

NOTA

sobre las

EMANACIONES VOLCÁNICAS Y METALÍFERAS,

POR

M. ELIE DE BEAUMONT.

Traducida por

DON FEDERICO DE BOTELLA,

Ingeniero Jefe de 1.ª clase del Cuerpo de Minas.



MADRID:

IMPRESA DE J. M. LAPUENTE, *Plazuela de San Miguel, número 6.*

—
1869.

El trabajo cuya traducción presento fué escrito hace algunos años por el célebre Mr. Elie de Beaumont para reunir los resultados de sus investigaciones, al explicar en su Cátedra del Colegio de Francia las Emanaciones Volcánicas y metalíferas, uno de los fenómenos mas importantes en nuestro globo. — Fruto de las meditaciones del sábio cuya grandeza de concepción abarca el conjunto de los hechos y cuyo profundo análisis logra siempre penetrar hasta sus causas, la teoría que desarrolla sobre la distribución de los cuerpos simples en nuestro planeta y sobre el modo y forma de los criaderos, á la vez que cautiva por su claridad explica admirablemente todo lo observado y se amolda tambien por completo, segun mis propias indagaciones, á nuestros importantes criaderos harto poco conocidos por desgracia. Al difundir entre nosotros tan meditado trabajo creo por tanto llenar las necesidades de cuantos en los estudios de la minería buscan algo más que el interés de observaciones aisladas y juzgo satisfacer al mismo tiempo los deseos de ilustrados industriales que en las empre-

sas mineras anhelan no solo su fortuna sino ensanchar el campo de su inteligencia con el conocimiento de los numerosos fenómenos que presencian diariamente. Escitada así la atención quizás lleguen muchos á persuadirse de la conveniencia de no dejar desapercibida ni ignorada cualquiera observacion, venciendo ese indiferentismo que nos critican los estraños aunque nazca las mas veces del sentimiento respetable de la propia modestia ó de la carencia de método para expresar debida y ordenadamente lo que vemos.—En este opúsculo encontrarán nuestros lectores la guía necesaria para vencer tal dificultad; y con idéntico objeto y á fin de generalizar en lo posible los adelantos peculiares de la geología, que no debe ya vincularse en unos pocos, me propongo publicar seguidamente varios escritos del profundísimo autor de esta NOTA, y de algunos otros sábios ilustres, esperando que allanado el campo contribuirán todos en la medida de sus fuerzas á reunir los datos indispensables para los anales de la historia natural de nuestro suelo, que por sus condiciones características está llamado á derramar vivísima luz sobre la ciencia de la tierra.

NOTA

SOBRE LAS EMANACIONES VOLCÁNICAS Y METALÍFERAS.

El interior de nuestro globo es foco inmenso cuya incesante actividad nos revelan de continuo las erupciones volcánicas y los fenómenos que con ellas se enlazan. Las primeras traen hasta la superficie por una parte lavas, rocas en fusión y todos sus accesorios; por otra, materias volatilizadas ó arrastradas al estado molecular, vapor de agua, gases como los ácidos hidroclórico, sulfúrico y carbónico; y sales como los hidrocloratos de sosa, de amoniaco, de hierro, de cobre, etc. Estas materias volatilizadas se desprenden á veces de los crateres en actividad, otras de las lavas en movimiento y tambien de las grietas próximas á los volcanes como acontece en las Estufas de Neron ó en los Geysers; les son asimilables igualmente, los surtidores de vapores calientes que, como los *Soffioni* y los *Lagonis* de la Toscana, se presentan á distancias mas ó menos considerables de esos mismos volcanes; los manantiales termales y las fuentes minerales en su mayor parte, naciendo así de las emanaciones de los focos internos del globo, masas de diversa consistencia, como el azufre y la sal de las solfataras, los depósitos de las aguas minerales, etc.

