

torno de la Tierra; que las aguas pudieron tambien condensarse y formar cubierta intermediaria entre la atmósfera y la capa de rocas; que estas aguas, ejerciendo efectos mecánicos y químicos, descomponian las rocas por una parte, y depositaban los productos de la alteracion por otra; que la materia ígnea encerrada bajo la débil cubierta solidificada se abria paso, dislocaba y alteraba las masas depositadas; que las faunas y floras se fueron sucediendo en las diversas épocas de la existencia de la tierra, y contribuian con sus despojos á la formacion de rocas.

Los agentes geológicos.

En tal conjunto de hechos, hemos visto como sus agentes ó productores, al calórico, á las aguas, á la atmósfera y á los cuerpos organizados.

De cada uno de los citados agentes, de su influencia y modo de obrar, nos ocuparemos en esta parte de la Geología.

El tiempo como factor geológico.

Débiles é insignificantes que parezcan algunas acciones de tales causas, no lo serán si consideramos tambien al tiempo como factor geológico; una causa, aunque pequeña y lenta, pero continuada, ejerce efectos incalculables; así es que debemos considerar al tiempo como regulador de los otros factores geológico-dinámicos á que vamos á referirnos.

La duracion de los tiempos en la Geología, es imposible calcularla; nuestra imaginacion se pierde en esa cuenta, y sólo nos es posible marcar la cronología, ó colocacion relativa de los hechos que la observacion nos enseña.

Los agentes físicos han obrado en todas las edades de la Tierra.

Pasamos, pues, á ocuparnos de las causas mencionadas, admitiendo que han ejercido su accion desde las edades geológicas más remotas, y que la ejercen aún á nuestra vista, para conservar ese movimiento incesante de formacion y destruccion que pudiéramos llamar la nutricion de la Tierra.

## CAPÍTULO II.

### EL CALÓRICO COMO FACTOR GEOLÓGICO.

La accion de este agente físico sobre la superficie terrestre la hemos visto ejecutarse de varias maneras al recorrer las diversas edades de la Tierra: los trastornos que presentan las capas de rocas; sus alteraciones; los levantamientos y depresiones de los terrenos; la formacion de las montañas; la aparicion de masas de rocas ígneas; las oscilaciones de la superficie terrestre; las resquebrajaduras de las rocas, etc., etc., son todos efectos que nos explicamos por la accion del calórico.

Diferentes maneras con que obra este agente.

En muchas localidades donde se observa que las capas que fueron lechos de mar y debieron tener una posicion horizontal, se encuentran ahora dislocadas, replegadas en diversos sentidos, y aun levantadas á muy grandes alturas respecto del nivel de los mares actuales; en muchas de esas localidades, decimos, puede descubrirse al agente de tan formidables efectos, pues se observan las masas de rocas ígneas empujando y desalojando á los sedimentos marinos. En otras partes esas rocas se encuentran formando por sí mismas elevados montes y aun dilatadas cadenas de montañas.

Estas solas observaciones bastan para dar una importancia incalculable al agente físico de que nos ocupamos; pero las alteraciones que produce en la naturaleza de las rocas sobre las cuales acciona, son otra fuente de diversos efectos tambien muy importantes en el estudio de la Geología.

Ya que hemos bosquejado los efectos del calórico ántes de detallarlos, veamos de dónde puede derivar principalmente ese agente físico que actúa sobre la Tierra.

Fuentes de calórico.

Tres son esas fuentes principales de calor: el sol, las acciones químicas y mecánicas y el calor central de la tierra.

