

fuentes frías ó termales que manan del granito ó de otras rocas, y se hallan muy cargadas de carbonato de cal. La cantidad de materia caliza que estas fuentes conducen despues de algun tiempo de las mayores profundidades de la costra terrestre á las divisiones mas superiores ó mas modernamente formadas, esta cantidad, decimos, debe ser considerable.

Si la proporcion de elementos silíceos y aluminosos ofrecidos por dichas fuentes, fuera tan grande como la de los principios calizos, en lugar de manifestarse comparativamente insignificante, se podria negar á la materia mineral así arrojada un origen debido á la descomposicion de rocas subterráneas ordinarias; pero segun el predominio tan marcado del carbonato de cal sobre todos los demás elementos, la costra terrestre debe con el tiempo perder casi la totalidad de los componentes calizos de sus partes inferiores; por el contrario, continúa sin duda presentando diariamente en nuevos depósitos en el fondo de los mares y lagos un exceso de carbonato de cal. Este compuesto llega á la superficie del suelo por millares de fuentes y de rios, y así toda nueva roca caliza precipitada químicamente, lo mismo que un gran número de arrecifes conchíferos ó coralinos que se forman en nuestros dias, proceden en parte de la sustancia mineral producida por la accion plutónica, y arrojada por el gas ó el vapor fuera de las rocas fundidas que hierven en las entrañas de la tierra.

No solo carbonato de cal, sino tambien gas ácido carbónico libre, sale en abundancia del suelo y de las hendiduras subterráneas, en las regiones de volcanes activos ó apagados, por ejemplo, en las cercanías de Nápoles y en Auvernia. Por otra parte las conchas ó corales fósiles han perdido frecuentemente su ácido carbónico y la cal que quedaba ha entrado quizá en la composicion de la augita, de la hornblenda, del granate y de otros minerales hipógenos. Se observan ejemplos muy frecuentes de materia caliza así desprendida; los restos orgánicos se hallan frecuentemente reemplazados por sílice ú otras sustancias minerales; algunas veces tambien el espacio ocupado en otro tiempo por el fósil se ha quedado vacío, ó no se encuentra representado sino por una impresion poco marcada. No debe, pues, causar admiracion la ausencia general de estos restos en el seno de las capas cristalinas: recordemos la alteracion frecuente total ó parcial de los fósiles aun en las formaciones terciarias; las grandes masas de gres ó de esquisto, de diferentes edades y de millares de metros de potencia desprovistas de cuerpos organizados, ciertas capas privadas de una parte de sus petrificaciones, que quizá han perdido al volverse cristalinas, ó segun la expresion de Werner, al pasar al estado de rocas de *transicion*; y en fin la destruccion de los últimos vestigios de seres animados en el seno de los estratos francamente *metamórficos*. Las formaciones que llevan este último epíteto han sido ademas sometidas algunas veces á renovaciones reiteradas de la accion plutónica.

### CAPITULO XXXVIII.

#### VENAS MINERALES.

El modo de distribucion de las sustancias metálicas al traves de la costra terrestre, y mas especialmente el fenómeno de esas masas casi verticales y tabulares de mineral, llamadas venas minerales, que suministran la mayor parte de los metales útiles al hombre, son aquí objeto de una elevada importancia práctica y de un interés capital bajo el punto de vista teórico.

Las ideas que en un principio se han adoptado sobre las venas metálicas, han sufrido modificaciones, ó mas bien han experimentado una revolucion casi

completa á contar desde mediados del siglo último, época en que Werner, director de la Escuela de Minas de Freyberg en Sajonia, intentó el primero generalizar los hechos conocidos hasta entonces. Este sabio enseñó que las venas minerales han sido hendiduras originalmente abiertas, mas tarde gradualmente invadidas por materias cristalinas y metálicas; que gran número de entre ellas, despues de haberse llenado una vez, se han vuelto á ensanchar y abrir de nuevo. Hizo asimismo notar la circunstancia particular de que las venas no se refieren todas á un mismo y único período, sino que son de edades geológicas diferentes.

Estas opiniones, de las que existian ya algunos gérmenes en obras mas antiguas, no habian sido sin embargo todavía adoptadas generalmente; desde el momento que fueron emitidas por una autoridad tan poderosa y de experiencia tan consumada, hicieron época en la geología. Sin embargo se ha demostrado, al trazar en detalle la historia y los progresos de la geología, que Werner habia sido mucho tiempo antes precedido por otros geólogos, respecto á su teoria de las rocas volcánicas, y que se quedó muy atrás respecto de su contemporáneo Hutton en las investigaciones sobre el origen del granito. Segun Werner, las formaciones plutónicas, así como los esquistos cristalinos, habrian sido sustancias precipitadas de un fluido caótico, en la época de ciertas condiciones primitivas ó nacientes del planeta; los metales por consiguiente, hallándose íntimamente relacionados con las relaciones anteriores, habrian participado de este origen misterioso. Segun el mismo autor, las rocas trapeanas habrian resultado de depósitos acuosos, y los diques de pórfido, de greenstone y de basalto, indicarían hendiduras que habian recibido de arriba sus diferentes materiales. Consecuente á estos primeros principios, Werner admite que las venas minerales han sacado sus elementos constitutivos de un Océano subyacente mas bien que de una fuente subterránea; que estos elementos han sido primero disueltos en aguas que existian encima en lugar de elevarse por la sublimacion de lagos ó de mares situados debajo.

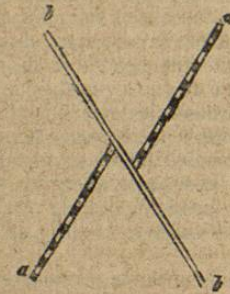
Pero la hipótesis de un fluido primordial ó *menstruo caótico* empezó á perder favor en presencia de las nuevas concepciones, y los geólogos no tardaron en ser de un mismo parecer acerca de las verdaderas relaciones que existen entre las rocas volcánicas y trapeanas; se comprendió por fin que los fenómenos de las venas minerales podian explicarse por causas conocidas, por ejemplo, las de la accion química, termal ó eléctrica que se ejerce aun en nuestros dias en el interior de la tierra. El lector encontrará mas fácilmente los argumentos favorables á esta opinion cuando hayamos descrito y comentado los hechos descubiertos por los trabajos de las minas.

