

sólo aquellos que están en la base del peñasco, y que todavía no han sido movidos por las olas, tienen todavía cantos angulosos. Un poco más abajo manifiestan los trozos señales de haberse chocado unos con otros, y la mayor parte de la playa está tapizada de piedras de todos tamaños, bien redondeadas y pulimentadas.

75. En un día de calma cuando sólo unas rizadas olas pequeñas vienen á la playa, no se puede juzgar con facilidad lo que realmente hace el mar en punto á desmenuzar la playa y las bases de los peñascos, de igual manera que no podría formarse una idea propia del trabajo de un arroyo, solamente viéndolo deslizarse perezosamente por su cauce en una estación de sequía: pero si nos colocamos cerca de un peñasco en una tempestad, no será necesaria más explicación tocante al poder de las olas para desbaratar las rocas más duras. Cada enorme ola que viene rodando espumosa á la playa, levanta las piedras que hay en ella y las arroja contra la base del peñasco donde se deshace en mil direcciones. Cuando se retira el agua verde hirviendo para dejar paso á la ola inmediata, se puede oír, acaso á millas de distancia, el sordo mugido del cascajo al aplastarse y molerse mutuamente las piedras que van arrastradas á la playa, para ser de nuevo recogidas y lanzadas una vez más á la base del peñasco. No podría concebirse molino más potente para pulverizar rocas y convertir sus fragmentos en cascajo y arena bien desmenuzados (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 230-232). De la misma manera que en el canal de cualquier corriente de agua, se en-

cuentran en las orillas de todos los mares fragmentos de las rocas del país, en todos los estados de destrucción, desde el gran trozo angular hasta la arena y el fango más finos.

76. Por consiguiente, puede contestarse aquella pregunta, ¿ cómo se formaron la arena y el cascajo? diciendo: La arena y el cascajo son parte del material desprendido de la superficie de la tierra, y molido en el agua que se mueve. Los materiales así suavizados se dice que están gastados por el agua; pero ya se verá que no es el agua la que por sí sola los gasta; el hecho es que ellos mismos se gastan y todo lo que el agua hace es tenerlos en movimiento y moliéndose los unos contra los otros.

*III. Cómo el cascajo, la arena y el limo se convierten en rocas sedimentarias.*

77. Hemos adelantado ya lo bastante para poder entender de dónde proceden las materias que componen las rocas sedimentarias; pero queda la otra pregunta, á saber: ¿ cómo se reúnen estas materias y se endurecen hasta formar una piedra sólida? Del mismo modo que antes, tenemos que encontrar la respuesta á tales preguntas en aquello que vemos alrededor nuestro. Volvamos á los arroyos, ríos y mar, y conseguiremos una explicación clara de este nuevo punto.

78. Corre el agua más á prisa por una pendiente inclinada que por una suave. Es sabido que cuando se levanta por un lado una bandeja, el agua que en ella se derrame corre al otro lado, tanto más ligera cuanto mayor sea la inclinación dada.

79. Si se colocan migajones ó piedrecillas de diferentes tamaños en la bandeja, se verá que son más arrastrados por la corriente rápida que por la lenta. Una corriente de agua que se mueve á prisa es más poderosa para mover cualquier objeto que la que va poco á poco. Por esta razón, que salta á la vista, tiene que haber mucha diferencia en el tamaño y peso de las materias que corrientes diferentes ó diversas partes de la misma corriente, puedan mover.

80. Mientras una corriente de agua se mueve velozmente, impide que el cascajo, arena y limo se depositen en el fondo. No se olvide que cuando se ponen estas materias en vasos, y se mueve el agua rápidamente, continúan suspendidas en el agua, y sólo se van al fondo cuando el agua empieza á perder su movimiento y en el siguiente orden: el cascajo primero, después la arena y por último el limo (Arts. 47-49). Precisamente ocurre lo mismo en todas las aguas del mundo cuando se mueven. Una corriente rápida lleva consigo, no solamente el limo y la arena, sino también el cascajo. Al disminuirse su rapidez, cae al fondo como sedimento primeramente el cascajo, la arena se hundirá más lentamente y será arrastrada más lejos, y el limo continuará suspendido en el agua largo tiempo, viajará una distancia mayor, y sólo caerá con extremada lentitud al fondo.

