

finitamente mas poderosa y variada que la mecánica, destruye y descompone toda clase de materiales terrestres, entre los cuales bien puede decirse que no hay piedra, roca ó metal, por duro que sea, que la resista.

La alteracion y hasta descomposicion de los materiales terrestres, no es, sin embargo, obra exclusiva de la atmósfera; en los centros volcánicos y en el nacimiento de las aguas minero-termales concurren circunstancias especiales que determinan multitud de reacciones químicas y alteraciones de las rocas cuyos principales agentes son el agua y corrientes gaseosas á temperaturas generalmente altas, auxiliadas por la electricidad y magnetismo terrestre. De todo esto, empero, nos ocuparemos en el artículo *Metamorfismo* que acompañará á la descripción de las rocas de este nombre, con lo cual lograremos conocer los efectos y las causas que los producen.

Limitándonos por ahora á la accion química de la atmósfera, debemos hacer presente que esta contiene en su seno todos los elementos de la mas enérgica descomposicion, tales como el oxígeno, el hidrógeno, el agua en vapor y sobre todo el ácido carbónico, que desempeña en estas operaciones terrestres la funcion principal. Puede á todo esto agregarse el calor solar, la presion, las corrientes electro-magnéticas atmosféricas, y por último las sustancias amoniacales, y como poderoso auxiliar la vegetacion, disgregando las ramillas de las plantas, las rocas y piedras mas duras.

Para persuadirse de la universalidad de esta accion destructora de la atmósfera, basta fijar por un momento la vista en el estado que ofrecen las rocas, de cualquier naturaleza que sean, en una cordillera de montañas, ó en las señales de desmoronamiento y ruina que presentan los edificios públicos, los monumentos mas sólidos y hasta las estatuas de metales y piedras duras que la ostentacion del hombre erige en parajes públicos, como objetos de adorno ó de utilidad.

Pero en esta obra, que aunque de destruccion bien podría llamarse de reconstruccion, pues los materiales desgastados en un punto se acumulan en otro para dar existencia á combinaciones nuevas, se observa ese círculo maravilloso que la Naturaleza, siempre ávida de la estabilidad en la movilidad de sus diferentes elementos, nos ofrece á cada paso. Con efecto, la atmósfera con su oxígeno y el vapor de agua, empieza por desgastar las partes mas culminantes de los continentes, encargándose á su vez el agua de trasportar aquellos materiales al fondo de los mares y lagos, en donde terrenos y rocas nuevas renacen, cual otro fénix, de los restos de aquellas. Diríase que el Océano, en ese círculo maravilloso, solo presta la masa inmensa de vapor que se escapa de su superficie á título de devolucion; encargándose el mismo agente, el agua, al tomar la forma líquida, de restituir á su seno los materiales que contribuyó á destruir, recobrando por decirlo así, aquellos que sacuden su yugo, ora en las erupciones submarinas, ya en los levantamientos lentos de los continentes, etc.

Los elementos de destruccion que encierra la atmósfera poseen, además de su poder químico, un estado molecular el mas á propósito para ejercer la accion que les está encomendada; pues presentándose en forma de vapor, no solo revisten todas las rocas, sino que penetran hasta lo mas íntimo de su masa.

En cuanto al mecanismo especial de esta accion, será menester referirlo á las determinadas sustancias en que se experimenta, siquiera sea por la claridad, pues, á medida que estas varían, aquella se modifica tambien.

*Alteracion del hierro.*—Uno de los cuerpos esparcidos con mas profusion en la costra de nuestro globo es el hierro,

unas veces como sustancia especial é independiente, otras, como principio tintóreo de las rocas; así es que en la mayor parte de estas empieza la descomposicion por la metamorfosis que experimentan los óxidos de este metal.

