

gran fuerza las superficies de las rocas ayudan en muchos casos á desagregarlas ó á lo ménos cooperan en los efectos erosivos de las corrientes. Al caer las aguas forman pequeños arroyuelos, arroyos, torrentes y rios que se unen á otras corrientes para ir al mar, se depositan sobre la superficie en lagos, se filtran en el terreno para formar corrientes subterráneas, ó se vaporizan de nuevo remontándose en la atmósfera.

Las aguas corrientes actúan sobre las rocas de un modo proporcional á su volúmen, á su velocidad y fuerza, á la pendiente en que resbalan, y también á la naturaleza de las rocas. Su tendencia constante es lamer las superficies, deslavarlas y profundizar el lecho sobre el cual se reúnen y circulan: los fenómenos ígneos tienden á levantar los terrenos y las aguas á rebajarlos.

Diversos modos de ejercer su accion.

Rocas hay que con la mayor facilidad son desagregadas y arrastradas por las aguas, mientras que otras necesitan mucho tiempo para ser vencidas por las corrientes.

En estos efectos erosivos se sirven las aguas de sus trabajos químicos para disolver, pulverizar ó debilitar á las masas, y también adoptan como poderosos agentes á los fragmentos de rocas que puestos en movimiento van labrando las superficies ó destrozando las masas hasta pulverizarlas, sobre todo, si este trabajo se ayuda con el choque de unos fragmentos contra otros, en el camino que recorre la corriente.

Por esto se ven en los cursos de los rios y arroyos esos guijarros arredondados de diversos tamaños, las matatenas, las arenas y el limo, que son productos todos de la accion erosiva de las aguas.

Así, este agente geológico destruye y gasta por una parte; pero distribuye y forma terrenos sedimentarios por otra: algunos de los elementos que arrastra los lleva hasta el Océano, su regazo final.

Accion compensadora de las corrientes.

Al tratar de las rocas hemos hablado ya de las formaciones sedimentarias citando las estructuras particulares que presentan las playas, así como de ciertas marcas que indican el modo de formacion de algunas rocas sedimentarias.

Formaciones sedimentarias.

El trabajo incesante, aunque pequeño del agua, ha logrado

Formaciones de canales profundos.

practicar profundos canales sobre masas endurecidas, como se observa en el cañon del rio Colorado en los Estados Unidos. Segun el Dr. Newerry, en una longitud de 300 millas se observa un cañon continuo en ese rio con profundidad de 3,000 á 6,000 piés.

Formacion de saltos y cataratas.

Cuando la corriente ataca rocas de diferentes durezas, es cuando con más facilidad se forman los saltos, cascadas y cataratas de que ántes hemos hablado.

Formacion de cañadas y valles.

Las excavaciones más variadas en formas y magnitud son el efecto de los trabajos mecánicos de las aguas; los thalwegs, cañadas, barrancas y valles son accidentes que en su mayor parte han practicado las aguas corrientes.

Dijimos ántes que muchos de los materiales acarreados por las aguas llegaban hasta el Océano: las olas y mareas distribuyen en las costas la mayor parte de esos materiales; otros forman bancos, y los más finos son llevados al interior del mar y al fin depositados sobre el fondo. El acarreo de tierras es á veces muy grande: se calcula en 812,500.000,000 de libras el limo introducido anualmente al Golfo de México por el Mississippi, y en 6,368.000,000 de piés cúbicos el acarreo anual del Ganges.

Formacion de deltas.

Cuando á la entrada de un rio se interpone una barra, existen médanos ó es débil el movimiento de la marea, se forman depósitos de esos materiales y penetran en el mar.

Sobre ese terraplen se forman lagunas ó se divide la corriente principal en varias derivadas, entrando el rio por muchas bocas, en cuyo caso lleva el nombre de *Delta*, como se observa en el Mississippi, en el Rhin, en el Ganges y otros rios.

Trabajos de las aguas subterráneas.

Aguas subterráneas. Las aguas filtradas á través de las rocas, forman corrientes y depósitos interiores que pueden tambien ejercer diferentes acciones mecánicas y químicas como las aguas superficiales; así deslavan las superficies de las rocas, las distribuyen, se labran canales de circulacion, arrastran materiales, etc. En algunos casos pueden reblandecer los bancos de arcilla, de arena y otras rocas, causando el deslizamiento de las masas superiores que se apoyan sobre los bancos reblandecidos; así se han visto trasportar de un lugar á otro grandes espacios de te-

rreno, llevando los ganados, habitaciones y bosques á diferentes distancias. Al hablar de las grutas y cavernas hicimos mencion de los efectos combinados del agua obrando química y mecánicamente, y citamos ejemplos de grutas, de hundimientos y resbalamientos de terrenos. En la parte hidrográfica de este libro se habló con detencion de las aguas subterráneas.