Deben distinguirse por lo tanto dos clases de productos volcánicos, unos que pueden llamarse *Volcánicos á manera de las lavas*, y los otros que son *Volcánicos á modo del azufre, de la sal amoniaco, etc.* Ambos han sido suministrados por los fenómenos eruptivos en todas las épocas de

la historia del globo; pero su naturaleza ha cambiado con el tiempo. Así, remontando el curso de los periodos geológicos véanse las *materias volcánicas á manera de las lavas* cargarse mas y mas de sílice, siendo los granitos las mas ricas como las mas remotas; y llegando en tanto las *materias volcánicas á modo del azufre*, á hacerse cada vez mas variadas. Designo el conjunto de estos productos por la denominacion de *Emanaciones volcánicas y metalíferas*, porque á ellas parecenme referirse la mayor parte de los filones metalíferos y tambien gran número de criaderos minerales lapideos.

Ambas clases de productos enteramente distintas en el estado actual de la naturaleza, éranlo mucho menos en su origen; y de aquí el pensar que cuando la superficie del globo principiò á enfriarse, los diferentes cuerpos simples se hallarian esparcidos sin órden determinado. En aquel *caos primitivo* donde nacieron las primeras masas graníticas todo al parecer debió confundirse, pero poco á poco llegaron las *materias eruptivas de la clase de las lavas* é hicieronse menos síliceas y á su vez las *emanaciones volcánicas semejantes al azufre* que encerraban en su origen casi todos los cuerpos simples, empobrecieron de mas en mas.

Llamaré un momento la atencion sobre la marcha gradual de los fenómenos químicos naturales. Tiempo há que M. de la Béche señaló el hecho notabilísimo que de los 59 ó 60 cuerpos simples, que componen hoy el repertorio de la química, 16 únicamente se hallan esparcidos en cantidades apreciables en la superficie del globo (1). Estos 16 cuerpos indicados por estrellas en la primera columna del cuadro que acompaño (cuadro en el que los cuerpos se hallan en el órden adoptado por M. Berzelius, empezando por los mas

(1) *H. T. de la Béche Researches in theoretical geology*, p. 24 y traduccion francesa de la misma obra por M. H. de Collegno, *Recherches sur la partie theorique de la geologie*, p. 16.

electro-positivos) son el *potasio*, *sódio*, *calcio*, *magnesio*, *aluminio*, *manganeso*, *hierro*, *hidrógeno*, *silicio*, *carbono*, *fósforo*, *nitrógeno*, *azufre*, *oxígeno*, *cloro* y *fluor*.

Aun cuando esparcidos en general en la superficie del globo, no suelen presentarse, sin embargo, con igual abundancia. Algunos como el manganeso, el fósforo y el fluor se encuentran rara vez en cantidad notable y al mismo tiempo otros cuerpos simples que no están comprendidos en el número de los 16 que marca M. de la Béche como mas generales se igualan casi á algunos de estos últimos. Asi segun el cuadro mismo, el *titano* se halla muy generalmente esparcido en la corteza mineral del globo terrestre pero se presenta rara vez con alguna abundancia. El *romo* y el *yodo*, tambien acompañantes habituales del cloro, son casi tan frecuentes como este aun cuando en proporciones mucho menores, y otro tanto acontece con el *selenio* que acompaña bastante á menudo el azufre.

Estas observaciones harian llegar á 20 el número de los cuerpos simples mas comunes; pero de estos 20 solo 12 ó sea una quinta parte de los cuerpos simples conocidos se encuentran frecuente y abundantemente.

Las sustancias minerales fijas y sólidas á la temperatura ordinaria, que constituyen las diversas especies de lavas producidas por los volcanes actuales, encierran 14 cuerpos simples indicados por astéricos en la segunda columna del cuadro. Estos cuerpos son el *potasio*, *sodio*, *calcio*, *magnesio*, *aluminio*, *manganeso*, *hierro*, *hidrógeno*, *silicio*, *titano*, *azufre*, *oxígeno*, *cloro* y *fluor*. Todos ellos si se exceptua el *titano* se hallan entre los 16 cuerpos simples señalados como los mas generalmente esparcidos y son cuatro únicamente los que se presentan de un modo excepcional en las lavas solidificadas, como el *azufre* y el *hidrógeno* en el ácido sulfúrico, y en el agua de la Haüyua contenida en la lava de Nierdermendig; el *cloro* en la sodalita que forma uno de los elementos esenciales de las lavas del Vesuvio; y el *fluor* en algunas laminas de mica que contienen ciertos productos

