

Accion del
agua.

Las aguas termales que acompañan á muchas rocas ígneas, ó las que alojadas entre los poros de las que han sido calentadas adquieren elevada temperatura, son agentes químicos de la más alta importancia en los fenómenos del metamorfismo, puesto que entónces adquieren en alto grado el poder disolvente. Desagregando y descomponiendo algunos compuestos y formando otros, esas aguas pueden transformar de un modo parcial ó completo las masas de roca, sobre todo si llevan en disolucion el gas carbónico; así podrán formar ó descomponer los feldspatos, las micas, las anfíbolos y otros silicatos de diversas bases para dar lugar á la formacion de diferentes rocas. El Profesor Daubrée, en su laboratorio ha logrado efectuar algunas de esas descomposiciones y trasformaciones bajo la accion del agua calentada á 300° R.: fragmentos de obsidiana puestos en contacto con esa agua son transformados en traquita granuda; el vidrio se reduce á una masa kaolínica en que aparecen cristales de cuarzo y agujas de wolastonia.

A la influencia de las aguas termo-minerales se debe la formacion de granates, vesubiana y otros silicatos que se encuentran en las calizas cristalinas.

En varias localidades mexicanas vemos los efectos de las aguas termales en muy crecida escala: muchos de nuestros pórfidos contienen incrustaciones de ópalo, cacholongas y hialita, que no son sino depósitos de aguas silizosas: los nódulos de óxido de hierro y de estaño que se encuentran en las masas de pórfido no pueden tener otro origen que el hidrotermal.

Accion de los
gases.

Los gases sulfurosos, clorhídricos, etc., de los volcanes, son agentes poderosos en las descomposiciones y combinaciones que se operan en el metamorfismo; pero sobre todo el vapor de agua con alta presion contribuye en grande escala en tales efectos.

Metamorfismo
regional ó
local.

El metamorfismo puede ser regional ó local; es decir, abarcar grandes extensiones de terreno, ó circunscribirse á determinados espacios. Así, pueden verse dilatadas cadenas de montañas ó formaciones diversas afectadas por el metamorfismo, ó percibirse solamente sus efectos en el contacto de las masas ígneas, ó en muy cortas extensiones.

El metamorfismo es un efecto en que el geólogo debe fijar mucho su atencion, pues este efecto le dará en muchos casos la explicacion de fenómenos los más variados, y en muchas ocasiones de muy difícil interpretacion.

CAPÍTULO III.

EL AGUA COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Incesante y variada es la accion de este poderoso agente geológico; recorre un circuito maravilloso, y ejerce diversas acciones como un obrero infatigable, como un avaro que saca provecho aun de sus más insignificantes acciones.

Accion del
agua.

Elevada el agua en las regiones atmosféricas al estado de vapor, puede provocar el rayo que hienda la roca: se condensa y cae bajo la forma de lluvia que desagrega las superficies de las rocas; forma torrentes, arroyos y poderosos rios que pulen la superficie terrestre; se labra canales, lechos, valles y barrancas; desprende los materiales pétreos, los pulveriza y distribuye para formar terrenos sedimentarios, ó los conduce hasta el Océano; se infiltra á través de las rocas y ejerce en ellas multitud de efectos químicos y mecánicos; acarrea los materiales que les quita; forma cavidades y mina los cimientos de las montañas hasta causar su ruina; se transforma en vapores poderosos allá en el interior de la Tierra, y contribuye de un modo tan influente en los fenómenos del volcanismo: además de ejercer sus variados efectos en el estado líquido y el gaseoso, se solidifican tambien las aguas, se aglomeran sobre las montañas, descienden por sus pendientes, puliendo las rocas ó llevando sus fragmentos para emplearlos como agentes de erosion; vuelven al mar despues de haber recorrido tan dilatado camino de actividad química ó me-

Diferentes mo-
dos de accion.

cánica, y de aquel inmenso depósito se levantan bajo el estado de vapor para emprender de nuevo el circuito ántes recorrido.

Hé aquí un resúmen del variado programa que las aguas desempeñan en la Geología dinámica.

Recorramos, aunque con brevedad, algunos de esos efectos condensados en este resúmen, considerando separadamente la acción química del agua y sus efectos mecánicos.

Efectos químicos.