El sol proporciona el calor á la superficie terrestre de un mo-

Accion del sol.

do intermitente, y de aquí la sucesion de los dias y de las noches: para ese efecto influyen la latitud y altitud de un lugar, las estaciones etc., circunstancias todas que constituyen la climatología de una localidad. Comparados los efectos geológico-dinámicos de este manantial de calor con el último de los citados, pueden considerarse como insignificantes; las dilataciones ó resquebrajaduras de algunas rocas por efecto del calor; la contraccion y ruptura de otras por el frio, son efectos que se observan generalmente en algunas superficies expuestas á la intemperie: casos hay en que son sensibles sobre las rocas los efectos de la oscilacion diurna ó diferencia entre las temperaturas máximas y mínima del dia, y tambien las oscilaciones anuales.

Acciones químicas y mecánicas.

Las acciones químicas y mecánicas desarrollan tambien el calórico, y sus efectos pueden hacerse sensibles, especialmente en el metamorfismo: en este sentido ha de haber contribuido muy eficazmente aquel agente físico, durante los levantamientos, plegamientos y otros trastornos sufridos por los lechos de rocas en los grandes trabajos geológicos.

Accion del fuego central.

El fuego central de la Tierra es y ha sido uno de los agentes principales en la Geología Dinámica, y en este estudio le dedicaremos alguna extension, considerando primero al calórico de la Tierra como un agente dinámico, y despues las alteraciones ó efectos derivados que sobre algunas rocas ha producido el mismo agente, y cuyos efectos se designan con el nombre de *metamorfismo*.

Volcanismo.

Llámase volcanismo en general á la accion de la masa ígnea interior de la Tierra sobre su corteza sólida: se comprenden aquí las dislocaciones de las masas de rocas, sus levantamientos y muchos hundimientos; la aparicion de masas en estado de fusion; la de aguas termales, azufrosas, etc., así como la mayor parte de los temblores ó terremotos; y en fin, las alteraciones á que hemos llamado metamorfismo.

Divisiones para este estudio.

Clasificado ese conjunto de fenómenos, los dividiremos en cuatro secciones que son:

- I. Erupciones ígneas sin forma volcánica.
- II. Volcanes propiamente dichos y erupciones volcánicas.

III. Fenómenos derivados del volcanismo.

IV. Metamorfismo.

§ I. ERUPCIONES ÍGNEAS SIN FORMA VOLCÁNICA. No solamente á las materias arrojadas por las bocas ó cráteres de los volcanes se les considera como *materias ígneas*, sino á todas aquellas rocas que viniendo del interior de la tierra á su superficie, se han derramado ó colocado de diversas maneras.

Materias ígneas en general.

Las grandes masas de pórfido, de basaltos, traquitas y otras rocas, que aparecen levantando las masas sedimentarias ó formando cerros, montañas y cordilleras, son rocas ígneas que se abrieron paso rompiendo la costra terrestre.

Muchas de las montañas del territorio mexicano tienen ese origen: ya hemos hablado de la frecuencia con que se encuentran las masas de pórfido, de traquita y de basalto, sin apariencia crateriforme, sino formando diques de las más variadas dimensiones.

Montañas ígneas de México.

Varias de las montañas que rodean el Valle de México son ejemplos bien fáciles de observar, donde se encuentran vastas aglomeraciones de rocas ígneas del origen citado.

Muchos de los efectos de la salida de esas masas incandescentes los hemos venido observando al estudiar los accidentes de las capas de rocas sedimentarias, como sus dislocaciones, levantamientos, fallas, grietas, filones, etc.

Efectos producidos por las rocas ígneas.

Las contracciones verificadas en las masas ígneas al solidificarse son causas tambien de fenómenos notables que pueden efectuarse en las mismas masas ó sobre otras á que estén relacionadas. Por ese efecto se explica la estructura columnar de algunos basaltos y pórfidos, así como la division de muchas rocas ígneas en blocks ó cuartones.

Estructura de algunas rocas ígneas.

Por el empuje de las rocas ígneas, así como por los movimientos de oscilación y las presiones laterales que pueden ejercer sobre otras masas de rocas, se hienden éstas y se forman en ellas las vetas y resquebrajaduras que pueden ser ocupadas por la misma roca ígnea ó por materias que vienen á formar los filones metálicos ó de otra naturaleza.