volcánicos modernos.—Pero como estos cuatro cuerpos son estraños en realidad al mayor número de las lavas puede decirse por lo tanto que solo contienen éstas, 10 de los señalados por M. de la Béche como mas frecuentemente diseminados en la superficie del globo.

Las rocas volcánicas antiguas contienen 15 cuerpos simples igualmente marcados en la tercer columna del cuadro final. Estos son los mismos que los de las rocas volcánicas actuales añadiendo el fósforo que encierra la cal fosfatada hallada aunque escasas veces, en algunas rocas volcánicas antiguas. Bajo el punto de vista de la escasez de ciertos de ellos, estos cuerpos simples pueden dar márgen á las mismas observaciones que los que contienen las rocas volcánicas actuales.

Ambas clases de rocas tienen generalmente por base feldespatos no saturados de silice y pyróxenos; en los primeros las relaciones del oxígeno que contiene el álcali, el aluminio y la silice están como los números 1 : 3 : 6 (labrador), 1 : 3 : 8 (andesina, amfigena), 1 : 3 : 9 (oligoklasa); en los segundos la relacion del oxígeno de las bases con el de la silice es como 4 : 9. Ciertos traquites únicamente contienen algunas veces granos aislados de cuarzo. En todas las rocas volcánicas hállase en cambio generalmente, hierro oxidulado titanífero que puede considerarse como un resto de base que al no poderse combinar con la silice, se combinó con cierta cantidad variable de ácido titánico en cuya relacion se encuentra siempre con grande exceso.

Como carácter general, todas estas rocas contienen un exceso de base mas ó menos considerable y por lo tanto son *básicas* ó cuando menos casi *néutras*.

La cuarta columna del cuadro se halla dedicada á las rocas cuya erupcion parece diferir de la de las rocas volcánicas por varios conceptos, y en particular por la mucha mayor escasez de las escorias; pero que se distinguen todavia por su caracter esencialmente *básico* como las serpentinatas y gran número de rocas de *trapp* en las que do-

mina el labrador. Hállanse en estas rocas como lo indica la cuarta columna del cuadro 50 cuerpos simples que comprenden los señalados en las rocas volcánicas antiguas y actuales, á los que deben añadirse el *cobalto*, *zinc*, *plomo*, *bismuto*, *cobre*, *plata*, *palladio*, *rhodio*, *ruthenio*, *iridio*, *platino*, *osmio*, *oro*, *chromo* y *arsénico*. Escasísimos son en realidad la mayor parte de estos metales y particularmente el palladio, rhodio, ruthenio, iridio, platino y osmio que se presentan únicamente al estado nativo y pudieran considerarse como meramente accidentales. Los cuerpos simples que abundan en estas rocas son, por lo comun, los mismos de las rocas volcánicas (salvo el predominio de la magnesia en las serpentinas). El carácter esencialmente básico de todas estas rocas les dá con las rocas volcánicas frecuentes analogías que han contribuido poderosamente á que los geólogos modernos admitieran su origen igneo. Puede observarse que el agua, muy escasa como elemento esencial en las rocas volcánicas modernas, de las que casi siempre se desprendió al solidificarse estas, es mas frecuente en las volcánicas antiguas, que contienen á veces zeolitas hidratadas entre sus elementos básicos, y menos escasa todavia en las rocas eruptivas básicas, pues en ellas la dialaga y la serpentina la encierran constantemente.