Estos, en presencia de los ácidos carbónico ó sulfúrico, descomponen el agua, tomando el aspecto y condiciones de una sal hidratada. Así es que por la accion del oxígeno y del vapor de agua pasan muy pronto á un hidrato de peróxido, el cual determina la destruccion, primero mecánica y despues química, de las sustancias que lo contienen. Esta es la razon de la abundancia de los ocreos en la naturaleza; pues en último resultado, segun veremos en el artículo «Ro-

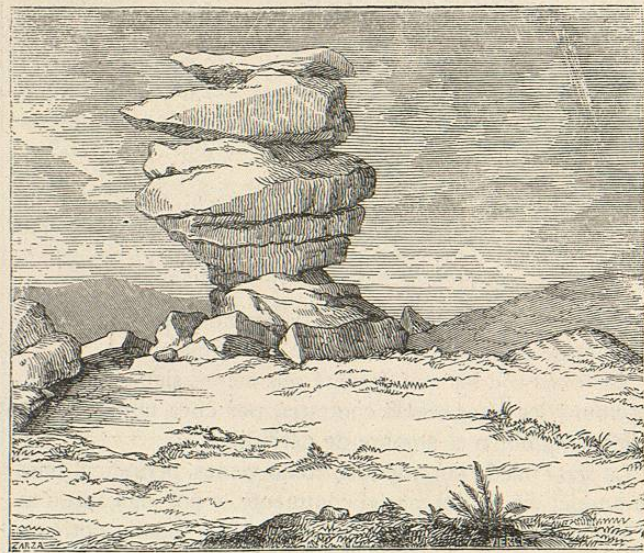


Fig. 15.—Descomposicion del granito en Cheese-Wring (Cornwall)

cas,» estos no son sino arcilla teñida por el hierro hidratado ó anhidro, en proporciones diversas.

*Descomposicion de la caliza.*—Otra de las sustancias notables bajo este punto de vista, es la caliza. Los agentes atmosféricos la corroen en virtud del ácido carbónico que contienen: sabido es que el carbonato de cal, cuando lleva exceso de ácido, pasa á bicarbonato soluble. El ácido carbónico que siempre arrastran las aguas de lluvia satura dichas rocas, y determina una erosion muy curiosa, representada por surcos mas ó menos profundos que, partiendo de la parte mas culminante de las peñas, se extienden en todas direcciones, dando á la masa y á veces á la montaña entera, un aspecto muy particular. Pero los materiales arrastrados por el agua llegan á un punto donde el ácido carbónico excedente se desprende, y allí la caliza, insoluble otra vez, se deposita al rededor de los objetos que encuentra, cubriéndolos de una capa que por esta razon recibe el nombre de incrustante.

*Descomposicion de los feldespatos.*—Pero entre todas las rocas, las mas importantes en la composicion del globo son las feldespáticas, como el granito, el gneis, los pórfidos, los basaltos, las lavas y otras piedras cristalinas y volcánicas; razon por la cual conviene que nos detengamos en estudiar la accion que sobre ellas ejerce la atmósfera. Asunto es este de la mayor importancia, por cuanto los productos de dicha descomposicion constituyen materias de primera necesidad para la agricultura y la industria.

Esta operacion se verifica por capas sucesivas, siendo la exterior la mas alterada, como consecuencia natural de la accion mas inmediata de los agentes de destruccion. A esta sigue otra menos destruida, hasta llegar á la roca intacta, á la que hay que atacar con el martillo para obtener ejempla-

res frescos y bien conservados, como se desean para las colecciones de estudio.

Generalmente hablando, los granitos y basaltos ofrecen tres zonas de destruccion, á saber: la primera de fuera á dentro, de color rojizo ó amarillento, debido á la hidratacion y sobreoxidacion del hierro que entra como materia tintórea; la segunda de color verde, igualmente debida á una oxidacion en menor grado del mismo metal; la tercera, bien que al parecer intacta, presenta señales de destruccion, pues los cristales de feldespato han perdido su aspecto y translucidez, y el estado de disgregacion se deja conocer al primer golpe del martillo: por último, la cuarta zona es aquella en que la masa mineral se halla en estado intacto.

De lo expuesto se deduce que varias circunstancias favorecen y otras se oponen á la descomposicion de las rocas. En general la destruccion es mayor en aquellos puntos en que la penetracion de los elementos atmosféricos es mas fácil, como sucede en las grietas y hendiduras y en las superficies de contacto de rocas distintas: tambien la naturaleza y la estructura de las masas minerales debe influir en esta operacion. Así, por ejemplo, las rocas de estructura homogénea resisten mas que las heterogéneas; las de grano fino y compactas no se descomponen ó destruyen con la facilidad que las compuestas de elementos de gran tamaño, aunque sean cristalinos.