Hendiduras.

Vemos, pues, demostrada la accion de esas rocas ígneas, sea

Filones.

Diversos efectos ocasionados por las rocas ígneas.

removiendo, trastornando y alternando á otras rocas, ó formando ellas mismas diversos terrenos de varias formas y dimensiones.

En la Geología histórica hemos visto la influencia que las rocas ígneas han tenido en la formacion del territorio mexicano.

Volcanes homogéneos.

En la clasificacion de volcanes que vemos en la Geología de Credner, edicion de 1879, deben considerarse como *volcanes homogéneos* á esas masas ígneas sin cráter, generalmente de forma cónica, amontonadas ó extendidas en corriente, y en las cuales la erupcion se hizo de una sola vez; á los volcanes propiamente dichos, ó crateriformes que están formados de diversas masas de naturaleza variada, se les llama *volcanes estratificados*; de estos nos ocuparemos en el párrafo siguiente.

Volcanes estratificados.

El pico de Bernal.

Damos como ejemplo de una masa volcánica de forma cónica y aislada la lámina que representa el pico traquítico de Bernal en el Estado de Querétaro. El pico, visto desde el lado Sur y á larga distancia, tiene una figura denticular; pero desde su base aparece como un cono. Cerca de su base se ven algunas rocas aisladas, fijas en el terreno ó sueltas, demostrando que la masa se ha ido desgajando bajo la accion de los agentes atmosféricos. Es bueno advertir que en el país se da el nombre de *Bernales* á todas las masas de rocas aisladas y de figura cónica. Muchos ejemplos de formaciones volcánicas homogéneas se ven en el territorio mexicano.

Definicion de volcan.

§ II. VOLCANES PROPIAMENTE DICHS Y ERUPCIONES VOLCÁNICAS. Volcan es una montaña, colina ú otro accidente orográfico que tiene ó ha tenido un conducto de comunicacion con el interior de la tierra; su forma es generalmente cónica. En un volcan se distinguen: sus pendientes ó caidas, su boca ó *cráter*, y el canal ó conducto que pone en comunicacion el interior de la tierra con la atmósfera.

Diversas partes de un volcan.

Alturas.

Las alturas de los volcanes son muy variadas; á veces aparecen como una colina, y en muchos casos elevan sus cimas hasta la altura de las nieves perpetuas, como se observa en las más elevadas montañas de América.

El cráter tiene la forma de un embudo, y su boca varía en figura y dimensiones; algunos hay cuya boca es de figura cerrada, y otros abiertos como una herradura; sus diámetros son á veces muy cortos, y en otras llegan hasta 6000 metros: el del Popocatepetl tiene 900. En un cráter debe distinguirse el borde, las paredes y el fondo; cuando ha cesado la actividad de un volcan, se obstruye ó tapa generalmente el canal de comunicacion.

Formas del cráter.

Los volcanes pueden tener uno ó más cráteres, pues en general las erupciones no se repiten por la misma boca, sino que se abren otras secundarias por donde se hace la nueva salida de los productos.

Puede haber varios cráteres en un volcan.

Como las erupciones pueden repetirse, sucede que los productos se acomodan en capas de una ó de diferentes materias, y á estos volcanes les llama Credner, *volcanes estratificados*, según dijimos anteriormente.

Llámanse *volcanes activos* á los que están en ejercicio ó actividad, y á los que no presentan ningun signo de accion, se les llama *apagados*. La actividad puede mostrarse por la salida de las lavas, columnas de vapor, cenizas, etc., y á veces se nota que un volcan no está del todo apagado, por las emisiones de vapor de agua, de gases sulfurosos ó de otra naturaleza; á los puntos por donde salen los vapores acuosos en ese período de reposo relativo, se les llama *fumarolas*; *sulfataras* ó *azufreras*, aquellos por donde se escapan los gases sulfurosos, y *mofetas* á los que producen ácido carbónico.