**SOBRE LAS DIFERENTES CLASES DE VENAS MINERALES.** Los geólogos conocen todos perfectamente esas venas de cuarzo, que abundantes en el seno de las capas hipógenas, forman en ellas masas lenticulares de una extension limitada. Estas venas atraviesan tambien algunas veces los gres y los esquistos. Se observan fajas semejantes, compuestas de carbonato de cal, en el seno de rocas fosilíferas, sobre todo calizas. Parecen haber sido en otro tiempo hendiduras ó cavidades estrechas, producidas como las grietas en la arcilla por la contraccion de la masa al pasar del estado fluido al estado sólido, ó simplemente descendiendo de temperatura. La sílice, la caliza y á veces los metales, han penetrado juntos ó aisladamente á lo largo de estos espacios vacíos, despues de haberse escapado de las rocas inmediatas por exfiltracion, ó como se dice, por segregacion. Mezcladas con agua ó vapor, los minerales metálicos han debido pasar primero al través de una ganga pastosa, antes de llegar hasta estos re-

ceptáculos formados por la contraccion, y dar origen á estos conjuntos irregulares de venas, á que los alemanes dan el nombre de *Stockwerks*, por alusion á las diferentes alturas á que se dirigen entonces los trabajos de mina.

Las venas mas ordinarias ó regulares, se explotan habitualmente en fajas verticales; evidentemente fueron en otro tiempo hendiduras producidas por accion mecánica. Se las ve atravesar toda especie de rocas, hipógenas y fosilíferas, y se prolongan inferiormente á profundidades indefinidas ó desconocidas. Se puede presumir que son de origen semejante al de las hendiduras producidas de tiempo en tiempo por los sacudimientos de temblores de tierra. Las venas metalíferas que se pueden referir al mismo género de accion, tienen á veces algunos milímetros de anchura, pero mas comunmente 0,90 ó 1,20 del mismo diámetro. Prosiguen su marcha de una manera continua, siguiendo cierta direccion que prevalece en muchos kilómetros y aun en leguas de longitud pasando al través de las rocas variables por su composicion mineral.

**LAS VENAS METALÍFERAS HAN SIDO HENDIDURAS.** Mineros muy inteligentes no han podido llegar, aun despues de un estudio detenido de las venas metalíferas, á hacer convenir algunos de los caracteres de estas con la hipótesis de las hendiduras; empezaremos, pues, por establecer los argumentos que militan en favor de esta hipótesis. Uno de los mas convenientes, quizá, es la coincidencia de un número considerable de venas minerales con los *fallos*, es decir, con esas dislocaciones de rocas que son incontestablemente debidas á la fuerza mecánica, como hemos demostrado en otro lugar. Existen al través de casi todo distrito minero, pruebas de una sucesion de fallos, por los cuales las paredes opuestas de hendiduras hoy dia llenas de sustancias metálicas han experimentado mudanzas. Por ejemplo, supongamos que *aa* indican un



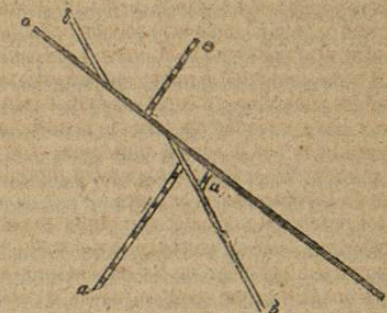
filon de estaño de Cornwall (se ha dado el nombre de filon, en inglés *ledo*, á las venas que contienen minerales metálicos). Este filon que corre de Este á Oeste, tiene unos 0,90 de anchura, y se encuentra cortado por otro filon de cobre *bb* del mismo espesor.

La primera hendidura *aa*, ha sido llena por diferentes materiales en parte de origen químico, tales como cuarzo, espato fluor, peróxido de estaño, sulfuro de cobre, piritas arsenical, bismuto y sulfuro de níquel, y en parte de origen mecánico, como arcilla y fragmentos angulares ó restos de las rocas cortadas. El cuarzo y el mineral son en algunos puntos paralelos á las paredes verticales del filon, y separados uno de otro por fajas alternativas de arcilla ó mas bien de materia terrosa. A veces el mineral se halla diseminado en masas pequeñas á lo largo de la ganga del filon. Es claro que despues de la introduccion gradual del estaño y de otras sustancias, la segunda hendidura *bb* se ha abierto por una segunda fractura acompañada de un cambio de posicion de las rocas á lo largo del plano *bb*. Esta nueva solucion de continuidad se ha llenado de minerales, algunos de los cuales se

parecen á los de *aa*, por ejemplo, de espato fluor (fluoruro de calcio) y de cuarzo; otras son diferentes; el cobre se hace abundante; el estaño por el contrario disminuye y aun no se encuentra sino muy raro.

Supongamos que una sacudida de temblor de tierra viene ahora á agitar este depósito, rompiendo y empujando juntos todos los restos á lo largo de la línea *cc*: la hendidura que no presenta mas que 0,45 de ancho, se llenará solamente de arcilla, procedente sin duda del roce de las paredes ó resultante quizá tambien de una infiltracion venida de arriba. Este nuevo movimiento levantará la roca de manera que interrumpirá la continuidad del filon de cobre *bb*, y al mismo tiempo hará deslizar lateralmente siguiendo la misma direccion una porcion del filon de estaño que no habia sido rota en un principio.

En la figura siguiente se ve que una cuarta hendidura *dd* igualmente llena de arcilla, ha atravesado la



vena delgada de estaño *aa*, y la ha alzado ligeramente hacia el Sur. Los diferentes cambios que representan esas tres figuras, no son puramente imaginarios, sino que existen de hecho en un corte que presentan las labores hace tiempo abandonadas de una antigua mina del Cornwall, llamada Huel Peever, en la parroquia de Redruth; este corte ha sido descrito por Williams y Carne. El movimiento principal de que aquí se trata, ó el de *cc*, se extiende en una longitud que no tiene menos de 24 metros, pero en este caso como en los otros tres, los caracteres geográficos de la comarca situada encima *d, c, b, a*, etc., no han sido afectados por ninguna de las dislocaciones, como lo demuestra la poderosa desnudacion que ha surcado el suelo posteriormente á los fallos. Se admite vulgarmente en el Cornwall que existen en esta comarca ocho sistemas distintos de filones, pertenecientes á otros tantos movimientos ó fracturas sucesivas, y los números de las montañas de Hartz hablan tambien de ocho sistemas de filones correspondientes á otros tantos períodos diferentes.