Con estos precedentes ya podemos entrar en el exámen del mecanismo de esta operacion en las rocas feldespáticas, observando de paso sus productos mas importantes.

La accion química va casi siempre precedida de la mecánica ó de disgregacion. Esto facilita poderosamente las afinidades de las diferentes sustancias, en razon al mayor y mas íntimo contacto que se establece con los agentes, á medida que la materia se presenta mas dividida (1). Las alternativas de frio y calor, de humedad y sequedad, y principalmente los tránsitos bruscos del estado líquido al sólido, y vice-versa, del agua al congelarse en el interior de las grietas de las rocas, son los principales agentes de esta operacion.

La accion química se reduce: 1.º, á la hidratacion, á la oxidacion y sobreoxidacion del hierro que entra como materia tintórea en la inmensa mayoria de las rocas feldespáticas, pasando por los estados de protóxido incoloro, de óxido verde, y de peróxido hidratado amarillo, y á veces rojizo. Y 2.º, á la metamorfosis que experimenta el feldespato cuando en virtud de su disgregacion molecular, determinada por los agentes mecánicos, adquiere la propiedad de dejarse penetrar por el ácido carbónico. En este caso la sosa, cal, potasa ó magnesia, en virtud de su mayor afinidad con el ácido carbónico, se combinan con él, formando carbonatos de las bases indicadas, dejando á la sílice en estado naciente, en cuyo caso es soluble en las aguas que contienen aquellos carbonatos. En este estado la arrastran las corrientes y se deposita bajo formas diversas en el trayecto que aquellas recorren, dando origen á cristalizaciones de cuarzo, á calcedonias, ágatas, pedernal, etc.

La alumina que se encuentra en los feldespatos combinada con la sílice, por razon de su afinidad persiste unida á este ácido, el cual toma el carácter de hidrato, formando el kaolin ó tierra de porcelana, la arcilla comun, teñida unas veces por

(1) Becquerel, en su famoso «Tratado sobre la electricidad,» dice que la destruccion de la atraccion molecular de los cuerpos es ya un verdadero principio de descomposicion. Es menester no olvidar, continúa el mismo, que cuando el estado eléctrico de las partículas de los cuerpos cambia, estas se hallan en el estado mas favorable para reaccionar sobre los cuerpos ó agentes que las rodean, pues se forman una infinidad de pequeños pares ó pilas de Volta que determinan reacciones electro-químicas.

óxidos metálicos y otras completamente incolora, circunstancia que la hace ser muy apreciada en la industria.

En esta operacion hay, pues, accion del ácido carbónico favorecida por el calor, la electricidad, etc., sobre las bases que desaloja de su combinacion con el ácido silícico; formacion de carbonatos y bicarbonatos alcalinos, quedando la sílice en estado naciente; fijándose bajo diferentes formas en su trayecto.

Los experimentos que el Sr. Kuhlmann ha practicado desde el año 1841 confirman plenamente esta teoria. Con efecto, vertiendo ácido nítrico, clorhídrico ó acético en va-

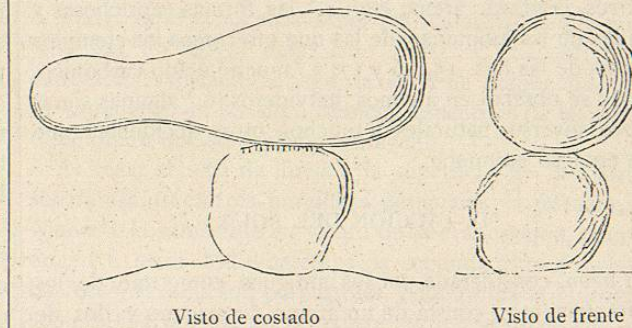


Fig. 16.—El Canto cochino, al N. de Manzanares (Guadarrama).—Descomposicion del granito.