Para terminar la revista de las rocas eruptivas nos resta ocuparnos de las que por oposicion á las anteriores pueden considerarse como *acidíferas*, esto es aquellas en cuya composicion entran esencialmente feldespatos saturados de sílice, en los cuales las cantidades de oxígeno del álcali, de la alumina y de la sílice están como los números 1 : 5 : 12 y que contienen además por lo general granos de cuarzo diseminados. Tales son los pórfidos cuarzíferos, la diorita, la sienita, el protogino, el granito y algunas otras rocas que pueden considerarse como degeneraciones ó monstruosidades del granito, (granito de grano grueso, feldespato laminar, pegmatita, leptinita, hyalomicta y hyaloturmalita, etc.).

Considero en globo para abreviar todas estas rocas aci-

diferas y las colocó en la quinta columna del cuadro ya citado; columna que designo sencillamente como relativa al granito.

Entre los rasgos característicos que distinguen esencialmente las rocas acidíferas, debe notarse el gran número de cuerpos simples que entran en la composición ya de sus elementos esenciales, ya de los minerales que mas generalmente comprenden en mayor ó menor cantidad. Estos cuerpos simples son en número de 42 y hállanse entre ellos todos los que existen en las rocas volcánicas básicas esceptuando el platino y alguno de los metales que le acompañan constantemente (rodio, rutenio, iridio y osmio) y además los 17 siguientes: el litio, itrio, lantano, didimio, urano, estaño, carbono, boro, tántalo, niobio, pelopio, tungsteno y molibdeno.

Por efecto de la presencia de estos últimos, el número de los cuerpos simples existentes en las rocas eruptivas acidíferas es mucho mayor que el de los comprendidos en las volcánicas, y aun en las eruptivas básicas.—Este hecho es en mi juicio uno de los mas notables que presenta la distribución de los cuerpos simples en la corteza mineral del globo terrestre; y lo es tanto mas que los cuerpos simples de que se trata, no están ya al estado nativo en las rocas que los encierran y no pueden por ello considerarse hasta cierto punto accidentales, como acontece con los metales de la familia del platino en las rocas básicas, sino que generalmente se hallan oxidados y unidos en combinaciones mas ó menos complicadas, cuya naturaleza puede suministrar datos sobre los fenómenos físicos y químicos que han regido la formación de las masas que los contienen. Los diferentes minerales en que entran estos cuerpos simples se ven particularmente en las rocas ácidas mas cristalinas, como los granitos de grano grueso, las pegmatitas, las hyalomictas, etc.; lo que induce á creer si su presencia estará en relación con el hecho, tan problemático todavía, de la cristalinidad notable de estas mismas rocas.

Para apreciar debidamente esta circunstancia preciso será que consideremos la conexión que existe también entre las rocas acidíferas más cristalinas y las rocas metamórficas que las acompañan más habitualmente (gneis, esquisto micáceo, etc.); y la que hay entre las rocas acidíferas más cristalinas y una clase particular y muy numerosa de los criaderos minerales que he designado colectivamente (tomando la parte por el todo) bajo el nombre de *filones estanníferos*.

He consagrado la sexta columna del cuadro á los *filones estanníferos*, comprendiendo en esta categoría los filones, vetas y masas que contienen minerales de estaño y también las sustancias que como los minerales de tungsteno y de tántalo suelen acompañar á este metal y son en cierto modo sus representantes. Esta clase de criaderos minerales es la más rica en cuerpos simples, pues cuenta 48; esto es, los $\frac{4}{5}$ de los cuerpos simples conocidos. Entre ellos se hallan todos los que aparecen en el granito excepto el torio que falta aun y además otros siete: el *bario*, *nikel*, *cadmio*, *vanadio*, *teluro*, *antimonio* y *selenio*, de los que algunos se encontrarán acaso en los granitos, cuando se practiquen investigaciones más continuadas, y que ya en totalidad se hallan en los *filones ordinarios*.