81. Hay que probar la verdad de estas aserciones la primera vez que se tenga una oportunidad de mirar el cauce pedregoso de un arroyo al salir de las montañas. Colocándose en un sitio donde el agua, corriendo velozmente sobre rocas, tenga bas-

tante fuerza para llevarse hasta los grandes trozos de piedra que encuentre á su paso, se verá que un poco más abajo el cauce es menos inclinado y la corriente menos fuerte; mírese allí el fondo del arroyo, ¿ está cubierto de fango? no por cierto; sólo se encuentran allí pedazos grandes de piedra y cascajo grueso, que han caído en el momento que el agua encontró combatida su fuerza por venir de una pendiente más inclinada á una parte más nivelada de su curso; pero todavía tiene poder para transportar otras clases más finas de sedimento, y es preciso seguir más adelante hacia las tierras bajas antes de ver el fondo del cauce cubierto de arena, y mucho más lejos todavía, hasta las mismas llanuras, para encontrar capas de limo.

82. Después de ver estas cosas personalmente, se convence uno de que donde quiera que encuentre grandes masas de cascajo, dicen por sí mismos que hay fuertes corrientes de agua, que las de arena indican otras menos rápidas, y que las de fango demuestran que el agua tuvo un insignificante movimiento, ó estuvo tan completamente quieta que fué posible que el sedimento fino bajara tranquilamente al fondo.

83. Véase la importancia de este conocimiento al empezar á averiguar cómo fueron hechas las diferentes piedras. Si se ha descubierto con certeza y claramente cómo se formaron los varios géneros de sedimentos, mucho se ha adelantado para comprender cómo llegaron á hacerse las rocas sedimentarias, las mismas que hoy son piedra dura y pueden emplearse en el pavimento de las calles ó en la cons-

trucción de las casas; pero ya se ha dicho que no es de mucha importancia la mayor ó menor dureza, y que las materias de que la piedra se compone son las únicas cosas dignas de estudio. Al encontrar que estas materias son granos de limo, arena ó cascajo, gastados por el agua, puede asegurarse con fundamento, que, sin hacer caso de la dureza que en aquel momento pueda tener la piedra, hubo un tiempo en que estuvo como sedimento suelto, y nada más, debajo del agua.

84. Pero aun puede decirse algo más. Viendo la clase de sedimento de que está formada una roca, se conoce algo sobre la clase del agua en que se depositaron los materiales de la expresada roca. Por ejemplo, se reconoce que una roca de conglomerado es solamente una masa compacta de cascajo, y hay la seguridad de que, como el cascajo ordinario de ahora, corrió aquel arrollado en agua poco profunda, como el cauce de un lago ó de un río, ó en las orillas del mar. Si se ve también una roca formada de delgado limo, como el esquisto, hay pruebas de agua más profunda ó más tranquila á la cual solamente las partículas más finas y gastadas llegaron desde la tierra.

85. Hemos observado cómo van moliéndose los sedimentos por arroyos, ríos y olas: sigámoslos ahora hasta que se reúnan en lugares donde puedan acumularse sin ser constantemente arrastrados.

86. Algo se dirá también (*Nociones de Geografía Física*, Arts. 147 y 182) sobre lo que sucede con los materiales arrastrados de la superficie de la tierra, dando cuenta de cómo las lluvias se los

llevan á los arroyos y ríos, donde son molidos, y que finalmente, en forma de arena fina ó limo, son arrastrados al fondo de los mares.

87. Pues bien, estos depósitos de sedimento en el fondo de los mares, se convierten luego en duras capas de piedras, como las rocas sedimentarias comunes en que nos hemos ocupado en estas lecciones. No es posible ver con los ojos lo que sucede debajo del mar, pero sí lo es formarse alguna idea observando lo que pasa en los charcos que se forman en tierra.