sijas, que contienen silicatos de potasa, ha obtenido especies de ópalo y calcedonias. La potasa, en presencia de uno de estos ácidos, se combina con él y forma nitrato, clorhidrato ó acetato, dejando libre la sílice ó ácido silícico que se de-

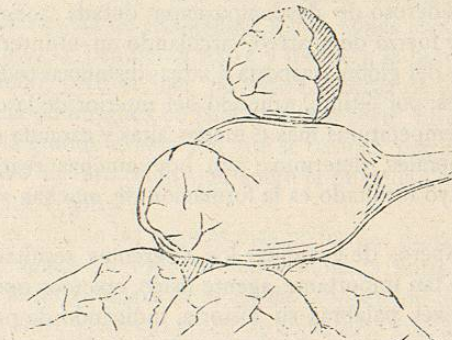


Fig. 17.—El Carro del diablo entre el puerto del Reventon y Rascafría. Descomposicion del granito

posita en el fondo y forma las ágatas, calcedonias, etc. Este célebre químico se vale de la solubilidad de los silicatos alcalinos de sosa ó potasa, para explicar la penetracion de esta sustancia en las rocas calizas, en las areniscas ó asperones, y en los tejidos de las plantas y animales fósiles. Fundado en esta excelente propiedad de los silicatos alcalinos, el Sr. Kuhlmann da reglas y preceptos para mejorar las cales crasas y los morteros, convirtiéndolos en hidráulicos por la cantidad de sílice que les añade; endurece el yeso que se emplea en las construcciones; y cubriendo las pinturas al fresco de un ligero baño de silicato alcalino, contribuye á preservarlas de la accion de los agentes exteriores.

Aunque variando algun tanto las relaciones químicas y los resultados de estas operaciones recónditas de la naturaleza, á tenor de su diversa composicion, puede asegurarse que todos los silicatos simples ó dobles, atacables por el oxígeno y ácido carbónico de la atmósfera, se alteran primero y se descomponen despues, por un procedimiento análogo al anteriormente expuesto. En este caso se hallan el anfíbol, la

mica, el talco, la serpentina, el piroxeno y las numerosas rocas de que estas especies mineralógicas forman parte.

Por el contrario, los minerales que son refractarios a la acción de dichos agentes, solo se alteran y destruyen de un modo físico, entrando en esta categoría el cuarzo con todas sus variedades, la arcilla, el jaspe, la cuarcita, la greda y muchas otras.

Los resultados de la descomposición de las rocas son: 1.º la tierra vegetal, cuya naturaleza ha de hallarse necesariamente relacionada con la de los materiales terrestres de que procede; 2.º el kaolin y las arcillas; 3.º los materiales dendríticos de las formaciones de acarreo, tales como las chinás, guijarros, la grava, arena, etc.; 4.º las formas caprichosas y variadas de las montañas, de las que ofrecemos los ejemplos notables de las figs. 15, 16 y 17; 5.º mucho ácido carbónico, del que se observa en algunos hervideros; 6.º algunas simas y pozos inversos naturales y muchos otros accidentes que sería enojoso enumerar.

## II.—ACCION DEL AGUA

*El agua*, considerada por los antiguos como uno de los cuatro elementos, consta de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno; existe en el globo líquida, sólida y gaseosa; pero como ya en el párrafo anterior estudiamos sus efectos obrando en estado de vapor, falta tan solo examinar la acción de la líquida y la sólida.

*Agua líquida*.—El agua en estado líquido es uno de los agentes mas poderosos que determinan el proteísmo terrestre; por filtración disgrega; congelándose en el interior de las rocas, ejerce una acción mecánica debida al aumento de volumen a la que nada resiste; químicamente descompone y es agente poderoso de descomposición; dotada además de una variable fuerza de acarreo, circulando en el interior y a la superficie del globo, trasporta a largas distancias toda clase de materiales; por último, saliendo del interior de la corteza terrestre a temperaturas mas ó menos altas y cargada de sustancias minerales, determina aun hoy muchas reacciones químicas cuyo resultado es la formación de muchas rocas y minerales.