La naturaleza especial de los *filones estanníferos* solo puede apreciarse debidamente comparándolos con los filones ordinarios esto es con aquellos que contienen los tales más usuales como el plomo, plata, cobre y hierro. He dedicado la séptima columna del cuadro á estos últimos abarcándolos con la denominación de *filones plomíferos* por ser los filones de galena argentífera el tipo que mejor los caracteriza: les he unido las masas cristalinas que contenidas en las *geodas* se hallan tan á menudo entre los amygdaloides de las rocas básicas, entre las grietas de las *Septaria* de un gran número de formaciones y en varias cavidades de los terrenos sedimentarios. Esta clase variada y numerosísima de criaderos minerales es también muy rica en cuerpos simples. Cuéntanse en ella 45 de los cuales 5, el *estroncio*, *mercurio*,

platino, *iodo* y *bromo* son los únicos que han sido señalados en los criaderos estanníferos; pero lo que la caracteriza especialmente es, por una parte la ausencia de 10 de los cuerpos simples conocidos en aquellos, el *litio*, *itrio*, *zirconio*, *cerio*, *lantano*, *didimio*, *tántalo*, *niobió*, *pelopio* y *tungsteno*, cuerpos oxidables en alto grado y cuyos óxidos representan frecuentemente el papel de ácidos, y de otra la proporción muy diferente en que los cuerpos comunes á estas dos listas se encuentran en ambas clases de criaderos; porque el *estaño* y el *molibdeno* abundan únicamente en los criaderos estanníferos en tanto que el *bario*, *plomo* y *plata* lo hacen tan solo en los filones ordinarios.

Entre los 59 cuerpos simples que figuran en el cuadro 6 solamente el *torio*, *rodio*, *rutenio*, *iridio*, *osmio* y el *azoe* no se encuentran ni en una ni en otra lista. El torio es estrechamente raro aun en los granitos, los demás cuyas combinaciones por lo comun son poco estables y se fijan con dificultad se hallan comprendidos en el número de los cuerpos que se encuentran al estado nativo.

Nuevo interés ofrece la lista de los cuerpos simples que se hallan en los filones ordinarios, cuando se compara con la de los cuerpos simples que, segun los trabajos de gran número de químicos, y particularmente los de Berzelius y los más recientes de los Sres. Bischof y Zopp, se encuentran en las aguas minerales. Consagro á esta última la octava columna del cuadro que comprende 25 cuerpos simples y no es más que el resumen de la lista de los encontrados en los filones ordinarios, porque el *azoe* es, entre los cuerpos que contiene, el único que no se halla á la vez en los filones.

Por último la lista de los cuerpos simples reconocidos en las emanaciones de los volcanes actuales no es hasta cierto punto sino el extracto de la que comprende los de los manantiales minerales. Esta lista, la novena del cuadro, consta de 19 cuerpos simples, de los que solo 3, el *cobalto*, *plomo* y *selenio*, escasísimos en verdad, faltan en la lista de los cuerpos simples que se encuentran en las aguas minerales.

Entre los 19 cuerpos simples hallados en las emanaciones de los volcanes actuales se cuentan todos los que entran en la composicion de las rocas volcánicas contemporáneas escepto el *magnesio*, el *titano* y el *fluor*. Hállanse además el *cobalto*, *plomo*, *cobre*, *carbono*, *bromo*, *arsénico*, *azoe* y *selenio*; y por estos últimos se aproxima la lista de los cuerpos simples de las emanaciones volcánicas, á la de los hallados en los manantiales minerales y en los filones, aproximacion tanto mas importante que los 11 cuerpos simples comunes á las lavas y á las emanaciones de los volcanes actuales se hallan tambien en los manantiales minerales y en los filones. Con relacion á estos cuerpos la diferencia entre las dos clases de yacimientos consiste esencialmente en el diverso estado de combinacion de los mismos cuerpos; me ocuparé luego de este último extremo pero dirigiré antes una ojeada á las tres últimas columnas del cuadro.