88. Supongamos que sabemos de una calle ó vereda fangosa que se inclina suavemente hacia una parte más llana, y que en época de aguas, la lluvia se detiene en charcos al extremo del plano inclinado; escogemos un día de aguas, y después de seguir el curso de una de las canales que corren por la pendiente y de observar cómo la fangosa agua se lleva consigo arena, cascajo, pedazos de corcho, astillas, papel y cuanto en su camino se atraviesa, nos detenemos al borde de un charco grande que se ha formado en el camino, y en el cual desagua la corriente aquella de agua sucia. Entretanto que el agua corre á prisa hacia abajo, va barriendo y llevándose cascajo y arena; pero véase lo que sucede cuando empieza á moverse más despacio al llegar á la parte llana y entrar en el charco. Al perder velocidad pierde potencia para acarrear, y tiene indispensablemente que soltar parte de su carga de sedimento; las partículas más pesadas son las primeras que caen al fondo, y esto acontece justamente cuando se ve detenida la corriente por encontrar el

agua nivelada del charco. Obsérvese ahora el resultado: aquella parte del charco por donde entra la corriente, se va rellenando gradualmente, excepto el canal que la corriente se deja abierto; puede verse cómo esta lengua de sedimento va avanzando sobre el agua, y que acabaría por último si la lluvia durase lo bastante por rellenar enteramente el charco. Allí solamente se agrupa la arena gruesa; el fango fino sigue atravesando el charco; y aunque parte de él, como ya se verá, se sienta en el fondo, mucha parte, la mayor, se desliza hasta el otro extremo del charco, porque el agua no ha tenido tiempo, en su paso de un extremo al otro, de dejar caer su carga de fango.

89. Supongamos además que cuando cese la lluvia, no viene carretilla ni intruso alguno á perturbar el charco, sino que se deja al agua filtrarse por el terreno tranquilamente ó evaporarse, de manera que quede el hueco seco en uno ó dos días. Puede entonces examinarse el fondo del charco para ver exactamente lo que ocurrió cuando lo llenaba el agua fangosa. En el extremo superior está la lengua de arena apartada de la orilla por el arroyuelo; allí se ve como un verdadero delta (*Nociones de Geografía Física*, Art. 181). El fondo de lo demás del charco está cubierto de fango muy fino ó arena esparcida por todo el espacio en que hubo agua.

90. Hagamos con un cuchillo un agujero ó una raya á través de estos depósitos hasta su base, para averiguar de qué se componen, de abajo arriba. Un corte así se llama una *sección*, y puede ser de

cualquier tamaño. El inclinado lado de una quebrada, la pared de un barranco, el lado de una cantera ó desmonte de ferrocarril, una línea de derrumbaderos, son todos ejemplos de secciones de las rocas. Veamos lo que nuestra sección nos dice.

91. En el centro del pequeño estanque se ha acumulado el sedimento que la lluvia trajo, hasta formar una altura de una pulgada, por ejemplo, sobre la línea ordinaria de superficie del camino. Ahora bien ¿qué es lo que primero nos llama la atención en este depósito de sedimento, cuando se mira la sección que hemos hecho? ¿Están las materias arregladas sin orden? De ninguna manera. Si se hiciera un dibujo de la sección, sería algo por el estilo del siguiente grabado (Fig. 10). Las materias

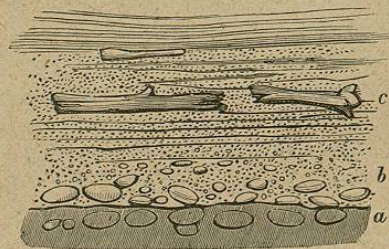


FIG. 10. — Sección ó corte del sedimento llevado por la lluvia á un charco. *a.* Superficie del camino. *b.* Capas de arena gruesa con pedazos de carbón y cenizas. *c.* Capa que contiene palitos, pajas, hojas, papel, etc.

se han depositado en capas que se han ido colocando la una sobre la otra. Algunas de estas capas son finas, otras son más gruesas; pero las unas y las otras manifiestan el mismo arreglo general en sus niveles.