Antes, empero, de examinar los diferentes resultados de la acción de tan importante agente físico, creemos oportuno trazar en breves palabras su historia, indicando de paso las múltiples funciones que ha desempeñado, y las causas que determinan el vastísimo trayecto que recorre desde el fondo de la tierra, hasta las altas regiones atmosféricas.

El origen del agua se explica satisfactoriamente, recordando la grande afinidad que el hidrógeno tiene por el oxígeno con el cual se combina, ora bajo la influencia de una elevada temperatura, ó bien en virtud de una corriente eléctrica; y como ambas cosas debían concurrir en el comienzo de la historia de nuestro planeta, de aquí el que el agua fuera como uno de los primeros y mas curiosos resultados de la primitiva química terrestre. Agréguese á esto, la notable avidez del cloro por el hidrógeno y el sodio, con lo cual formaremos claro concepto del modo cómo se formó el agua marina actual, poco diferente de la de los mares primitivos; siquiera atendida la temperatura que á la sazón reinaba en la superficie del globo, se presentara mas bien gaseosa que líquida. Sin embargo, los experimentos relativos al estado esférico de los cuerpos, demuestran la posibilidad de que el agua líquida permaneciera á la superficie, á pesar de su altísima temperatura; como se observa cuando en un vaso lleno de aquella, se introduce una esfera de platino calentada al rojo blanco; entre esta y el líquido, se nota un espacio hueco probablemente ocupado por el vapor de agua.

Ahora bien, en este y otros experimentos análogos, en el momento en que la temperatura del cuerpo calentado desciende, el agua es arrojada con violencia; fenómeno que hubo de verificarse á la superficie del globo, á pesar de que la mezcla ó disolución de las muchas sustancias que á la sazón llevaba en su seno, la masa inmensa de esta en un mar que debía tener 2,500 metros de profundidad, y la presión de 250 atmósferas que sobre ella pesaban, debieron hasta cierto punto oponerse á ello, ó por lo menos retardar el momento en que la explosión se verificara.

Puesta de este modo en contacto con la tierra, el agua fué penetrando con mas ó menos lentitud en la parte periférica, por efecto de la grande afinidad que tiene por diferentes sustancias, y en particular por los silicatos; atraída además por los movimientos incesantes de la masa candente y por otros fenómenos, cuya naturaleza no es fácil apreciar. Allí, mezclándose con los materiales en fusión ígnea, hubo de formar con ellos una especie de cieno termal, al que Vezián llama *magma granítico*; como es sabido que el agua recalentada descompone con gran facilidad á ciertos silicatos aunque sean insolubles, y separa de ellos la sílice que queda en estado naciente, según acreditan recientes experimentos, resulta que por este procedimiento, se da solución satisfactoria á muchos hechos contradictorios, que ofrecen ciertas rocas, y citaremos mas adelante. De manera que la materia periférica terrestre, primero en estado de fusión ígnea, superior á 700°, que es la temperatura en que todos los silicatos empiezan á fundir, no llegó á solidificarse antes de experimentar los efectos de la mezcla con el agua; resultando, según esto, que la solidificación de la zona granítica es un fenómeno hidrotérmal de naturaleza química, mas bien que física, ó de simple enfriamiento.

Terminada esta primera importantísima función, el agua quedó circulando por el interior de la costra sólida; auxiliada de la temperatura que aumenta notoriamente la capilaridad, contribuyó y aun hoy influye en la formación de los filones y de las fuentes minero-termales, determinando en mayor escala en tiempos anteriores, el geiserismo, y la mayor parte de las manifestaciones plutónicas y volcánicas.

Cuando las circunstancias termodinámicas permitieron que las aguas tomaran el estado líquido, se establecieron á la superficie formando primero los mares, y en tiempos relativamente modernos los lagos y otros depósitos en los continentes. A partir de este momento, sometida el agua á la evaporación en escala relacionada con el calor de la superficie, empezó á describir un círculo maravilloso, en cuyo trayecto desempeña multitud de funciones externas é internas, á cual mas importantes.