Volcanes activos.

Volcanes apagados.

Signos de actividad.

Fumarolas. Sulfataras.

Los períodos de reposo, ó los que trascurren entre una y otra erupcion, son muy variables; frecuentes ó cortos en algunos casos, y en otros, son más dilatados que la época histórica, pues volcanes que se tenían por apagados del todo, han dado nuevos signos de erupcion.

Son variables los períodos de reposo.

Las erupciones volcánicas son muchas veces la causa de los más terribles efectos: la destruccion de las ciudades, de los campos, etc., sea por efectos dinámicos ó por la accion de productos que pueden cubrir hasta grandes comarcas, sepultando cuanto en ellas se encuentra. Ejemplos de estos terribles efectos pueden citarse con la destruccion de las ciudades de Herculano

Efectos de las erupciones.

y Pompeya, y las lavas del Ajusco guardan probablemente poblaciones importantes del Anáhuac.

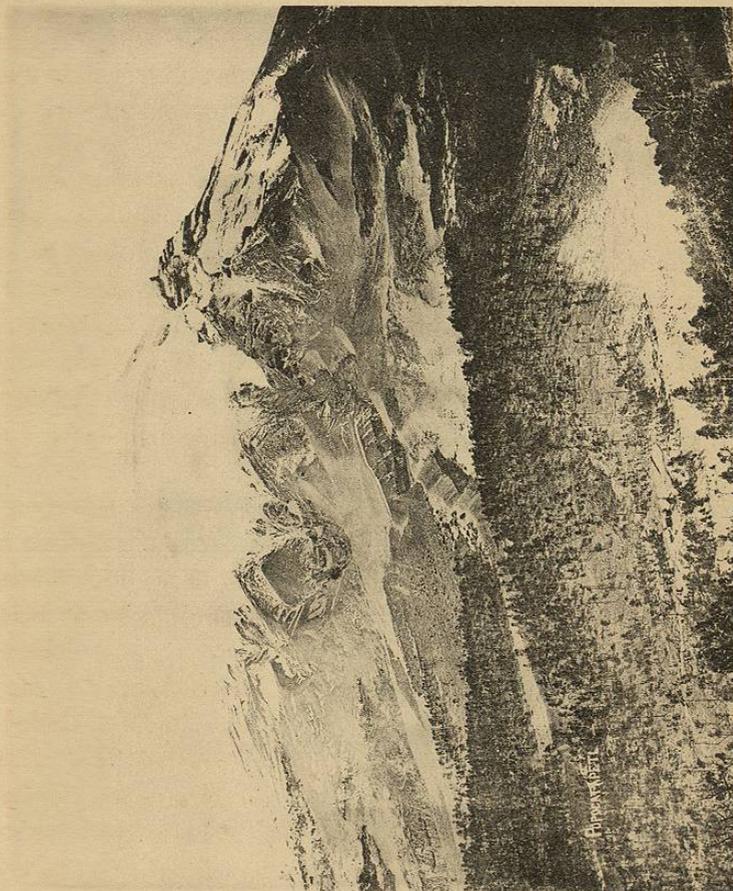
**Productos de los volcanes.** Los productos de las erupciones, son: lavas, cenizas, tobas, sales, gases, entre los cuales se cuentan principalmente el vapor de agua, gases sulfurosos y ácidos carbónico y clorhídrico.

**Lavas.** Las lavas pueden ser de diferente naturaleza y de muy variado aspecto, como porfídicas, basálticas, traquíticas, etc., y en formas compactas ó escoriosas: á las materias ténues salidas de los volcanes se les llama cenizas. Las lavas arrojadas en la última erupcion del volcan Ceboruco (1870), son traquitas de base de piedra pez.