92. Mirando estas capas se puede deducir exactamente cómo se depositó cada una. El sedimento grueso se ve principalmente en lo hondo, y marca el sitio en que las corrientes más fuertes llevaron arena y piedrecillas á través del charco: pero al ir escampando, fueron menos los arroyuelos que desaguaban en el estanque y más débil su corriente, y por ésto, en vez de arena gruesa, se depositó solamente fango delgado, de manera que en la mitad superior son las capas más delgadas que en la de debajo. Al mismo tiempo que la arena, cascajo y fango, podrán verse astillas de madera, hojas, ramitas (c en la Fig. 10), que se han ido posando entre las capas de sedimento.

93. Acaso se crea que observaciones de esta índole son demasiado insignificantes, y que ciertamente no importa nada lo que la lluvia haga en un charquito, porque no podemos juzgar del mundo entero por lo que acontece en escala tan pequeña. En realidad, sin embargo, si se entiende completamente lo que se verifica en el fondo de aquel charco, por insignificante que parezca, se ponen los cimientos para que sea fácil entender cómo se están formando y se han formado las rocas sedimentarias en todo el mundo.

94. Supóngase que en vez del charco es un gran lago como el de Ginebra, y en lugar del arroyuelo raquítico del camino, formado por el aguacero, y que desaparece cuando deja de llover, se trata de un gran río como el Ródano, alimentado incesantemente por lluvias, nieves y manantiales de una enorme cordillera de montañas; y á pesar de ser la

escala mucho mayor, la clase de trabajo sigue siendo la misma que en el charco. Se mira con asombro al río correr tan velozmente, lanzándose sus fangosas aguas en olas y espumas, entre orilla y orilla; se le ve entrar en el lago, y se observa cómo las olas se precipitan una por una, y cómo se pierden en el río y su tumulto en la tranquila y silenciosa agua del profundo lago azul

95. Pero trepemos á una de las montañas que inclinadas se levantan á los dos lados del extremo superior del lago de Ginebra. Cuando ya estemos á algunos cientos de pies de altura, volvámonos para mirar río y lago, y veamos si no nos traen á la memoria vivamente nuestro charco y arroyuelo del camino. Á nuestra vista se extiende como en un mapa el fondo del valle: los giros del río, las verdes y llanas praderas de cada lado, dilatándose como larga lengua dentro del lago, las alquerías y aldeas y las líneas del camino, todo tan reducido por la distancia que de una ojeada se abarca su disposición. Aquella verde lengua de prados rellenando el extremo superior del lago y avanzándose por ambos lados del río es su *delta*, y se ha formado del mismo modo que el pequeño de nuestro charco, con la diferencia de que en vez de horas ha necesitado miles de años para su formación. Á cosa de milla y media de la margen del lago, esa aldehuela que se levanta entre los llanos campos, estaba en la misma orilla del agua hace unos mil ochocientos años, y se llama todavía Puerto Vallais. El río ha ensanchado, pues, su delta y rellenado el lago en una extensión de milla y media, desde los tiempos romanos.

96. Desde las tierras altas que dominan la cabeza del lago, puede verse además otro hecho curioso, acerca de la manera de reunirse el sedimento en el fondo. El Ródano es muy fangoso, y como el fango tiene aquí un color blanco, el aspecto lechoso que da al agua permite seguir el curso del río dentro del claro azul del lago. Mirándolo desde las alturas puede trazarse la pálida corriente fangosa, por alguna distancia desde que desemboca hasta que gradualmente se va mezclando con las aguas del lago y desaparece.

97. Dirijámonos ahora al extremo inferior del lago para observar el sitio por donde se va el agua. ¿Se ve allí algún fango? No, nunca los ojos vieron agua más clara, más límpida, más azul que la que viene saltando precipitadamente entre las orillas y por debajo de los puentes de Ginebra. ¿Qué se hizo de aquella nube de pálido fango que llevaba el río al entrar en el lago? Todo se ha depositado en el fondo. Día tras día, año tras año, y siglo tras siglo, allí está la nube de fango, hundiéndose siempre en el agua hasta el fondo y renovándose siempre por el incansable río.