He dedicado la décima á los cuerpos simples que se encuentran al estado nativo en la superficie del globo; estos son 20 y parecen figurar por varios conceptos en esta lista suplementaria. Los unos como el *paladio*, *rodio*, *rutenio*, *iridio* y *platino*, se refieren todos, ó casi todos, á esta categoría, á causa de la inestabilidad de las combinaciones que pueden producir con otros cuerpos; por lo comun solo forman combinaciones estables entre si, hállanse juntos generalmente y parecen constituir en cierto modo un mundo aparte en medio del resto del mundo mineralógico. Asi se les suele designar colectivamente con el nombre de *metales de la familia del platino*. El *oro* y el *azoe* deben en gran parte el privilegio de figurar en esta columna á la inestabilidad de sus combinaciones. El *plomo*, *bismuto*, *cobre*, *mercurio*, *plata*, *carbono*, *teluro*, *antimonio*, *arsénico*, *selenio*, *azufre* y *oxigeno*, figuran tambien en esta lista pero solo en razon de circunstancias fortuitas que los han librado de las combinaciones que hubieran podido efectuar.

He indicado en la undécima columna los cuerpos simples encontrados en los aerolitos, segun las investigaciones

consignadas por Mr. Angelot en los tomos XI y XIV del *Boletín de la Sociedad geológica de Francia*. Estos cuerpos (contando solo aquellos cuya existencia se halla bien comprobada) llegan á 21. Todos ellos son ya conocidos y aun bastante difundidos en la superficie de la tierra; 15 pertenecen á los 16 que M. de la Béche señala como los mas comunes en la corteza de nuestro planeta. Falta el *fluor* pero hállanse en cambio otros cuatro cuerpos bastante comunes tambien en nuestro globo el *nikel*, *cobalto*, *cobre* y *romo*.

Por fin he dedicado la duodécima y última columna de este cuadro á indicar los cuerpos simples que componen generalmente los cuerpos orgánicos. Estos son 16 en número y precisamente los mismos 16 que indica M. de la Béche como los mas difundidos en la superficie del globo; identidad que hace ver que la superficie de la tierra contiene casi por do quier todo lo necesario á la existencia de los cuerpos organizados, dando así un nuevo y señalado ejemplo de la armonía que existe en toda la naturaleza. Hallándose todos estos 16 cuerpos en las producciones volcánicas y en las aguas minerales se vé que la naturaleza suministra no solo lo que necesitó la creacion de esta indispensable armonía, sino tambien lo que requiere para su conservacion; y á pesar del trascurso de los tiempos el globo no dejará de proveer los cuerpos organizados de todos los elementos necesarios á su existencia.

Dirigida ya la primera ojeada sobre la totalidad de esta nota entraré en un exámen detallado de los principales criaderos metalíferos y de las circunstancias que parecen revelarnos su origen.

Ya hice notar que la lista de los 19 cuerpos simples que figuran en las emanaciones de los volcanes actuales es en cierto modo compendio de la lista de los 25 reconocidos en las aguas minerales, hasta el punto de que en los 19 primeros, solo se hallan tres el *cobalto*, el *plomo* y el *selenio* que no figuran entre los citados 25, pero son tan poco abundan-

tes estos tres cuerpos en las emanaciones volcánicas que tal diferencia no merece tomarse en cuenta.

De los 25 cuerpos hallados en las aguas minerales 9 no han sido descubiertos hasta ahora en las emanaciones volcánicas, y son: el *litio*, *bario*, *estroncio*, *magnesio*, *zinc*, *fósforo*, *iodo*, *bromo* y *fluor*. Esta diferencia me parece en sí de poca importancia, pues quizás penda únicamente de que los productos de las emanaciones volcánicas no han sido objeto de análisis tan multiplicados y numerosos como las aguas minerales estudiadas por varios químicos con el mayor cuidado; y todo me hace presumir que se hallarán idénticas cuando lleguen á completarse una y otra, creyéndolo tanto mas por cuanto los cuerpos que se encuentran en estos productos se presentan física y químicamente en el mismo estado.