§ I. EFECTOS QUÍMICOS DEL AGUA. El agua resbalando sobre la superficie, impregnando las rocas ó circulando en la corteza terrestre puede por sí misma disolver muchas sustancias; ó ayudándose de agentes poderosos, como el calórico que toma en las profundidades que recorre, ó el ácido carbónico, el oxígeno, las materias orgánicas, etc., que se le asocian en su paso por la atmósfera ó por las capas terrestres, puede hacerse un disolvente casi general de todos los materiales con que se pone en contacto, y además ejercer una multitud de combinaciones y descomposiciones químicas.

Asociada al oxígeno.

Con el oxígeno que le facilita el aire lleva á mayor grado de oxidación algunas bases, sulfatiza varios de los sulfuros, etc., y da lugar á nuevas combinaciones, solubles unas, y otras insolubles, pero que contribuyen á la desagregación de las masas. El ácido carbónico es el auxiliar más poderoso que el agua emplea en sus trabajos químicos. Con ese agente ataca á las más duras y compactas masas de rocas; disuelve el mármol formando bicarbonato de cal; se apodera de los álcalis de los feldspatos haciendo sales solubles y obligando á los otros elementos á combinarse formando arcillas y siliza soluble. Por este procedimiento los granitos, los pórfidos y otras rocas feldespáticas van siendo gastadas y destruidas, ya en las superficies expuestas á la intemperie, ó en el interior de su masa, adonde puede llegar el agua por las junturas de la roca ó por sus intersticios. Otras muchas combinaciones y descomposiciones se efectúan sobre otros silicatos de base de cal y de óxido de hierro que tanto abundan en las rocas.

Asociada al ácido carbónico.

Por estos medios de acción química y ayudando los efectos mecánicos, no solamente se van puliendo y alterando las pen-



Caverna del Diablo
Montañas del Cierro

Photo. E. Bernard et C^o

71, rue Lacondamine.

CAVERNA DEL DIABLO

ESTADO DE HIDALGO. — MÉXICO

dientes de las montañas para dar lugar á la formación de diversas tierras que ocupen las depresiones del terreno, sino que en la masa de la corteza terrestre se forman oquedades y galerías de figuras y dimensiones diversas. Así se forman las grutas y cavernas, accidentes geológicos que merecen una particular consideración en la Geología Dinámica. Estas oquedades, aunque son el resultado de las acciones químicas y mecánicas del agua, las consideramos desde luego por depender muy directamente del caso á que nos referimos.

Efectos por disolución y deslave.

Cuando esas excavaciones tienen poca magnitud se les llama *grutas*, y *cavernas* si son de bastante extensión. Las aguas van destruyendo las rocas, y este trabajo erosivo es ayudado frecuentemente por las corrientes; en muchas cavernas se observan ríos, cascadas y lagos, dando mayor belleza á esos antros cuando la luz artificial revela sus maravillas. Por lo regular las grutas y cavernas se hallan labradas en las rocas calcáreas: las aguas cargadas de ácido carbónico que van perforando las rocas, dejan revestimientos de carbonato de cal cuando se escapa el exceso de ácido que favorecía la disolución de aquel compuesto. Por otra parte, esas aguas calcáreas al chorrear por las hendiduras de las cavernas van formando masas de figura generalmente cónica, que penden unas del techo, y otras se levantan al encuentro de las primeras; aquellas se llaman *estalactitas*, y las últimas *estalagmitas*.

Grutas y cavernas.

Estalactitas y estalagmitas.

El ácido sulfúrico que proviene de la oxidación de las pirritas, y el ácido azótico derivado del ázoe de la atmósfera y de las descomposiciones orgánicas, ayudan notablemente en esos trabajos químicos del agua.

Estas masas y los revestimientos de que hablamos forman las más variadas y caprichosas figuras que adornan las cavernas. Los diversos modos de arreglarse las concreciones de la caliza estilática, su color generalmente blanco, su lustre, su aspecto cristalino, etc., contribuyen á dar una hermosura indescriptible á esas maravillas subterráneas.

Muchas de esas cavidades son visitadas y admiradas por su magnitud y por las bellezas que encierran. La de Aldelsberg,

Diversas cavernas.

en Carintia, tiene cerca de dos leguas de extension, y sus decoraciones son espléndidas: la de Antíparos, notable por sus estalactitas, la del Mammoth en Norte-América, y otras muchas que seria largo enumerar.

En las montañas calcáreas de México existen muchas de esas maravillas subterráneas, siendo una de las más célebres la llamada de Cacahuamilpa, en el Estado de Guerrero.