Ademas de las pruebas que dan de la accion mecánica, segun hemos ya establecido, las paredes opuestas de los filones estan frecuentemente pulimentadas y como barnizadas; muchas veces tambien se las ve estriadas y atravesadas de surcos y de prominencias paralelas, tales como las que produciria un roce continuo sobre superficies de desigual dureza. Tales caras pulimentadas se aparecen al plano de una roca, por donde una nevera hubiera avanzado; son comunes aun en los casos en que no haya habido deslizamientos y se las encuentra igualmente en las hendiduras no metalíferas. Los mineros ingleses las llaman *slickensides*, segun las palabras alemanas *Schlichten*, que quiere decir plano, y *Seite*, lado. Se admite que las líneas de estrias indican la direccion, segun la cual se ha operado el movimiento de la roca. Por efecto de un débil temblor de tierra ocurrido en Chile hacia el año 1840, y que ha sido descrito por un testigo ocular, los muros de ladrillo de un edificio se rajaron verticalmente en algunos puntos y experimentaron un movimien-

to vibratorio durante algunos minutos en cada sacudimiento; después de haber cesado los temblores, los muros no presentaron ningún indicio de alteración, ó al menos ninguna abertura, aunque cada línea de grieta permanece aun visible. Cuando el movimiento se hubo apaciguado, se observó en el piso de la habitación, por bajo de cada hendidura, pequeñas masas de polvo fino de ladrillo que evidentemente había sido producido por la trituración.

En ciertas venas plumbíferas de la caliza de montaña del Derbyshire, la ganga, que es casi compacta, se encuentra á veces atravesada por lo que se llama una raja vertical (*crack*), que pasa por debajo de la parte media de la vena. Las dos caras en contacto son slicken-sides perfectamente pulimentadas y acanaladas algunas veces cubiertas de una capa delgada de mineral de plomo. Si se levanta un lado de la ganga, el otro lado se raja, sobre todo cuando se ha puesto cuidado de practicar pequeños agujeros y entonces se desprenden fragmentos con ruido, que continúan cayendo así durante días enteros. El minero se ha familiarizado con esta clase de circunstancias y saca provecho de ellas; con ayuda de su piqueta abre agujeros á distancia de 0<sup>m</sup>,15 cada uno, y de 0<sup>m</sup>,12 de profundidad, y cuando vuelve al cabo de algunas horas encuentra el todo próximo á caer aun al simple tacto. Estos fenómenos y sus causas (que se relacionan probablemente con la acción eléctrica) no han llamado, tal vez toda la atención que merecen.

La comunicación primitiva de un gran número de filones en la superficie de una comarca ó de un antiguo lecho de mar, está demostrada por la existencia, en el seno de estos filones, de cantos perfectamente redondeados parecidos á los de los aluviones superficiales; ejemplos de este género se observan en Auvernia y en Sajonia. La Bohemia ha presentado igualmente cantos semejantes á la profundidad de 330 metros. En el Cornwall cita Carne, verdaderos cantos de cuarzo y de esquisto en medio de un filon de estaño de la mina de Relistran, á mas de 180 metros debajo de tierra; están cimentados por óxido de estaño ó bisulfuro de cobre, y ocupan una superficie de mas de 3 metros de largo por otro tanto de ancho. Se han descubierto allí tambien conchas marinas fósiles á grandes profundidades; su enterramiento data sin duda de antiguos temblores sub-marinos. Virlet afirma que se ha encontrado una grifea en una mina de plomo de las cercanías de Semur en Francia; se ha indicado una madrepora en medio de un filon compacto de cinabrio en Hungría.

Cuando recorren un país determinado diferentes grupos ó sistemas de venas, los que se suponen de la misma edad y que están llenos de materiales idénticos, conservan frecuentemente un paralelismo general de dirección, por ejemplo, los filones de estaño y de cobre en el Cornwall corren poco mas ó menos de Este á Oeste, mientras que los de plomo están alineados de Norte á Sur; pero ninguna ley general de dirección es aplicable á distintos números diferentes. El paralelismo es otro motivo para hacer considerar los filones como hendiduras ordinarias; en efecto, los diques trapeanos que para todos los geólogos recuerdan antiguas masas fundidas que han llenado hendiduras son frecuentemente paralelos cuando tienen la misma edad. Ahora bien, una vez admitido que los filones son simplemente hendiduras primitivas en que penetraron después depósitos químicos y mecánicos, se adquiere bien pronto la prueba de que se fueran llenando por grados y muchos tambien se ensancharon sucesivamente. Ya hemos hablado de fajas paralelas de arcilla, de cuarzo y de mineral en el seno de los filones. Werner mismo ha observado en un filon particular, cerca de Gersdorf en Sajonia, trece lechos de minerales diferentes dispuestos con la mayor regularidad á cada lado de la faja central. Esta se compone de dos capas

de espato calizo, que evidentemente ha venido á tapiar las paredes opuestas de una cavidad vertical. Los trece lechos se siguen en uno y otro lado en un orden correspondiente; consisten en espato fluor, celestina (estronciana sulfatada), galena, etc. Allí evidentemente la masa central es la última que se ha formado, y las dos fajas contra las paredes extremas de la hendidura en cada lado, son las mas antiguas de todas. Si las fajas se compusiesen de precipitados cristalinos, se podría explicar su formación suponiendo que la hendidura ha conservado sus dimensiones durante toda la serie de los cambios de naturaleza de las disoluciones que han llegado de abajo; pero tal manera de depositarse varias fajas sucesivas y paralelas parece excepcional.

