

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 tenían 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.

Médanos.

de un lugar á otro formando esos montículos movedizos que se llaman *médanos*. A efecto de estos cambios se forman diques que desvian los cursos de agua; se aíslan charcos y lagunas; se atierran y desaparecen, otras; se producen á inundaciones, etc. Terribles son las lluvias de arenas que el viento produce en los desiertos de Sahara, y que pueden sepultar poblaciones y caravanas enteras.

Lluvias de arena.

Trasporte de polvo y de arenas.

A orillas de los lagos y de los rios, en los arenales grandes ó pequeños, se observan efectos análogos; y en fin, el trasporte de polvo finísimo lo vemos diariamente al observar el depósito que dentro de las habitaciones se hace, especialmente sobre los muebles.

Ejemplos locales.

Para dar un ejemplo de fácil observacion podemos referirnos á los cambios de arenas que tienen lugar á orillas de los lagos y lagunas del valle de México: en la estacion de las secas rigen con frecuencia los vientos australes, y las arenas se cambian formando montículos en diversas partes, y aislando depósitos de agua que se evaporan, dejan á seco sus sedimentos salinos ó de materias orgánicas: á impulsos del viento vienen las arenas volcánicas de algunos cráteres apagados y cerros arenosos que se encuentran cercanos á los lagos, cuyo acarreo tiende á aterrizar esos depósitos de agua ó á formar sedimentos en sus márgenes; á ese efecto se debe el nivel superior que sobre los caminos tienen los terrenos vecinos limitados por muros ó cercas de piedras que represan las arenas.

Vimos ya el trasporte de las cenizas volcánicas á grandes distancias por los vientos.

Formaciones meteóricas.

La estructura de los depósitos formados por los vientos se mencionó ya al tratar de las rocas; esas formaciones se designan con el nombre de *meteóricas*.

Para completar los datos que sobre este particular hemos dado relativos al Valle de México, dirémos que en las noticias publicadas por el Observatorio Meteorológico Central se ve que el aire dominante es del N.W. en la mayor parte del año, y que en la primavera son frecuentes los vientos que vienen de los cuadrantes australes: la velocidad média anual del aire oscila

entre 0^m7 y 1^m2 por segundo: la velocidad extrema ha llegado hasta 18 metros por segundo.

En el Golfo de México la estacion de los *Nortes* se comprende entre Setiembre y Marzo.

CAPÍTULO V.

LOS ANIMALES Y LOS VEGETALES, COMO AGENTES

GEOLÓGICOS.

La vida que se agita sobre la superficie terrestre, sea en las tierras emergidas ó en las aguas, contribuye de varias maneras en los trabajos geológicos; los séres pueden conservar, destruir y formar las rocas.

Modo de obrar de la accion fisiológica.

Las humildes plantas criptógamas como los líquenes y los musgos que se extienden sobre las superficies de las rocas, las preservan en muchas ocasiones de la accion erosiva de los agentes atmosféricos.

Preservacion de las rocas por las plantas.

Las yerbas que crecen en las praderas, y el césped que cubre las pendientes de las montañas, defienden á las tierras de ser desagregadas y arrastradas por las aguas. Este efecto de proteccion, tomado de la naturaleza, lo aprovecha el hombre resguardando las capas de tierra vegetal que cubren los terrenos inclinados, los bordes de los canales y otros cursos de agua; pero principalmente para fijar las arenas movedizas de los médanos es cuando recurre al auxilio que le proporciona la vegetacion, pues las raíces detienen las arenas sueltas que frecuentemente cambian de situacion al impulso de los vientos.

Una planta que en la estacion de secas logre enraizar en el curso de un thalweg, puede formar una presa y aglomerar á su pié las tierras, las arenas y guijarros; allí nacerán nuevas plan-

tas, y ya unidas formarán una colonia que puede detener ó desviar un curso de agua, favoreciendo unas rocas de la acción de la corriente, y exponiendo otras superficies á los efectos de la erosión.

Acción destructora.

La acción destructora que los seres organizados pueden ejercer no sólo comprende este último caso que acabamos de citar, sino también otros de diferente naturaleza.

El tapiz de líquen que en algunos casos protege las superficies de las rocas, en otras forma un depósito de tierra vegetal en la que pueden desarrollarse plantas de organización más perfecta. Emiten éstas sus raíces, las introducen en los intersticios de las rocas, y formando poderosas cuñas desgajan las masas, y sus fragmentos, rodando sobre las pendientes de las montañas, pueden llegar á formar poderosos derrumbaderos semejantes á los aludes. Hé aquí un ejemplo de un esfuerzo al parecer insignificante multiplicado por un factor poderoso.

Diseminación de las semillas.