La boca de esta espléndida caverna se abre en la pendiente oriental de una montaña cubierta de vegetacion; la forma de la entrada es semicircular, como se observa en la lámina adjunta. El cañon de la caverna se dirige primero al N.W., se inclina despues al W. y en seguida desciende al S.W., formando un curso tortuoso como el de un rio. El cañon presenta muchas irregularidades, lo que hace que el vulgo considere dividida la caverna en once salones ó trechos que se conocen con los nombres de: El Chivo, Los Confitos, La Aurora, El Salitre, El Panteon, El Pedregal del Muerto, El Agua Bendita, Las Ánimas, El Palmar, El Portezuelo y Los Órganos. Muchos de estos nombres se refieren á la apariencia de las estalactitas y estalagmitas que adornan la caverna. En algunas partes forman espléndidos cortinajes que revisten las paredes; en otras se encuentran como elevados monumentos sepulcrales, como erguidos troncos de palmeras, como plantas de órganos, etc. El Ingeniero D. Francisco Búlness, que nos acompañó una vez en el estudio que hicimos de esa caverna, compendió la descripcion de las maravillas que aquella encierra con estas palabras: "Puede un pintor dibujar todas las figuras imitativas que su fantasía le inspire, y asegurar que las ha copiado en el interior de la caverna de Cacahuamilpa, sin que nadie pueda desmentirlo."

El cañon de la gruta tiene cerca de cuatro kilómetros de longitud.

En esta caverna se tienen ejemplos expresivos del trabajo geológico de las aguas. Las estalactitas que penden del techo llegan á adquirir tal peso, que se desprenden con las masas de rocas que les servian de base, y la caverna gana en altura: las estalagmitas tienden por su parte á levantar el piso; en varios lu-

Cavernas me-
xicanas.

Caverna de
Cacahuamilpa.

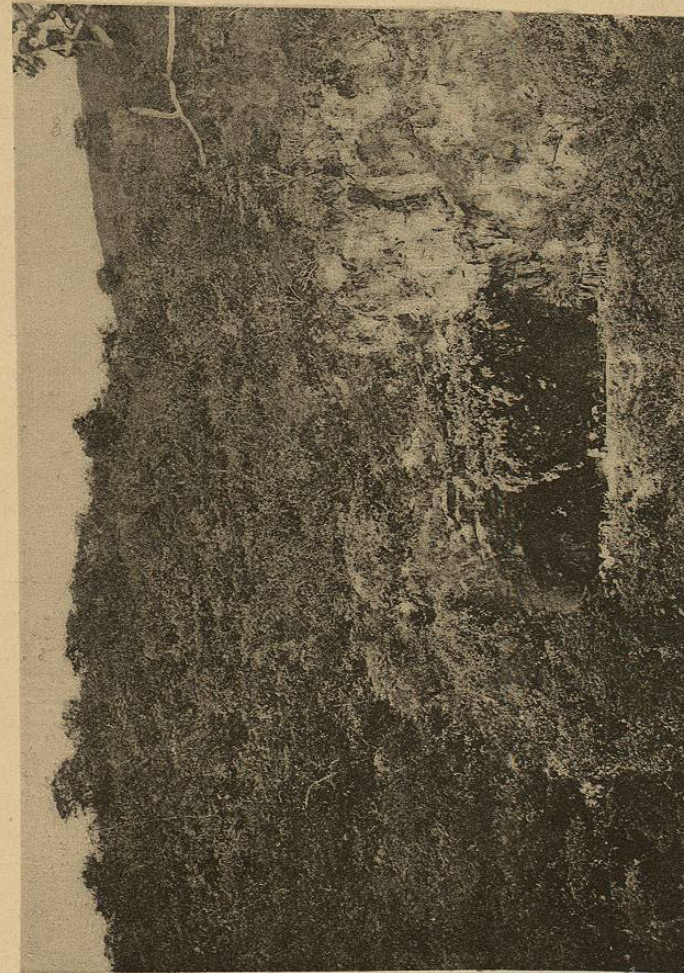


Photo. E. Bernard et C.

71, rue Lacondamine.

BOCA DE LA GRUTA DE CACAHUAMILPA
ESTADO DE GUERRERO. — MÉXICO

gares las masas superiores y las ascendentes se unen y forman gruesas columnas que sostienen las bóvedas.