Cuando una vena pétreá está formada de materia cristalizada, las puntas de los cristales están siempre vueltas hácia el centro de la cavidad; en otros términos, estas puntas se dirigen al lado en que se les presenta mayor espacio para el desarrollo de las formas regulares. Por consiguiente, cada nueva faja ha recibido la impresión de los cristales de la faja anterior, é imprime sus formas sobre la que le sigue, hasta que al fin toda la vena ha sido llena; dos fajas que se encuentran, se penetran en forma de cola de golondrina por medio de sus cristales respectivos. Pero en el Cornwall, en el seno de ciertos filones, las fajas verticales (*combs* en inglés) tienen sus cristales de tal modo enclavados bajo la forma anteriormente designada, que suministran la prueba evidente de un ensanche reiterado de la hendidura.

Una explicación casi análoga, sirve para un gran número de casos en que la arcilla, arena y fragmentos angulares, alternan con minerales y venas petrosas. Supongamos por ejemplo que las paredes de una hendidura se hallan incrustadas de materia sílicea (Ruch ha indicado algunas semejantes en Lanzarote, en un cráter volcánico que databa de 1731; estaban atravesadas por una abertura en que los vapores calientes habían depositado hidrato de sílice, y la incrustación se extendía casi hasta el medio); admitamos después que una hendidura de este género se llena de arcilla ó de arena y vuelve luego á abrirse de manera que la nueva hendidura divida el depósito arcilloso y permita la introducción de una cierta cantidad de fragmentos; diferentes metales y minerales de la clase de las sustancias terrosas y alcalinas podrán entonces, precipitándose de disoluciones acuosas, introducirse en los intersticios de esta masa heterogénea.

La prueba de la sucesión reiterada de tales cambios se halla en la presencia accidental de filones que cruzan; estos indican una fractura dirigida oblicuamente al través de depósitos químicos ó mecánicos anteriormente formados. Fournet estudiando algunas minas de Auvernia explotadas bajo su dirección, ha demostrado los hechos siguientes: el granito de este país, fue penetrado primero por venas de la misma roca y dislocado después; entonces se produjeron grietas que cruzaron á un mismo tiempo el granito y las venas graníticas. En el interior de las soluciones de continuidad se introdujo cuarzo acompañado de sulfuro de hierro y de piritas arsenical. Otra convulsión abrió violentamente las rocas á lo largo de la antigua línea de fractura, y el primer grupo de depósitos cedió en varios puntos, se hendió y aun voló en pedruzcos.

La nueva abertura se llenó no solo de fragmentos angulares de las rocas adyacentes, sino tambien de porciones de venas pétreas mas antiguas. Superficies pulimentadas y estriadas, tanto á los lados como en el contenido mismo de la vena, demuestran tambien estos antiguos movimientos. Un nuevo período de reposo sucedió durante el cual, diferentes sulfuros penetraron en el seno de la vena, y pedernal córneo

empastó los fragmentos angulares del cuarzo mas antiguo para formar una brecha. Este período fue seguido de otras dilataciones de las mismas venas y de la introducción de nuevos grupos de minerales hasta que por último varios cantos rodados de lava basáltica de Auvernia procedentes de los aluviones superficiales probablemente del Mioceno ó Plioceno antiguo, se precipitaron en las profundidades de las venas. El espacio no nos permite enumerar todos los cambios descritos minuciosamente por Fournet, pero son importantes á la vez para el minero y el geólogo, porque demuestran cómo las señales supuestas de catastrófes violentas pueden servir de monumentos, no de una sola sacudida, sino de movimientos sucesivos.

Estos ensanches y aberturas repetidas de las venas, se explican perfectamente por la hipótesis de las hendiduras, sobre todo si se atiende al corto número de ellas que han sido hasta ahora exploradas á fondo, así como á la resistencia mas débil que opone á lo largo de las antiguas líneas de fractura una comarca en que las hendiduras no están llenas sino parcialmente. Por lo demás, sucede enteramente lo mismo en los diques en que cada abertura ha recibido una masa continua y homogénea de materia fundida cuya consolidación se ha operado bajo una presión considerable. Los diques trapeanos refuerzan generalmente las rocas en los puntos que fueron en otro tiempo mas débiles y si la fuerza de elevación viene á ejercerse de nuevo siguiendo la misma dirección, la costra de la tierra cede en todas partes excepto en los puntos en que se han producido las primeras soluciones de continuidad.

Gran número de filones tienen sus paredes opuestas casi paralelas, y el fenómeno se manifiesta en una gran extensión de país. Se admira un magnífico caso de este género en el Hartz, en el célebre depósito de Andreasberg, explotado en una profundidad vertical de 460 metros y una longitud horizontal de 182 metros, con un espesor casi constante de un metro próximamente. Pero varios filones en el Cornwall y en otras partes tienen dimensiones muy variables, 0<sup>m</sup>,025 á 0<sup>m</sup>,050 de espesor en un punto, 2 ó 3 metros en otro, por una longitud de varios metros, y luego vuelven á estrecharse como antes. Esta clase de dilataciones y contracciones alternativas son tan características, que debemos insistir aquí en su descripción. Las paredes de las hendiduras, observa La Bèche, son rara vez planas en toda su extensión, y en realidad no podrían serlo, puesto que por costumbre atraviesan rocas de desigual dureza y de composición mineral variable; si por consiguiente las paredes opuestas de hendiduras tan irregulares vienen á deslizarse una sobre otra, es decir, si sobreviene un fallo (como sucede en muchos filones), el paralelismo de las paredes opuestas se encuentra de pronto totalmente destruido.

Varios filones son perpendiculares ó casi perpendiculares al horizonte; pero algunos se inclinan mucho formando ángulos de 5 á 45 grados. El curso de un filon es ordinariamente recto, pero tambien á veces es tortuoso, y en este caso se observa que en los diversos puntos en que mas se desvía de la vertical, se

halla obstruido de arcilla, de pedazos de piedra y de guijarros. En ciertos puntos, a por ejemplo, el minero encuentra falta de materias metálicas ó una gran disminución de ellas, y es que entonces al libre depósito del mineral, se ha opuesto la ocupación del filon por materiales terrosos. Los filones de algunos metros de espesor, se hallan ordinariamente llenos en su mayor parte de materias terrosas y de fragmentos de rocas al través de los cuales se hallan diseminados los minerales. Las sustancias metálicas suelen envolver ó rodear circularmente pedazos desprendidos de roca que los mismos ingleses llaman *horses* (caballos) ó *riders* (caballeros). Es natural tambien que ciertas venas minerales se ramifiquen porque el mismo fenómeno pertenece á las hendiduras abiertas.