98. Podría sacarse toda el agua del lago y se encontraría el fondo cubierto de depósitos de sedimentos extendiéndose, no sobre unos cuantos pies cuadrados, como en nuestro charquito del camino, sino sobre muchas millas cuadradas. Los sedimentos más gruesos — guijas y cascajos — se encontrarían en el extremo superior donde aflúa la corriente más fuerte, y los sedimentos más delgados — arena y fango — cubrirían la parte principal del fondo.

99. Si se hicieran excavaciones en estos depósitos, se encontraría que en algunos sitios alcanzan las capas un espesor de más de cien pies, y en cualquier parte que se hicieran las excavaciones se vería la misma disposición de capas planas observadas en el charco formado por la lluvia. Arena, fango y cascajo se seguirían en sucesión de arriba abajo, pero siempre en capas ó tongas encima la una de la otra.

100. El lago de Ginebra es muchos miles de veces más grande que nuestro pequeño charco; y, sin embargo, en sí mismo no es más que un charco, y pequeñísimo, cuando se le compara con los grandes mares. Váyase á la orilla del mar por donde desembogue un caudaloso río, y se verá que solamente el tamaño no altera lo clase de obra que están haciendo el río y el mar, y que en su caso también hay el mismo proceso que estudiar que el que ya ha sido observado. Se ve cómo el río está acarreado continuamente al mar enormes cantidades de arena y fango; pueden seguirse las fangosas aguas del río hasta alguna distancia de la costa, cuando poco á poco su fango se hunde al fondo, y él mismo se confunde en las aguas del océano. Se sabe que por estos medios el fondo del mar en una distancia grande de la costa está recibiendo nuevos depósitos de arena y fango que han sido barridos de la tierra. El borde superior de estos depósitos queda al descubierta cuando baja la marea. Se puede excavar en ellos donde forman la playa, y si así se hace, se reconoce la misma disposición de capas, que se encontró en los otros casos.

101. De esta manera se va uno poco á poco convenciéndose de un rasgo saliente de los depósitos sedimentarios que están debajo del agua, es que no son meros montones de escombros, sin orden ni concierto, sino que están distribuidos y esparcidos unos sobre otros en capas regulares. Esta clase de arreglo se llama *estratificación* y de los sedimentos así dispuestos, se dice que están *estratificados*. Tan característico es este modo de arreglo entre las rocas

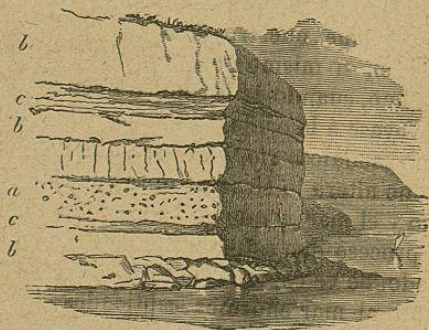


FIG. 11. — Estratificación de rocas sedimentarias. a. Conglomerado. b. Piedra arenosa. c. Esquisto.

sedimentarias, que se llaman también con mucha frecuencia *rocas estratificadas*.

102. Las capas de arena, cascajo ó fango que pueden verse en las orillas del mar, ó en cualquier lago ó charco de la tierra, son materias *suaves ó sueltas*. La piedra arenosa, el conglomerado, el esquisto y todas las demás rocas sedimentarias, son generalmente más ó menos *duras ó compactas*. ¿Cómo puede explicarse esta diferencia? Es se-

guro, á no poder serlo más, que á pesar de su firmeza, no fueron estas rocas en un tiempo más que sedimento suelto formado debajo del agua de la misma manera que se hace hoy en todas partes el mismo sedimento; pero ¿qué los ha vuelto piedra dura?