**Salida de lavas y otros productos.** La salida de esos productos puede hacerse por derrame desde el cráter, ó por grietas, ó resquebrajaduras secundarias: tambien pueden ser proyectadas en columnas verticales que á veces alcanzan considerables alturas: las cenizas son llevadas en algunas ocasiones á distancias inmensas del centro de erupcion. Sabido es que las coloraciones anormales que se presentan actualmente á la salida y puesta del sol, en casi todo el mundo, se atribuyen á la presencia de cenizas arrojadas por los volcanes de la Sonda.

**Causas de las erupciones.** Las causas que se consideran como determinantes de las erupciones volcánicas, son: la contraccion de la costra sólida de la tierra que comprime la materia ígnea y la obliga á buscar salida; la accion del vapor que se produce al contacto del agua con las rocas de temperatura muy elevada que se encuentran en el interior de la tierra, y las presiones ejercidas por las mismas masas de lava. Viene en apoyo de la penúltima de las causas expresadas la situacion de los volcanes activos, que en su mayor parte se encuentran en las islas ó cerca de los litorales, donde es más fácil el acceso de las aguas del mar sobre las rocas en estado ígneo. Credner reasume la formacion de los volcanes en las siguientes palabras:

“Deben considerarse las domas volcánicas homogéneas y las corrientes volcánicas, como el estado normal de las formaciones eruptivas; miéntras que los volcanes estratificados compuestos de cenizas, tobas, ripillos, etc., y de corrientes aisladas, no de-



Paris, 71, rue Lacondamine.

Photo. E. Bernard et C<sup>o</sup>

VOLCAN POOCATAPETL

MÉXICO

ben exclusivamente al volcanismo sus propiedades más notables, su estructura y arquitectura, sino más esencialmente al concurso del agua."

Los volcanes se presentan aislados, en grupos ó en series.

En México son frecuentes las montañas crateriformes, demostrando la grande intensidad del volcanismo en la edad cuaternaria y aun en la época actual.

Los volcanes mexicanos que se consideran como principales, son: el Popocatepetl, el Ixtlacihuatl, que tal vez sea volcan-homogéneo ó sin cráter, el Citlaltepelt ó Pico de Orizaba, el Nevado de Toluca, el Jorullo, el Ceboruco, el Colima y el Tuxtla.

Los nombres indígenas de los tres primeros demuestran, al mismo tiempo, que esas montañas llamaron mucho la atención de los antiguos habitantes del país, que uno de ellos fué observado en estado de erupcion, y que los otros no han variado de forma en los tiempos históricos. *Popocatepetl* quiere decir en idioma nahuatl, *cerro que arroja humo*; *Ixtlacihuatl*, *mujer blanca*, y *Citlaltepelt*, *cerro en forma de estrella*. Las dos últimas montañas tienen aún las formas indicadas por los nombres indígenas, pues una parece una mujer tendida y cubierta con un sudario blanco, y á la otra le da apariencia de estrella la nieve alojada en los thalwegs del volcan. Darémos algunos datos, aunque en resúmen, de los volcanes mexicanos que acabamos de citar.

*El Popocatepetl*. Elegante montaña situada al S.E. del Valle de México; forma parte de la Sierra Nevada, ó muro que limita el Valle por el Este. Su forma es elegante y cónica y se halla cubierta su cúspide por nieves perpetuas: su altura sobre el mar es de 5425 metros, y su situacion geográfica 19° 1' 54'' N. y 100° 53' 15'' W. del meridiano de Paris.

Segun un corte geológico publicado por los Sres. Montserrat, Dolfus y Pavie, y que se refiere al estudio que hicieron en Abril de 1865, sobre la pendiente del volcan, desde su pié, se ven rocas traquíticas hasta la altura de 3250 metros sobre el nivel del mar; en seguida el terreno está recubierto por arenas volcánicas, en las que aparecen fragmentos de pórfido y de basalto; despues se ven las cenizas, y en seguida la nieve que comienza á la al-

Modo de presentarse los volcanes.

Volcanes principales de México.