Aguas marinas. Las olas del mar vienen á chocar sobre las costas de un modo incesante y más ó ménos fuerte; por consiguiente su accion es continuada y de efectos variables.

El choque de las olas sobre las rocas y las paredes acantiladas de las costas las va minando y acaba por destruirlas. Esta accion es más poderosa sobre la parte superior de la marea média, y es de menor efecto bajo la marea inferior en que las rocas son protegidas por las mismas aguas.

Sobre la costa las olas van regularizando los contornos y distribuyendo los materiales que arrancan de las partes elevadas ó que llevan los rios hácia el mar; cuyos materiales dejan en las paredes del nivel de las mareas; al encontrarse las corrientes con las olas caen los materiales acarreados, y si las masas son suaves se forman bancos y deltas á la entrada de los rios; pero si son fuertes esos movimientos, entónces se forman barras. Las acumulaciones y distribucion de los materiales se efectúan más ampliamente bajo las aguas someras, y así se van formando depósitos de arena y guijarros en las playas, y aun bancos cerca de la orilla ó en el interior del mar.

La accion erosiva de los mares es más bien efectuada en las costas y sobre los promontorios y partes salientes. Los rios tienden á llenar los océanos con los detritus que llevan de los continentes, y las olas del mar luchan por devolverlos á los continentes, y puede decirse que este es el trabajo constante de donde resultan esas distribuciones de materiales en las costas, efectuándose una compensacion que tiende á equilibrar las formaciones y á localizarlas donde deben distribuirse.

Esto no indica que en los fondos de los mares no se efectúen depósitos de materiales; pero no tienen la importancia que los trabajos que se efectúan en los bordes del mar y en las aguas

Accion de las olas.

Distribucion de materiales en las costas.

La accion erosiva obra en las costas. Compensaciones.

poco profundas. En los primeros tiempos geológicos esos depósitos eran más importantes porque los mares eran poco profundos en general.

Fuerzas puestas en acción.

Las fuerzas puestas en acción en esos trabajos del mar, son: los movimientos regulares y accidentales de las olas y las corrientes marinas.

Olas y mareas.

Las primeras son las de mayor consideración, tanto por su constancia como por la intensidad que por la fuerza de los vientos, por las tempestades ó por otras causas pueden adquirir. Sobre todo, son intensas las mareas cuando penetran en los canales ó entre las islas, y también al entrar en los ríos cuando son detenidas por las formas de sus bocas, por bancos de arenas ú otros obstáculos, en cuyo caso se avanzan en algunos kilómetros dentro del río, levantándose á grande altura y ejerciendo poderosos efectos erosivos en las orillas vecinas.

Acción del flujo y reflujo.

Se comprende que en el vaiven de las olas, ó sea en el flujo y reflujo, este último movimiento es el de mayor poder erosivo y comienza actuando sobre el fondo, desde su origen.

Corrientes oceánicas.

Respecto de las grandes corrientes oceánicas, las polares son las de mayor efecto geológico á causa de las masas de hielo que traen consigo, y que sirven de vehículo á grandes cantidades de tierras y de piedras que depositan en los lugares donde se funden esos hielos: este efecto se ve en los bancos de Terranova en que pasan ó se funden los hielos flotantes que vienen del Norte. La corriente llamada *Gulf-stream*, poco ó ningun efecto produce, debido á que camina lejos de la costa y á que tiene grande espesor.

Hielos.

Aguas congeladas. Las aglomeraciones de nieves que se colocan sobre las montañas y descienden hácia los valles, son las que mayor efecto producen sobre las rocas.

Agassiz divide esa aglomeración en tres clases, que llama: *Campos de Nieve*, *Neveras* y *Ventisqueros*.

Campos de nieve. Neveras. Ventisqueros.

Los campos de nieve se encuentran en las altas mesetas y collados: las neveras ocupan los circos y presentan muy poca pendiente: en fin, los ventisqueros ó glaciares que partiendo del fondo de los grandes circos ocupan las pendientes extendiéndose

se hácia los valles inferiores. Los ventisqueros son los más importantes en el estudio que nos ocupa. Estas masas de nieve descienden de un modo regular y continuo, con un movimiento que depende de su masa y de la inclinación de las pendientes; pero que normalmente es lento y oscila entre 0.15 y 1.30 metros por día. El ventisquero se acomoda á la superficie de resbalamiento y á sus accidentes sobre los cuales pasa ó los rodea: cuando la superficie de resbalamiento no es uniforme, el ventisquero se hiende en varias partes, y al encontrar diferencias de pendiente se desgaja en masas de diferentes formas y volúmen: á veces estas caídas de blocks de nieve hacen terribles estragos, y á ese accidente se le llama *alud*.

Alud.

La causa principal que imprime su movimiento al ventisquero, es la dilatación que va sufriendo por la congelación del agua que se introduce en su masa; sea de las lluvias ó de los deshielos.

Causa del movimiento de los ventisqueros.

