lyell y Hartung, han encontrado en el Barranco de San Jorge, situado en el Norte de la isla, pruebas suficientes de la primitiva existencia de una vegetacion terrestre, y por consiguiente del origen sub-aéreo de una gran parte de las lavas de la isla de la Madera. Se conoce desde hace mucho tiempo la existencia de un lecho de lignito impuro, cubierto de basalto, en g. Se han observado asociadas á este lignito varias capas de toba y de arcilla ó lodo endurecido, en una de las cuales yacen abundantemente hojas de plantas dicotiledones ó de helechos. Segun Bunbury, estos últimos, indicarian los géneros *Sphenopteris*, *Adiantum*, *Pecopteris* y *Woodwardia*; una de ellas presenta las nervaduras particulares á la *Woodwardia radicans*, especie que no es comun en la isla de la Madera. Entre las hojas dicotiledóneas, algunas se refieren en la apariencia á la familia de las Mirtáceas; la mayor parte son de superficie lisa, no plegada, con una testura un poco rígida, coriácea, y con bordes enteros. Estos caracteres, dice Bunbury, pertenecen al tipo Laurel é implican cierta analogia entre los restos de vegetales antiguos y los bosques modernos de la isla de la Madera, donde los laureles y otros árboles siempre verdes, abundan con sus hojas carnosas, lustrosas y de bordes enteros, mientras que debajo se encuentra una vegetacion de helechos y otras plantas.

El lignito y el lecho de hojas de que hemos hablado, se hallan á 305 metros sobre el nivel del mar, y estan superados por basaltos y escorias de 335 metros de altura; este hecho implica la existencia de una antigua vegetacion terrestre, muy anterior á la formacion volcánica que la cubre. La naturaleza de las tobas que acompañan al lignito y algunos de los aglomeratos que les rodean, autorizan á admitir que cerca de este punto tuvo lugar en otro tiempo una serie de erupciones. Tampoco es improbable que en diferente



Corte de la isla de Madera, del Norte al Sur, en decenas desde la Punta de San Jorge hasta la Punta da Cruz, cerca de Funchal.

erupcion, y al cruzamiento de sus lavas á lo largo de la gran línea Este y Oeste de la accion volcánica, corresponden las capas petrosas de la region central situada entre c f; estas capas son casi horizontales ó no se inclinan mas que de 3 á 5 grados, en lugar de presentar una pendiente muy recta como las del circuito de la Caldera en Palma.

Los lechos constituyen muchas veces mesetas, tal es la llamada *Paul da Serra*. Pero alejándonos del eje, central, las lavas adquieren una inclinacion media

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, Agoa, 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.

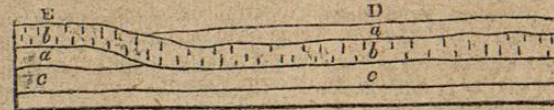
Los movimientos que han elevado los depósitos marinos de San Vicente se han limitado á un corto espacio ó desarrollado en una gran extension. Pero hasta qué grado han modificado la forma de la isla ó aumentado su altura? ¿Hasta qué punto tambien se debe atribuir á estos movimientos la gran inclinacion 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