Para apreciar aproximadamente la escala inmensa en que se verifica la evaporación, causa primera de la lluvia, bastará tener presente que, según los cálculos é ingeniosas observaciones del Dr. Halley, la cantidad de agua que se eleva de la exigua superficie del Mediterráneo, en las doce horas de un día de verano, asciende á la enorme suma de cinco mil doscientos ochenta millones de quintales.

El vapor acuoso, arrastrado por las corrientes atmosféricas, determina la lluvia y la nieve cuando á su paso encuentran obstáculos tales como las cordilleras que cruzan los continentes en virtud del descenso de temperatura que se observa en las regiones altas de la atmósfera. El agua pasa entonces del estado de vapor al de nube, y luego al de lluvia y de nieve, si la temperatura desciende á 0, sea por la altura ó por otra causa cualquiera. De manera que estos dos hidrometeoros son la resultante de un hecho físico, la evaporación, y de un dato orográfico, los montes que obligan á las corrientes atmosféricas á remontar á regiones, cuya temperatura

determina el cambio de estado del agua. De todo lo cual se deduce, sin gran dificultad, que, dada la dirección media de las principales cordilleras de una región, se pueden determinar las corrientes que han de producir en ella la lluvia. El eminente Babinet, autor de tan sencilla cuanto ingeniosa teoría, fundado en los datos orográfico y anemométrico, ha explicado satisfactoriamente el riego general del globo, ó en otros términos, su hidrografía exterior y subterránea.

Aplicados estos principios á la península, podemos establecer por regla general que en las cuencas del Tajo, Guadiana y parte de la del Guadalquivir, llueve con vientos del SO.; en la del Duero, con los del O.; en la del Ebro y sus afluentes, con los del E., y así sucesivamente.

La lluvia no se verifica en igual escala, así en la repetición del fenómeno, como en la cantidad de agua que suministra de una manera uniforme en todas las zonas del globo: en las alpinas y polares, la nieve sustituye á la lluvia, pudiendo citar en confirmación de esto, y de la cantidad á veces enorme de agua sólida que se desprende de la atmósfera, la observación hecha por Carlos Martins, en la montaña llamada Grimsel, en la cual desde el mes de noviembre de 1845 á abril de 1846, se formó una capa de nieve de 16 metros de espesor, que equivale á unos 50 de lluvia; en varias comarcas boreales, cae tanta cantidad de nieve en igual espacio de tiempo. Por regla general, la cantidad de lluvia es mas considerable en las regiones montañosas, debajo del nivel de las nieves perpetuas; llegando á caer doble en dichos puntos que en las llanuras inmediatas. En las regiones ecuatoriales, donde la evaporación ecuatorial es muy activa, puede decirse que es donde las lluvias adquieren su máximo desarrollo, verificándose el fenómeno de una manera súbita y torrencial: algunos grados al N. y S. del Ecuador, las lluvias pueden decirse que son diarias, lo cual determina un carácter extremadamente húmedo del clima, que se traduce por una exuberancia de vegetación tal, que no es fácil formarse idea no habiendo tenido la fortuna de visitar dicha zona. En confirmación de lo que acaba de indicarse, debemos citar la observación hecha en Cayena por Roussin, en la noche del 14 al 15 de febrero de 1820, en la cual el pluviómetro acusó una columna de agua de 280<sup>mm</sup> que equivale á la que cae anualmente en París. En el valle de Kuerapondji, en la vertiente meridional del Himalaya, dicen algunas relaciones de viajeros que caen por término medio 17 metros de agua por año; y aunque en ello puede haber alguna exageración, siempre significa este dato que la lluvia allí y en toda la vertiente de aquella cordillera, es por circunstancias especiales de localidad, extraordinaria y excepcional.