La fijación de una semilla que desarrolle un árbol en la grieta de una roca, puede ser efecto de una corriente de agua, ó por su ligereza y órganos accesorios, como penachos, etc., la lleva el viento y la fija en cualquiera aspereza del terreno; las aves y otros animales sirven también en muchos casos para diseminar y sembrar las semillas.

Acciones químicas de plantas en descomposición.

Las plantas, así como las sustancias animales en descomposición, emiten gases que pueden obrar químicamente sobre ciertos cuerpos minerales, provocando reacciones que den por resultado la descomposición de unas sustancias y la formación de otras; así se explica en muchas ocasiones la formación del hierro palustre, la reducción de la plata al estado nativo, la emisión de gases sulfúricos á efecto de ciertas algas, etc.

Destrucción de las rocas por los animales.

Los animales que horadan la tierra, sea para buscar sus alimentos ó para labrar sus habitaciones, pueden á veces con trabajos al parecer insignificantes, producir efectos de notable magnitud. Así los insectos, los roedores y otros animales, barriendo las paredes de una barranca, prestan acceso á las aguas; los trozos de rocas se desprenden y dejan nuevas superficies expuestas á la acción de la intemperie.

Sobre todo, en los bordes de los canales y de los ríos, en los diques y presas es donde se hace más notable el efecto de esas perforaciones que causan con frecuencia desastrosas inundaciones que pueden devastar grandes comarcas.

Los castores, con la formación de diques y canales, detienen las aguas á su antojo ó les cambian su dirección, protegiendo algunas superficies de tierras y anegando otras.

Los trabajos geológicos del hombre que se desprecian en las citas de este género, contribuyen también y en grande escala en las obras de conservación, destrucción y variación en las masas de rocas. Practica diques y canales que ponen en comunicación los ríos, lagos y mares; perfora las montañas, les hace tajos profundos, empareja sus desigualdades, y auxiliado por los agentes explosivos destruye montañas y se abre paso á través de las más endurecidas rocas.

Trabajos del hombre.

Pero todos estos efectos casi pasan desapercibidos ante la magnitud de otros trabajos geológicos producidos por los cuerpos organizados, y que parten de estos dos grandes hechos, que Crédner resume así: "Los depósitos calcáreos que hacen los animales en el fondo del mar y la absorción del ácido carbónico, la asimilación y el almacenaje de carbono que efectúan las plantas."

Los efectos más notables producidos por los organismos son los depósitos calcáreos y los de carbono.

Partiendo de estos hechos, fácil es explicarse de qué manera han contribuido los seres en escala tan vasta en la formación de las rocas, cuando vemos cordilleras enteras de montañas formadas por conchas, políperos y otros despojos de animales marinos, y cuando recordamos las grandes áreas que marcan los depósitos de carbono fósil que hoy forman la riqueza de muchas naciones.

Las conchas marinas y los zoófitos que dejan sus despojos en el fondo de los mares, ó que se asocian para formar islas, bancos y arrecifes de variadas magnitudes, constituyen depósitos, que, sobre todo en las edades antiguas del mundo, venían después á contribuir en gran manera á la formación de las tierras emergidas por el levantamiento de esos fondos marinos.

Depósitos calcáreos de origen orgánico.

Casi toda las calizas del globo reconocen ese origen que aca-

bamos de señalar. Ya hemos mencionado cómo las montañas calcáreas de la Sierra Gorda y otras cordilleras del país que hoy elevan sus crestas á grandes alturas, no son sino aglomeraciones de conchas y de políperos que en otros tiempos formaban el lecho de los mares.

Actualmente siguen esos trabajos geológicos, y el desarrollo de una gran parte de las faunas marinas se hace á expensas de la materia calcárea llevada al Océano por las aguas que allí van á depositarse. Si no existiera este trabajo admirable de composición, acabarían por saturarse de sales calcáreas las aguas del océano; pero los séres que allí viven gastan la mayor parte de esas sales en la formación de sus conchas y habitaciones, y aun estos despojos no se aglomeran de un modo indefinido en el fondo del mar, porque el oleaje los arroja en grandes cantidades sobre las playas y las islas, desembarazándose así de esos cuerpos, que en el trascurso de los siglos tenderían á disminuir su vaso de un modo notable.

El crecimiento de los arrecifes de coral se hace de un modo prodigioso, y las olas tienden á limitarlo llevando grandes fragmentos de esas populosas aglomeraciones.

Y no solamente los moluscos y estos zoófitos que acabamos de mencionar forman esos depósitos calcáreos de gran espesor, sino también los crustáceos, y aun esos séres inferiores llamados protozoarios, pues las capas de creta que constituyen gruesos depósitos principalmente en el tiempo mesozoico, están constituidas de restos de esos séres microscópicos. Hay más, el fondo de los mares parece tapizado en toda su extensión por una materia protoplásmica llamada *Bathybius* que contiene numerosos corpúsculos calcáreos, y forma una especie de lodo margoso.