Se ve que esta caverna fué en otro tiempo cruzada por un río, á juzgar por los rellenos de guijarros de aluvion que en algunas partes presenta: ahora, se ven dos rios que salen en otras cavernas inferiores á la de Cacahuamilpa, y que perforan en toda su masa á la montaña en que ésta se encuentra. El agua, como muchos de los séres, se labra sus habitaciones y caminos en el interior de la Tierra.

Es de advertirse en este lugar que no solamente á la accion de las aguas se debe la formacion de las cavernas, pues muchas hay de origen volcánico, y que tambien pueden tener notables dimensiones.

Origen de otras cavernas.

Se comprende que este trabajo de disolucion de las rocas, puede llegar hasta el caso de que se hundan las galerías causando efectos desastrosos sobre los terrenos: hundimientos considerables se han observado, y en muchos casos acompañados de temblores debidos al movimiento de las masas que se desprenden.

Hundimientos y temblores debidos á estos trabajos de las aguas.

Muchos de esos movimientos terrestres deben ser ocasionados por el hundimiento ó desprendimiento de rocas en las cavidades subterráneas, cuyo fenómeno podrá no revelarse en la superficie del terreno.

Ejemplos en las cercanías de Cacahuamilpa.

Uno de estos fenómenos geológicos tuvo lugar el 3 de Setiembre de 1879 en los cerros vecinos á la caverna de Cacahuamilpa; en extension de más de una legua el terreno se cuarteó, se hundió en algunos puntos, y en otros resbalaron las pendientes de las montañas, como se ve en la lámina adjunta. Los hundimientos en algunas partes son muy sensibles, y en otras las masas desprendidas efectuaron movimientos semicirculares, como se nota por la desviacion de algunos caminos y veredas. La formacion que se desgajó, es de pizarras y arcillas que se apoyan sobre la caliza cretácea. Este fenómeno sólo puede explicarse por el hundimiento de cavidades en la formacion calcárea.

Ejemplo de hundimientos y resbalamientos.

Por la accion química del agua sobre las rocas feldespáticas,

Distribucion
de las sustan-
cias llevadas
por el agua.

vimos tambien hundimientos y resbalamiento de gran parte de una montaña de pórfido, en el Cerro Cuatezon, Estado de San Luis Potosí. El fenómeno tuvo lugar el año de 1877. Al hablar del metamorfismo hicimos referencia al papel importante que el agua por sus efectos químicos toma en aquel fenómeno. Y puede preguntarse: ¿qué fin tienen las sustancias robadas por las aguas al interior de la corteza terrestre? Muchas de esas sustancias quedan depositadas en los caminos que aquellas recorren, y á ese fenómeno se debe la formacion de muchos filones minerales; otras veces sólo revisten y decoran las paredes de las galerías y grutas, y en otras salen al exterior, formando depósitos superficiales, ó son llevadas hasta el mar: en las aguas oceánicas se han descubierto hasta ahora los siguientes cuerpos: oxígeno, hidrógeno, cloro, bromo, iodo, fluor, azufre, fósforo, carbono, silicio, boro, plata, cobre, zinc, plomo, cobalto, níquel, hierro, manganeso, aluminio, magnesio, calcio, estroncio, bario, sodio, potasio y litio.

Ya observaremos en la última parte de la Geología Dinámica, cómo los seres organizados se oponen á la saturacion de carbonato de cal á que podian llegar las aguas del Océano por las grandes cantidades que de ese compuesto le llevan las aguas continentales.

El agua actúa
bajo tres esta-
dos físicos.

§ II. TRABAJOS MECÁNICOS DEL AGUA. Bajo tres estados físicos puede el agua ejercer sus trabajos mecánicos: en estado gaseoso, líquido y sólido.

Accion del
agua al estado
de vapor.

Al tratar del volcanismo, consideramos ya los principales efectos geológicos del vapor de agua; vamos ahora á ocuparnos del agua líquida y del agua sólida como factores geológico-dinámicos.

Accion del
agua al estado
líquido.

El agua líquida puede actuar sobre las rocas desde que cae como lluvia, cuando corre ó se deposita sobre los continentes, cuando circula en el interior de la corteza terrestre, y por último, cuando se almacena en los océanos. Por esto deben considerarse separamente las aguas superficiales, continentales, las aguas subterráneas y las aguas marinas.

Aguas superfi-
ciales.

Aguas superficiales. Las gotas de agua que pueden herir con



Photo. E. Bernard et C^e

Paris, 71, rue Lacondamine.

DERRUMBAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS EN UNA MONTAÑA CERCANA
Á LA GRUTA DE CACAHUAMILPA
(MÉXICO)