Los ventisqueros traen generalmente trozos de rocas desprendidas de las partes altas de las montañas, y los que se arreglan en líneas en la masa de nieve: á esos trozos de roca se les llama *canchales*.

Canchales.

Algunas masas de nieve van á dar hasta el mar, y forman lo que se llaman *hielos flotantes*, que tan temidos son de los marinos.

Los ventisqueros gastan las superficies de resbalamiento y producen estrias: rayas ó surcos sobre ellas; se ayudan en sus trabajos erosivos de los canchales, y estas masas van á formar terrenos sueltos, como observamos al tratar del período glacial; los hielos flotantes son las balsas que distribuyen en diversas partes los trozos de rocas que conducen.

Efectos de los ventisqueros.

En la congelación de las aguas de los ríos pueden producirse efectos análogos por el transporte de piedras que toman las aguas al congelarse ó que caigan sobre ellas.

Canchales en los ríos.

Por la fusión que se opera en las superficies de los ventisqueros ó en sus grietas, se va formando una corriente de agua líquida que corre por debajo, y se escapa al fin donde concluye el ventisquero, y sigue aquella descendiendo por las cañadas y valles.

Corrientes líquidas procedentes de los ventisqueros.

Distribucion
geográfica de
los ventisque-
ros.

La region clásica de los ventisqueros es actualmente la cadena de los Alpes; tambien se encuentran esos rios de nieve en los Andes, en el Cáucaso, en Noruega, en Groenlandia y otras regiones árticas.

Por último, el fenómeno de dilatacion que experimenta el agua al congelarse, causa en muchas ocasiones la destruccion ó division de las masas de rocas; aunque como hemos dicho, los ventisqueros constituyen los más poderosos agentes geológicos del agua al estado sólido.

CAPÍTULO IV.

LA ATMÓSFERA COMO FACTOR GEOLÓGICO.

Definicion y
composicion de
la atmósfera.

Llámase atmósfera á la envoltura gaseosa que rodea á la Tierra, y que está compuesta esencialmente de una mezcla de oxígeno y de ázoe en la proporcion de 21 partes del primero y 79 del último, á las cuales se asocian cantidades variables y relativamente pequeñas de ácido carbónico y vapor de agua.

Estos cuerpos son los agentes de la atmósfera en sus trabajos químicos, y sus movimientos en los efectos mecánicos que tambien practica.

Accion del
oxígeno.

Si consideramos primero uno de los principales componentes del aire atmosférico, el oxígeno, veremos que es el agente principal de muchos fenómenos químicos indispensables á la vida animal y vegetal, y que tambien trabaja incesantemente sobre los componentes de las rocas.

Las combustiones que siempre se efectúan por medio del oxígeno, tienden á quitarle este gas á la atmósfera; pero la vegeta-

cion descompone el ácido carbónico producto de aquella accion, y el oxígeno es restituido al aire, mientras que el carbono se almacena en las plantas para formar parte esencial en sus tejidos.

Hé aquí la fuente principal del equilibrio entre la composicion de la atmósfera y su accion sobre los fenómenos biológicos.

El oxígeno se combina con los cuerpos minerales y oxida tambien á las sustancias orgánicas, dando así lugar á multitud de reacciones químicas que contribuyen á las alteraciones de las rocas, sirviendo de agente geológico de constante y poderosa accion. Las reacciones que el oxígeno y el ácido carbónico efectúan sobre las rocas, las mencionamos ya al tratar de los efectos químicos del agua auxiliada de esos cuerpos, y por tanto nos referimos á aquella parte de la Geología Dinámica al considerar los efectos químicos de la atmósfera: al tratar de la vida, como factor geológico, citaremos otros hechos referentes á la influencia química de los propios cuerpos.

Del ázoe atmosférico se derivan el ácido azótico y los salitres, que tambien ejercen acciones químicas y erosivas muy marcadas sobre las rocas.

El aire es el vehículo que lleva los vapores acuosos del lugar de su produccion á las regiones elevadas donde se condensan y caen al estado de lluvia, de nieve ó de granizo. Se ve, pues, de varias maneras la relacion ó ayuda recíproca que existe entre la atmósfera y el agua para ejercer sus efectos geológicos. A impulso del viento se agitan las olas del mar y producen sobre las rocas los efectos que ántes mencionamos.

A estos efectos dinámicos debemos añadir los de erosion y transporte que el aire puede tambien efectuar. Cuando sopla con fuerza levanta las arenas y otros fragmentos de las rocas, destroza las ramas de los árboles, y con los cuerpos que arrastra hiere las superficies de las rocas y les arranca partículas que se unen á las que ya tenian en movimiento.

En las orillas del mar es donde se ve con más claridad el poder de transporte que tiene el viento: allí las arenas se cambian

Accion del
ázoe.

Accion combi-
nada del aire y
del agua.

Efectos de ero-
sion y traspor-
te.