Depósitos químicos en las venas. Si pasamos ahora de las acciones mecánicas á las fuerzas químicas que han concurrido á producir las venas minerales, observaremos el hecho siguiente: los espacios de las hendiduras que no han sido llenos por fragmentos de rocas, lo han sido siempre por el agua, y toda vena ha servido probablemente de canal por el cual los manantiales calientes, tan comunes en los países volcánicos ó sujetos á los temblores de tierra, se han dirigido hácia la superficie del suelo. Sabemos que las hendiduras en cuyo seno abundan los minerales se prolongan hácia abajo á profundidades considerables en que la temperatura es mas elevada. Tampoco ignoramos que las venas minerales son mas metalíferas cerca del contacto de las formaciones plutónicas y estratificadas y que lo son especialmente en los puntos de cruzamiento, es decir, en aquellos en que las primeras de estas formaciones envían venas al través de las últimas; esta circunstancia indica, que las venas estuvieron originalmente muy próximas por su estrechidad inferior á las rocas ígneas y calientes. Además está perfectamente averiguado que aun las fuentes minerales ó termales, que en el estado actual del globo están lejos de los volcanes, manan sin embargo á lo largo de las grandes líneas de elevación y de dislocación de las rocas. Por otra parte, los geólogos han demostrado que todas las sustancias de que se hallan impregnados los manantiales calientes, pertenecen al mismo grupo que las vomitadas en forma gaseosa por los volcanes. Varias de estas sustancias se encuentran en venas; citaremos la sílice, el carbonato de cal, el azufre, el espato fluor, el sulfato de barita, la magnesia, el óxido de hierro y otras. Añadiremos, que si las venas han sido llenas por emanaciones gaseosas procedentes de masas fundidas que se hallaban en estado de enfriamiento en el seno de las regiones subterráneas, la contracción de tales masas y su paso del estado plástico al estado sólido, ha debido, según los experimentos de Deville sobre el granito (roca que se puede elegir por tipo) producir una reducción de volumen que puede elevarse hasta un 10 por 100. Por consiguiente, la cristalización lenta de esta especie de rocas plutónicas ofrece una fuerza capaz no solo de determinar aberturas al través de las rocas incumbentes, sino tambien producir fallos en todos aquellos puntos en que una porción de la costra terrestre descienda lentamente, mientras que otra contigua que repose sobre una base diferente permanezca inmóvil.

Quizá después del razonamiento anterior, se querría deducir que ha existido frecuentemente una relación íntima entre los filones y los manantiales termales que tienen materia mineral en disolución. Sin embargo, no debe esperarse que los contenidos de estos últimos behebucos y los primeros sean idénticos. Por el contrario, Elias de Beaumont ha observado juiciosamente que es preciso buscar mas especialmente en las venas, sustancias que siendo menos solubles, no pudiesen ser proporcionadas por las aguas termales, es decir cuerpos simples ó compuestos que



BIBLIOTECA CENTRAL

U. A. N. L.

las aguas calientes que vienen de abajo precipitan contra las paredes de una hendidura, cuando su temperatura empieza á disminuir. Aguas de esta naturaleza, se enfrían tanto mas, cuanto mas se aproximan á la superficie, hasta que al fin adquieren la temperatura media de los manantiales; entonces están especialmente cargadas de las sustancias mas solubles, tales como los álcalis, sosa y potasa. Estos no acompañan las venas, aunque entren tan abundantemente en la composición de los granitos.

Se puede, pues, hasta cierto punto, atribuir la disposición y distribución de la materia metálica, en las venas, á la acción química ordinaria ó bien á esas variaciones de temperatura que pueden experimentar las aguas que tienen minerales en disolución, á medida que ascienden de grandes profundidades de la tierra. Pero existen otros fenómenos que no admiten la misma explicación; por ejemplo, en el Derbyshire, ciertos filones que contienen minerales de plomo, de zinc y de cobre, pero principalmente de plomo, atraviesan lechos alternados de caliza y de greenstone. El mineral se manifiesta abundante, cuando las paredes de la hendidura están formadas de caliza, pero se reduce á un simple filamento cuando estas paredes son greenstones (ó *toad stones* como se les llama vulgarmente en el país). Esto no es que la hendidura primitiva sea mas estrecha en los puntos ocupados por el greenstone, sino que la materia pétreo llena allí un espacio mas extenso, y las aguas no son descargadas tan libremente de sus contenidos metálicos.

«Los filones, en el Cornwall, dice Roberto Fox, dependen esencialmente en cuanto á su riqueza metálica, de la naturaleza de la roca que atraviesan, y frecuentemente, bajo este aspecto, cambian brusca-mente al pasar de una roca á otra; aquellos, por ejemplo, que están muy cargados de mineral en el granito, se vuelven improductivos en el esquisto arcilloso ó Killas, y vice versa. La misma observación se aplica al Killas y al pórfido granítico llamado *elvan*. A veces, á lo largo de la misma vena continua, el granito contendrá cobre, y el Killas estaño ó bien á la inversa.» Fox, despues de haber demostrado la existencia actual de corrientes eléctricas al través de algunas de las venas metalíferas del Cornwall, ha creído que una misma causa habia probablemente actuado sobre los sulfuros y los cloruros de cobre, de estaño, de hierro y de zinc disueltos en el agua caliente de las hendiduras y habia determinado su modo particular de distribución. Despues de numerosos experimentos con este objeto, Fox ha procurado del mismo modo explicarse el predominio marcado de la dirección de Este á Oeste de los principales filones del Cornwall, por su posición perpendicular ó magnetismo terrestre. Pero Henwood y otros mineros experimentados han opuesto fuertes objeciones á esta teoría, y es preciso confesar, que la dirección de las venas, en los principales distritos mineros, varia hasta el punto que parece depender de líneas de fractura mas bien que de leyes de electricidad voltáica particulares. Sin embargo, como especies diferentes de rocas participan frecuentemente de condiciones eléctricas desemejantes, es natural creer que estas condiciones han debido muchas veces determinar la disposición de los precipitados metálicos á lo largo de las hendiduras.