En contraposición de esto, hay muchas comarcas en el globo donde la lluvia ó no se verifica nunca, ó es por extremo rara; esta es la circunstancia que determina la desconsoladora sequedad y aridez de los desiertos de Sahara y del centro de Asia; en Egipto, ya los antiguos dijeron que *ne pluuit nec tonnat*; casi otro tanto puede decirse ocurre en toda la costa occidental de la América del Sur, en la oriental del Brasil, y en los inmensos desiertos de México.—En las regiones frías y polares, aunque la nieve es mas frecuente y abundante que la lluvia, sin embargo, llueve mas que en las regiones templadas; no ocurriendo sino de un modo excepcional, la manera tumultuosa de verificarse el fenómeno, que caracteriza las regiones tropicales.—En la zona tórrida el metro cúbico de aire contiene de 20 á 25 gramos de agua; en Francia solo llega á 10 ó 12 gramos. El vapor de agua pesa  $\frac{1}{8}$  del aire, por cuya razón baja el barómetro según la cantidad en suspensión.—Esto prueba que el vapor contenido en la atmósfera depende, sobre todo, del grado de calor, aumentando la capacidad disolvente del aire en razón directa

de todo lo que eleva la temperatura: las corrientes atmosféricas y oceánicas tambien favorecen ó contrarían el estado higrométrico de la atmósfera.

Aunque muy variable, según las circunstancias especiales de las diferentes localidades, puede decirse que el número anual de días de lluvia en la zona templada del antiguo continente, disminuye «hecha abstracción de las comarcas montañosas» del Oeste al Este; siendo de 152 en las regiones occidentales, de 147 en el centro de Francia, de 141 en el centro de Alemania, de 90 en Casau y de 60 en Siberia. En los valles alpinos y del Jura cae mas agua en algunas horas que en París y Londres en algunos meses.

Todas estas y muchas otras particularidades que no detallar por no fatigar demasiado al lector, encuentran una explicación satisfactoria, según la teoría de Babinet que acaba de exponerse, en las circunstancias especiales de la comarca ó región en que se considere el hecho.

Al llegar el agua de lluvia á la superficie de la tierra se separa pronto en tres porciones desiguales; la primera, que vuelve á la atmósfera en virtud de la evaporación, para dar origen á otros hidrometeoros; la segunda filtra á través de las rocas, si estas son permeables, y determina la hidrografía subterránea; por último, la tercera corre á la superficie, constituyendo la hidrografía exterior.

La diferente distribución de las aguas de lluvia, y aun las que proceden del derretimiento de las nieves, depende de una multitud de circunstancias; pudiendo establecer en tésis general, que todo aquello que impide la circulación de las aguas al exterior, facilita, si el terreno es permeable ú ofrece grietas, agujeros, etc., la filtración, determinando como consecuencia natural el aumento del número de fuentes y su caudal. Entre dichos obstáculos pueden contarse, por ejemplo, la existencia de terraplenes y malecones levantados por el hombre, la pendiente suave y mas aun la horizontalidad del terreno; pero el mas poderoso y eficaz de todos, es la existencia de bosques, lo cual, por otra parte, ofrece la ventaja de la grande exhalación que se verifica por las hojas, y la especie de atracción que sobre la humedad atmosférica ejercen los árboles.

Esta es una de las razones mas poderosas de la falta ó escasez de aguas que todo el mundo lamenta entre nosotros: de aquí la importancia de la ley de repoblación de nuestros bosques, cuyo proyecto acaba de someterse á la aprobación de las Cortes.

En cuanto á las circunstancias de permeabilidad, naturaleza y estructura de los terrenos mas ó menos propicios á la existencia de manantiales, ó á la iluminación de aguas naturales ó de salto, daremos los oportunos detalles en la Geología agrícola.

Las aguas que circulan por el interior se hallan, como veremos mas adelante, sujetas á los mismos principios que las externas, formando arroyos, rios y lagos, enteramente iguales á los de la superficie del globo. La permeabilidad permite la filtración, al paso que el carácter impermeable de ciertas rocas impide que las aguas corran en sentido vertical, teniendo que seguir la dirección é inclinación que las capas ofrecen, cuya interrupción las obliga á salir al exterior constituyendo lo que se llama

*Manantial*; de modo que, por lo visto, lluvia, filtración, circulación subterránea é interrupción al exterior de la capa impermeable, son los factores que determinan la formación de los manantiales.

Los efectos de la lluvia son tan variados como diversos los modos de efectuarse; cuando es normal y tranquila, las aguas se convierten en elemento vivificador por excelencia, pues penetrando lentamente en el suelo le suministran uno