El Popocatepetl.

tura de 4300 metros, en el mes de Abril en que se hizo la ascension. El cráter tiene una forma elíptica, siendo el eje mayor de 900 y el menor de 750 metros; el borde está formado por una cresta irregular, con dos cimas dominantes llamadas *Pico Mayor* y *Espinazo del Diablo*; el cráter al partir de la cresta consta de tres partes distintas, que son: un plano inclinado de 65° de pendiente; un muro vertical de 70 metros de altura, y otro plano inclinado de 25° á 30°. El cráter está formado por hiladas de rocas, constituyendo un muro regular; se notan allí, segun los observadores de quienes tomamos estas noticias, varias especies de rocas: en la parte inferior capas de traquita compacta con cristales de feldespato y de anfíbola, en parte descompuesta; despues capas basálticas bien caracterizadas, y en fin, escorias porosas. En el fondo del cráter y en los bordes se perciben diversas fumarolas ó azufreras; la temperatura de éstas se elevaba hasta 74° C. De ellas se extrae muy buen azufre que en aquella época la extraccion era de 4 toneladas por mes.

La primera ascension al Popocatepetl fué hecha en la época de la conquista, en 1519, por Diego de Ordaz.

Las erupciones del Popocatepetl de que se conserva memoria han tenido lugar en los años de 1519, 1530, 1548, 1571, 1592, 1642, 1664 y 1802.

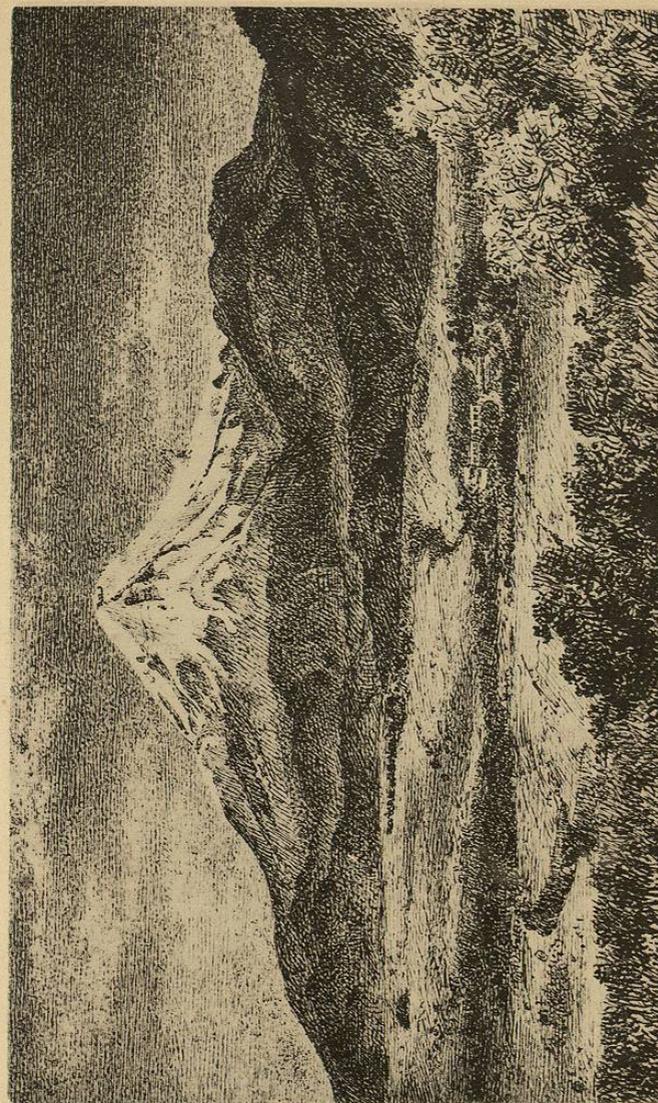
Relacionados al Popocatepetl, hay muchos cráteres secundarios en varias direcciones.

El Ixtlacihuatl.