«He observado, dice Fox, que cuando se expone cloruro de estaño en disolución, á la acción de una pila voltáica, una porción del radical se deposita en estado metálico en el polo negativo y la otra porción en el positivo en estado de poróxido; este fenómeno es enteramente semejante al que presentan las minas de Cornwall. La experiencia puede explicar por qué el estaño se halla contiguo al mineral de cobre ó mezclado con este mineral, y tambien como está separado de él en otras partes del mismo filon.»

EDAD RELATIVA DE LOS DIFERENTES METALES. Des-

pues de maduras reflexiones sobre los hechos que acabamos de referir no puede quedar duda de que las venas minerales, lo mismo que las erupciones de granito ó de trapp, deben ser referidas á varios periodos distintos de la historia de la tierra, y esta ley es incontestable cualquiera que sea la dificultad que se encuentre para determinar la edad precisa de cada una de ellas; en efecto, las venas han quedado muchas veces abiertas durante largo tiempo; además, como hemos visto, la misma hendidura, despues de haber sido llena en otro tiempo, muchas veces se ha vuelto á abrir ó ensanchar despues. Pero además de esta diversidad de épocas algunos geólogos han supuesto que ciertos metales databan exclusivamente de tiempos mas antiguos, y otros de tiempos mas modernos; que el estaño, por ejemplo, era de mayor antigüedad que el cobre, este último mas antiguo que el plomo ó la plata, y estos á su vez mas antiguos que el oro. A esta suposición se puede responder; en primer lugar, los hechos reunidos en su apoyo son combatidos por el experimento que hemos citado mas arriba, y despues ya sabemos hasta qué punto se puede señalar un orden cronológico preciso á los metales preciosos y otras sustancias en el seno de la costra terrestre.

No es cierto que los filones en cuyo seno abunda el estaño sean los mas antiguos que se han explotado en la Gran-Bretaña. Los geólogos del gobierno encargados de la descripción de la Irlanda, han demostrado que en el Wexford las venas de cobre y de plomo (estas últimas habitualmente argentíferas) eran mucho mas antiguas que las de estaño en Cornwall. Cada una de estas dos comarcas ha visto verificarse una serie enteramente semejante de cambios geológicos, en dos épocas enteramente distintas, el Wexford antes del depósito de las capas Devonianas, el Cornwall despues del periodo Carbonífero. Empecemos mayores explicaciones por el distrito minero de Irlanda; el granito en el Wexford se halla atravesado de venas graníticas, las cuales penetran asimismo al través de los estratos del Siluriano; las rocas silurianas, asi como las venas, han sido desnudas antes de la superposición de los lechos Devonianos. Se encuentra despues en el mismo condado que los *elvans* ó diques rectos de granito porfídico, han cortado el granito asi como las venas arriba citadas, pero no han penetrado hasta las rocas Devonianas. Posteriormente á la producción de estos *elvans*, en una época ciertamente mas moderna que el Siluriano, pero mas antigua que el Devoniano, varios filones que no llegan hasta este último terreno se llenaron de cobre y de plomo, y se observan, cerca de Wexford, filamentos delgados ó listas de cobre, en el seno de capas Devonianas, no lejos de las localidades donde se explota la mina de cobre que yace en las capas Silurianas.

Aunque la edad precisa de estos filones de cobre se halla aun envuelta en la oscuridad, se puede sin temor de engañarse asegurar, que data del fin del periodo Siluriano ó del principio de la era Devoniana. Además del cobre, el plomo y la plata, existe un poco de oro en estas venas metalíferas antiguas ó primarias. Se han encontrado igualmente algunos pedazos de estaño entre el Drig (terreno de transporte) en Wicklow, y se supone que proceden de venas de la misma edad.

Volvamos ahora al Cornwall: allí descubriremos aun otros muchos monumentos de una serie de monumentos análogos. En primer lugar en aquella comarca apareció el granito; una vez formado, y poco mas ó menos hácia la misma época, se produjeron venas de otro granito de grano fino, muchas veces tortuosas, que penetraron al fin la costra exterior asi como las rocas fosilíferas ó primarias inmediatas, comprendiendo las capas de hulla; en tercer lugar surgieron los *elvans* en una dirección rectilínea al través del granito, de las venas graníticas y de los esquistos fosilíferos; en cuarto lugar llegó el estaño acompañado del cobre,

y este fue el primero de los ocho sistemas de hendiduras de diferentes edades de que hemos hablado al principio de este capítulo. En el caso actual por consiguiente, los filones de estaño, son mas modernos que los *elvans*. Algunos mineros de Cornwall han asegurado en verdad que estos *elvans* eran á veces posteriores á los filones mas antiguos de estaño; pero las observaciones recogidas por La Beche durante su viaje á nombre del gobierno le han conducido á una conclusión opuesta, y este sabio ha demostrado que se debían interpretar de otro modo los casos supuestos. Se puede, pues, afirmar que los filones mas antiguos del Cornwall, son mas modernos que las capas de hulla de esta parte de Inglaterra, y resulta de los hechos observados, que son de edad muy posterior al cobre y al plomo de Wexford ó de otros condados vecinos en Irlanda. Ahora bien, ¿cuánto mas modernos son estos filones del Cornwall que los últimos arriba mencionados? La respuesta no es fácil; puede decirse, sin embargo, que segun toda probabilidad no han pasado del principio del periodo Permiano, porque no se ha descubierto filon alguno de estaño al través de los gres rojos del grupo Poikilitico, grupo superior á la hulla en el Sudoeste de Inglaterra.

Los filones de plomo de las colinas de Mendip se prolongan, al través de la caliza de montaña, en el conglomerato Permiano ó Dolomítico, y los del condado de Glamorgan penetran en el seno del Lias. Otros que se explotan cerca de Frome en el condado de Somerset, han sido seguidos hasta la Oolita Inferior. En Bohemia los ricos filones de plata de Joachimsthal, cortan un basalto que contiene olivina y se halla sobrepuerto á un lignito de edad terciaria en que se hallan diseminadas hojas de árboles dicotiledones. La plata por consiguiente es aquí á no dudarlo de formación terciaria, en cuanto al oro de los montes Urales en Rusia, que se saca principalmente lo mismo que el de California de los aluviones auríferos, se encuentra en venas de cuarzo en el seno de las rocas esquistas y graníticas de aquella cordillera; Murchison, Verneuil y Keyserling suponen que es mas moderno que el granito sienítico del Ural; quizá seria de fecha Terciaria. Estos sabios observan que hasta el presente no se ha encontrado todavía oro en los conglomeratos Permianos que yacen en la base de las montes Urales, aunque grandes cantidades de fragmentos de hierro y de cobre, se hallen mezcladas á los cantos rodados de estas capas Permianas. Quizá las venas enarzosas que contienen oro y platino, no existían todavía; pero seguramente no habian sido expuestas á la desnudación acuosa que data de la era Permiana.