Los animales vertebrados también contribuyen con sus despojos y productos á la formación de los terrenos, dejándoles un elemento de fertilidad como es el fosfato de cal; los huesos, las escamas, los excrementos, etc., son componentes de esas tierras fertilizantes. Los coprolitos que son excrementos de reptiles, peces ú otros animales fósiles, se encuentran en varias rocas

El oleaje arroja á las playas muchos de esos despojos.

Despojos de crustáceos y de protozoarios.

Despojos de animales vertebrados.

fosfatadas; el guano, como hemos dicho al definirlo, tiene origen análogo.

Las plantas han contribuido en muy grande escala y contribuyen aún en la formación de rocas con esos depósitos carbonosos de que hemos hecho mención; en la actualidad la formación de las turberas nos da ejemplo de tales trabajos geológicos.

En fin, muchos séres microscópicos, como las plantas diatomeas, forman inmensos depósitos silizosos en el fondo de las aguas, como el trípoli y el tiza con sus pequeñísimos despojos, dando ejemplo de otro factor infinitamente pequeño, produciendo efectos de muy elevada potencia en la Geología dinámica.

Dijimos ántes que las plantas almacenaban el carbono del gas carbónico, devolviendo á la atmósfera el oxígeno. Ese carbono asimilado, al destruirse las plantas puede disiparse en combinaciones gaseosas ó quedar una parte fija, según que aquella descomposición se verifique al aire libre ó sustraída de este agente. En este último caso la descomposición es lenta, y más si la presión de algunas capas terrestres obra sobre los restos vegetales. Bajo este modo de descomposición se han formado los grandes depósitos carboníferos que hoy se encuentran en la corteza terrestre.

Aun de las capas muy antiguas de hulla se escapan los gases carbonados, demostrando que la descomposición no ha terminado por no haberse facilitado el acceso de la atmósfera como era necesario para la formación de la antracita y de la grafitita que contienen el carbonato más puro.

Las causas que activan la carbonización, son: la formación de hendeduras que provienen del replegamiento de las capas carboníferas; las erosiones que ponen las superficies á descubierto; el metamorfismo ó acción de contacto producido por las rocas ígneas.

Bajo esas circunstancias y con el trascurso relativo de largos espacios de tiempo, se han carbonizado en diversos grados los vegetales trasformándose en grafitita, antracita, hulla, lignita, y en fin, la turba que vemos formarse á nuestra presencia por la carbonización parcial de las plantas acuáticas.

Depósitos de origen vegetal.

Depósitos silizosos de los séres microscópicos.

Las plantas en descomposición. Depósitos de carbon.

Causas que activan la carbonización.

Formación de los lechos de carbon.

El contacto de rocas ígneas acelera la carbonización, y en el terreno puede observarse que bajo esa influencia una capa de hulla se trasforma en antracita, una de lignita en hulla, y así sucesivamente.

Las turberas constituyen también en muchos casos formaciones extensas como las que hemos citado en las márgenes del río Tololotlan, en las cercanías del lago de Chapala.

Resúmen.

Se ve, pues, de cuántas maneras contribuyen los organismos á la conservación, destrucción y formación de las rocas: conservan y resguardan las superficies de los efectos erosivos de la atmósfera; producen el desgajamiento ó pulimento de las rocas; se aglomeran, en fin, los despojos de los seres para formar vastas acumulaciones de sílice ó de carbon que se depositan en mantos, ó, como los despojos calcáreos, constituyen montañas enteras.

FIN.

APÉNDICE.

HIDROTIMETRÍA.

Artículo publicado por el Sr. Dr. D. Antonio Peñafiel, en la Memoria sobre las aguas potables de la ciudad de México.

I. Empleo de un método rápido en los análisis de las aguas.—II. Bases fundamentales de la Hidrotimetría.—III. La Hidrotimetría francesa.

I. Al comenzar nuestros estudios sobre la influencia que en la salubridad tienen las aguas empleadas en los usos domésticos, nos fijamos en dos puntos principales: en el método de análisis químico que debíamos emplear para el *reconocimiento comparativo* de las aguas usadas en la capital, y en el exámen de las vertientes y acueductos que las llevan á la ciudad.

Los análisis químicos rigurosos y completos, demandan largo tiempo de que no podíamos disponer para terminar este trabajo; debíamos de emplear un método sencillo y pronto, que, sin carecer de la exactitud, nos pudiera dar *resultados comparables*, y nos fijamos en el método hidrotimétrico usado con tanto éxito para el reconocimiento de las aguas potables y las destinadas á los usos industriales.