*El Ixtlacihuatl.* Situado al Norte del Popocatepetl, se distingue desde México con una elegante y alargada forma; segun Monserrat y Dolfus, visto el Ixtlacihuatl desde el Popocatepetl, no se le percibe cráter. Su altura es de 5207 metros segun Sonntang. Puede ser un volcan homogéneo y no estratificado, pues no vemos ninguna mencion de su cráter en las referencias que de él se han hecho, ó estará recubierto por la nieve.

Citlaltepeltl.

*El Citlaltepeltl.* Montaña de esbelta forma y gran altura que se observa á gran distancia desde el Atlántico. En Julio de 1877 fué explorado el Pico de Orizaba por los Ingenieros mexicanos D. Mateo Plowes, D. Pedro Vigil y D. Enrique Rodríguez Miramon. Segun estos observadores, en la masa del volcan domi-



71, rue Lacondamine

Photo. E. Bernard et C.

VISTA DEL CITLALTEPETL ó ORIZABA.

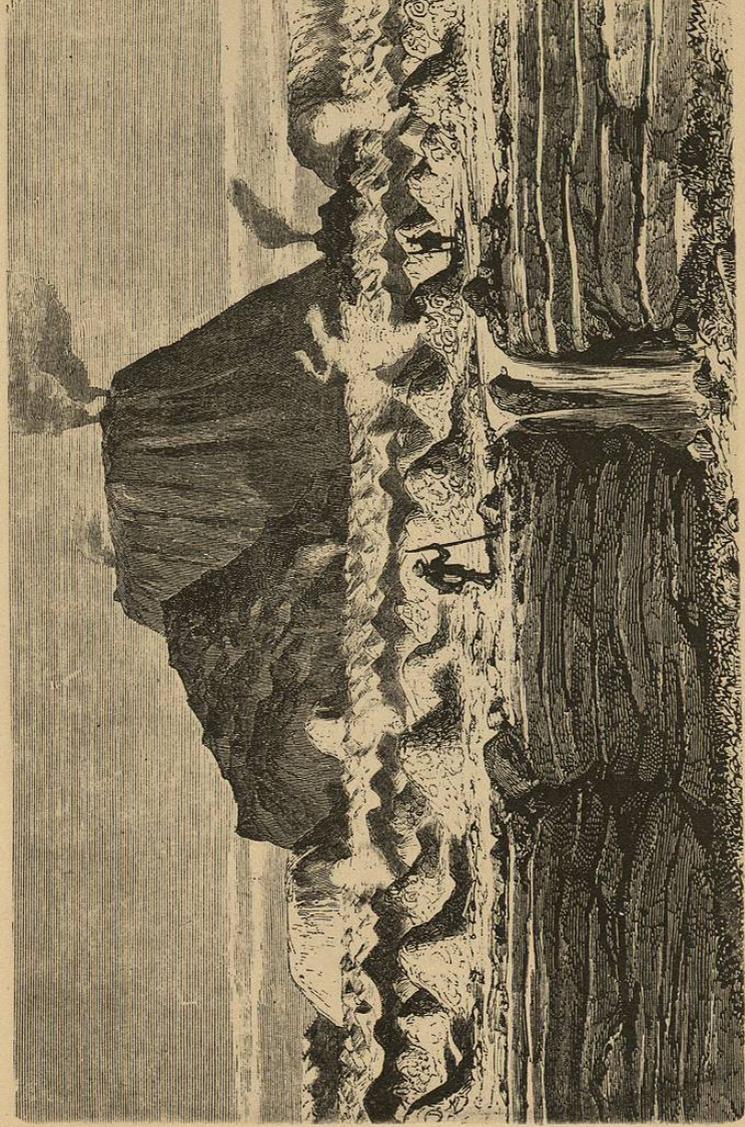


Photo. E. Bernard et Cie

74, rue Lacondamine.

EL JORULLO, VOLCAN DE MÉJICO SEGUN HUMBOLDT