El Aluvion aurífero de Rusia, de California y de Australia, ha producido osamentos diversas de cuadrúpedos terrestres extinguidos; restos de mamuts son comunes en el guijo al pié de los montes Urales, mientras que en Australia los restos huesosos pertenecen á grandes Marsupiales, algunos de los cuales tenían la talla del rinoceronte, y se aproximaban al Wombat vivo. Los Marsupiales recuerdan los géneros *Diprotodon* y *Nototherium* del profesor Owen. El oro de Chile septentrional, se halla asociado en las minas de los Hornos, á la piritita de cobre en venas que atraviesan las formaciones Cretáceo-Oolíticas, asi llamadas porque sus fósiles participan á la vez de los caracteres cretáceos y Oolíticos de la fauna de Europa. El oro que se encuentra en los Estados-Unidos, en el centro de las regiones montañosas de la Virginia, de las Carolinas del Norte y del Sur y de la Georgia, pertenece á las capas Silurianas metamórficas; pero se le encuentra tambien diseminado al través de un guijo que procede de estas capas.

Se ha descubierto el oro en casi todas las especies de rocas, tales como esquisto, cuarcita, gres, caliza, granito y serpentina, ya en filones, ya entre la masa que le sirve de caja á corta distancia de los filones. En

Australia, se ha explotado con provecho no solamente en el aluvion, sino tambien en venas en el seno de la roca-madre, que generalmente consiste en arcilla y esquisto silurianos. La presencia del oro ha sido demostrada en esta region á mas de 9 grados de latitud (entre los 30 y 39 grados Sur), y en 12 grados de latitud; en toda esta superficie, su rendimiento anual ha igualado, sino ha superado, al del oro de California; y hasta el presente no hay ninguna razon para temer que el producto disminuya, y todavía menos que los depósitos lleguen á agotarse. Parece, pues, razonable, prever con Delesse un tiempo (y este tiempo no puede estar muy lejano), en que el valor del metal experimentará una depreciación notable.

Segun Beaumont, se encuentra plomo y algunos otros metales á la vez en ciertos diques de basalto y de graunstein, y en el seno de filones unidos á las rocas trapeanas, mientras que el estaño yace con el granito, y en filones asociados á la serie granítica. Si esta regla es general, la posición geológica del estaño, en cuanto á las localidades que han sido hasta el dia registradas por el minero, pertenecerían en su mayor parte á masas mas antiguas que las cargadas de plomo. Los filones de estaño serían por la misma razon, mas antiguos, relativamente, que las formaciones ígneas ó granitos *sub-yacentes*, visibles á los ojos del hombre, y datarian, en suma, de una época mas antigua que las formaciones trapeanas que les están sobrepuestas. Supongamos diferentes grupos de hendiduras producidos simultaneamente á diferentes niveles de la costa terrestre, y comunicando unas con masas volcánicas, y otras con rocas plutónicas; admitamos en seguida que todos estos grupos llegan á llenarse de sustancias metálicas variadas; las hendiduras que existen á niveles mas bajos, exigirán un tiempo mas considerable que las otras para aparecer en la superficie ó llegar al alcance del minero. La desnudación y el alzamiento se mostrarán tanto mas energéticos para poner estas hendiduras á descubierto, cuanto estas se encuentren á mayores profundidades en los primeros movimientos. Ha debido pasar una larga serie de acontecimientos geológicos antes de aparecer en la superficie del suelo las hendiduras que durante mucho tiempo se han hallado inmediatas á las rocas plutónicas, y recibido los gases arrojados por el enfriamiento. Pero no nos extendamos mas sobre este punto; el lector recordará lo que hemos dicho en los capítulos XXX, XXXIV y XXXVII, sobre la cronología de las formaciones volcánicas é hipógenas.

#### CONCLUSION.

La hipótesis segun la cual las rocas hipógenas habrían sido engendradas en diversas épocas sucesivas, y mucho mas la que supone rocas del mismo género aun hoy dia en vía de formación, adquieren séquito de dia en dia, pero sus progresos son muy lentos. La resistencia que los ánimos les han opuesto, emana en parte de la oscuridad inherente á la verdadera naturaleza de la acción plutónica, cuyo teatro fue inmenso en ciertas épocas. Estas hipótesis, por otra parte, no han sido acogidas en un principio con mucho calor, por consideraciones extrínsecas; algunos geólogos no se habian decidido á admitir la doctrina de la transformación de las rocas fosilíferas en masas cristalinas; esperaban que se hubiesen descubierto indicios del principio de la serie, que permitiesen leer en la historia remota de nuestro sistema planetario, los hechos de las edades anteriores á la creación de los seres organizados. Hasta el presente esta expectativa no ha sido coronada de éxito; en efecto, en nuestra marcha progresiva, no hemos tenido ocasion de encontrar límites á esta duración, durante la cual ha querido el Ser todopoderoso y eterno, manifestar su voluntad creadora; pero hemos logrado, escediendo á nuestras

esperanzas, llevar la antorcha de las investigaciones muy lejos, hácia los tiempos anteriores á la existencia del hombre. Numerosos testimonios nos han mostrado el principio de la raza humana, y el de todas las especies que le son hoy contemporáneas ó que la han precedido; hemos deducido, por consecuencia, que el estado actual del mundo no había existido eternamente como lo han supuesto algunos filósofos.