103. Si se toma una porción de fango, y se coloca debajo de un peso que escurra el agua que contenga aquél, se verá que se hace más firme: así se puede endurecer el fango por la *presión*. Del mismo modo, si se coloca alguna arena debajo de agua que haya estado saturada de cal (esto es, la sustancia de que están formados el yeso y la piedra caliza), ó de hierro, ó de cualquier otro mineral soluble en el agua, se verá que al evaporarse lentamente el agua deposita la sustancia que en ella está disuelta al rededor de los granos de arena y ésta los enlaza unos con otros. Si se continuare largo tiempo este procedimiento, añadiendo más agua de la misma clase conforme se fuere evaporando, se convertirá aquella arena suelta en una piedra sólida. En este caso el sedimento se endurece hasta formar piedra por el proceso llamado *infiltración*.

104. De uno ú otro de estos modos, ó de ambos á la vez, se han endurecido hasta el estado en que hoy encontramos la mayor parte de las rocas sedimentarias. Cuando se acumulan y se amontonan la arena y el fango en anchas capas ó tongas, hasta una profundidad de cientos ó miles de pies, las tongas de la base, que tienen encima un enorme peso, forzosamente tienen que solidificarse de una manera mucho más firme que las superiores; pero además

de ésto, el agua está siempre infiltrándose á través de los poros y grietas de las rocas, llevándose unas veces y depositando otras, sustancia mineral (de la manera explicada en las *Nociones de Geografía Física*, Arts. 117-125) contribuyendo á unir entre sí con más firmeza los granos de muchas rocas.

105. Si ahora se preguntase lo que es una roca sedimentaria ordinaria, se daría en seguida una definición parecida á la siguiente, con claro conocimiento de la cosa : « Una roca sedimentaria es la que está formada de sedimento procedente del desperdicio de rocas más viejas y depositado en el agua. Generalmente deja ver la característica disposición estratificada de los depósitos formados por el agua. Desde que se formó primitivamente se ha endurecido, por lo común, hasta formar piedra, por presión ó por infiltración. »

*IV. Cómo vienen á encontrarse restos de plantas y animales en las rocas sedimentarias.*

106. Aunque las rocas sedimentarias se componen de sustancias como cascajo, arena ó limo, suelen contener otras cosas de igual interés é importancia. Por ejemplo, las figuras 12 y 13 representan dos pedazos más de esquisto, en los cuales se ven ciertos objetos muy diferentes del sedimento ordinario que constituye la piedra. Veamos primeramente lo que son dichos objetos, y luego cómo llegaron á embutirse en la piedra.

107. Empezaremos por la muestra dibujada en la Fig. 12. En la piedra veremos solamente un frag-

mento de esquisto común, formado de las mismas materias, y arregladas del mismo modo estratificado, que en el anterior ejemplar de aquella roca.

108. Pero ¿qué es el objeto negro que hay en la

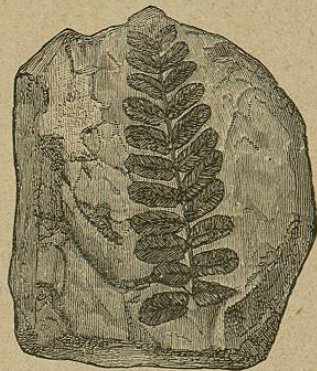


FIG. 12. — Pedazo de esquisto que contiene una parte de helecho fósil.

superficie superior de la piedra? Desde luego se ve que tiene la forma de una planta que se parece á un helecho. Examinándola más de cerca, y siguiendo las delicadas venas de las hojas, no cabe duda de que, aunque ya no es blanda ni verde, fué en un tiempo un helecho vivo : se ha transformado en una sustancia negra que, al observarla cuidadosamente, se ve que es una especie de carbón. Pueden presentarse fragmentos pequeños y capas de la misma sustancia negra en todo el pedazo de esquisto. Si se raspa un poco y el polvo raspado se coloca en la punta de un cuchillo, se verá que se consume con el fuego la materia negra, mientras que