Monumentos multiplicados atestiguan suficientemente que la superficie de la tierra se ha renovado repetidas veces; cordilleras enteras de montañas han salido de su seno ó se han abismado en sus profundidades; se han abierto valles violentamente, se han llenado despues y vuéltose á abrir de nuevo; los mares y las tierras han cambiado de límites relativos; sin embargo al través de todas estas revoluciones y de los cambios generales y locales de climas que de ellas han resultado, la vida animal y vegetal no ha cesado, ha continuado sin violacion de las leyes que rigen hoy la creacion orgánica y trazan un límite á la variabilidad de las especies. La sucesion de los seres vivos parece haberse verificado, no por la transmutacion de las especies, sino introduciéndose de tiempo en tiempo sobre la tierra plantas y animales nuevos, de los cuales cada conjunto debió ser admirablemente apropiado para el estado regenerado del globo, porque las mismas especies no hubieran crecido, multiplicándose, ni durado períodos indefinidos. La astronomía no ha

llegado aun á establecer la pluralidad de los mundos habitables en el espacio, por seductor que fuera por otra parte este objeto de conjetura y de especulacion; tampoco la geología ha llegado á probar que otros planetas se hallen poblados de seres vivientes apropiados á su clima, pero conduce á una conclusion no menos maravillosa, á saber, que en los tiempos antiguos, en la tierra que hoy puebla nuestra raza, han existido infinitas superficies habitables ó mundos, como se les llama, cada cual distinto por la época y por las especies acuáticas ó terrestres.

Las pruebas que hemos acumulado sobre la íntima analogía que existen entre los géneros extinguidos y vivos, son tantas y tan concluyentes, que nos es imposible dudar de la armonía común que preside á todas las partes, y la misma magnificencia de invencion que admiramos en la creacion viva, caracteriza en el mismo grado el mundo orgánico en las épocas mas remotas. Pero este no es mas que un primer objeto de admiracion: cuando se hayan completado nuestros conocimientos sobre la inagotable variacion de los seres naturales, y nuestro espíritu se incline mas y mas ante la sabiduría ínfinita y el supremo poder del que todo lo ha sacado de la nada y todo lo ha organizado, nos quedará aun que considerar que solo á la última de las grandes series de la creacion se puede hasta el presente señalar un número ó límites al través del tiempo.

## HISTORIA

DE LA

# GEOLOGIA.

La cosmogonía mosaica en sus relaciones con la geología y con la historia crítica de esta ciencia.

### CAPITULO I.

LA naturaleza y el objeto de este tratado nos conducen á considerar la historia de los progresos de la geología bajo el doble punto de vista de los hechos conocidos y observados y de la Teología; porque los hechos no son la ciencia, no son sino los materiales que debe emplear para llegar á una concepcion, puesto que no puede haber sistematizacion rigurosa en geología por falta de principio. Pero concepcion ó sistema, es preciso que la ciencia tenga algo; y por esto tiene que haber contacto forzoso entre la geología y todas las ciencias de observacion, en primer lugar, y en definitiva, debe tambien existir este contacto con las ciencias morales. Esta es una necesidad de que ninguna ciencia puede escaparse, porque el universo fisico-intelectual y moral es un todo, un conjunto armonioso del cual no se puede formalmente tocar un punto sin conmover al mismo tiempo todos los demás. Y la geología, á causa del objeto de que se ocupa, ha podido menos que ninguna otra librarse de la necesidad de que hablamos. Y aun tal es la causa única, la causa poderosa, porque era moral, que ha dado á esta parte de los conocimientos humanos un interés tan vivo un entusiasmo que ha conducido los ánimos á campos tan opuestos y á exageraciones tan incoherentes entre sí. Es porque, en definitiva, el mundo moral está sobre el mundo fisico, y no puede consistir en perecer bajo la ruina de sus principios y de sus leyes, minadas por la pretension singular de crear el mundo fisico á expensas del mundo moral, la tierra á expensas de la vida y de los destinos de la humanidad.

Se comprende, pues, todo el interés que presenta la ciencia geológica bajo este aspecto: en efecto, mientras no se ha tratado sino de explotaciones minerales y de industria, la geología no ha hecho gran ruido; pero desde que se han querido sistematizar los hechos para sacar consecuencias, la lucha ha comenzado, y es preciso decirlo, los progresos de la ciencia han ganado en ello. Aquí, como en toda tentativa presuntuosa, los tanteos de los primeros ensayos de generalizacion han sido hostiles á la ley moral; pero á medida que el campo de la observacion se ha extendido, se ha empezado á ver claro y se ha marchado

cada vez mas hácia la armonía de la verdad, y si esta armonía no se halla todavía establecida en todos los puntos, podemos esperar que los progresos que continuaran, la acabaran bien pronto.

Estas diferentes fases del progreso de la geología son las que nos proponemos seguir. Consideraremos esta marcha bajo el doble punto de vista de la geognosia y de la geogenia, cuidando de separar con claridad en las diversas épocas los progresos reales de los errores, y mostrar el encadenamiento y las causas de estos que es la única refutacion racional, porque una vez demostrada la causa de un error, puede decirse que está destruida.

Dividiremos la Historia de la geología en tres épocas; la primera, comprenderá los tiempos que han precedido á Aristóteles; la segunda abrazará el intervalo desde Aristóteles hasta Buffon; y la tercera empezará en Buffon para llegar hasta nuestros días.

#### 1.<sup>a</sup> ÉPOCA.

Pasaremos rápidamente sobre esta primera época, que casi no es mas que la historia de las opiniones de los pueblos concebidas á priori, y unidas á sus sistemas filosóficos ó religiosos sin gran provecho para la ciencia. No lo haremos, pues, de ellas sino como memoria.

Como es imposible hablar de la geología sin tocar al sistema entero del universo, ó á la cosmogonía vemos que todos los antiguos se han visto conducidos por esto mismo, á abrazar el todo en una misma concepcion.

1. Los Caldeos se aproximaban mucho á los demás pueblos orientales en sus opiniones cosmogónicas; admitiendo una primera creacion de la tierra en medio de las aguas, creían que había existido en un principio una primavera perpétua, y que las catástrofes terrestres habían ocasionado cambios en el estado de la tierra y de las estaciones. Segun Diodoro de Sicilia, creían que la tierra estaba hueca y que por el hundimiento de algunas partes de sus concavidades se habían elevado las montañas.

Pero parece que el Asirio Belo pensaba ademas que las aguas de los mares podían elevarse sobre las mas altas montañas, por la accion continuada de los pla-

BIBLIOTECA CENTRAL

U. A. N. L.