Así, el azufre tiene dos sistemas cristalinos, el uno propio de su cristalización por la vía húmeda y el otro que toma cuando se le deja enfriar despues de fundido; pues se observa que el que cristaliza en las grietas de los crateres de los volcanes, lo efectúa en el mismo sistema cristalino que el que depositan las aguas minerales; hecho que por los demás se explica naturalmente, puesto que en las citadas grietas se ejercita esa accion enmedio de un abundante desprendimiento de agua. El yeso tambien, cristalizado en las hendiduras de algunos crateres volcánicos, se halla hidratado como el que depositan ciertas aguas minerales. Y en suma, las materias *volcánicas á modo del azufre* son productos de la vía húmeda, como los depósitos de las aguas termales lo son del calor; estas dos clases de productos difieren únicamente por la forma esterna de los fenómenos que los traen á la superficie del globo, pero en su esencia tienen el mismo origen y no constituyen dos clases verdaderamente distintas.

Los vapores desprendidos de las lavas que se enfrian ó de las grietas de los crateres, producen á veces al condensarse hilos de agua caliente cargada de diferentes sales

que son verdaderos manantiales termales; no teniendo probablemente otro origen gran número de éstos. Proceden como las emanaciones volcánicas de una destilación ó de una sublimación natural. Gratuito fuera admitir en geología la sublimación aislada, la sublimación en seco de tal ó cual sustancia que aparece como desempeñando ese papel en algun caso particular, pues la naturaleza actual no ofrece fenómeno alguno de tal clase; pero la sublimación, la destilación, el arrastre molecular teniendo el vapor de agua ó el agua condensada por auxilio y vehículo, son hechos cuyos ejemplos abundan y que pueden haber sido mas frecuentes y variados todavía en los periodos geológicos que en nuestros dias.

A diferentes depósitos dan lugar las emanaciones volcánicas y los manantiales minerales; así los vapores desprendidos de los volcanes originan los solfatares en las que se encuentran con el *azufre*, cloruros alcalinos y metálicos, hidroclorato amoniacal, yeso y otros sulfatos, etc.; y los manantiales minerales de fuerza química menos enérgica producen sedimentos calcáreos y ferruginosos; y otros, dotados de principios mas activos depósitos silíceos ó depósitos complejos que contienen un gran número de sustancias, tales como la *barita*, *estronciana*, *ácido bórico*, *arsénico*, *fósforo*, *azufre* y *fluor*. Las mas veces solo vemos la parte de estos depósitos que se forma al exterior, aun cuando podemos observar las estalactitas y estalagmitas producidas por ciertos manantiales en diferentes grietas, y las incrustaciones que otras aguas depositan en los tubos que las conducen. Pero si nos fuera dable penetrar en los canales que siguen los manantiales minerales y las emanaciones volcánicas, los veriamos frecuentemente incrustados de depósitos análogos; y estas incrustaciones tanto por su composición como por su forma tendrian la mayor semejanza con los filones metálicos comunes, tales como aquellos en que representan un papel importante el azufre, arsénico, cuarzo, barita sulfatada y cal carbonatada. Las analogías que hemos

establecido anteriormente entre la lista de los cuerpos simples de las emanaciones volcánicas y de los manantiales termalés, y la de los que constituyen los filones ordinarios así como la semejanza de sus combinaciones conducen naturalmente á esta conclusión, que por su parte corrobora á su vez las relaciones análogas señaladas tiempo há y que existen entre los manantiales minerales, y ciertas rocas eruptivas de un lado, y de otro, entre los filones metalíferos ordinarios y las rocas de igual clase.

Una de las circunstancias que hacen creer que muchos filones no son mas que depósitos efectuados por las aguas minerales en las grietas que recorrian, es su mismo yacimiento enteramente análogo al de las citadas aguas si se considera en conjunto. Por lo comun hállanse estas últimas con especialidad en las comarcas donde tuvieron lugar erupciones volcánicas ó que cuando menos tienen su suelo trastornado y éste es precisamente el yacimiento general de los filones que agrupados en las cercanías de las rocas eruptivas se muestran particularmente en las comarcas cuyo suelo se halla quebrantado. La principal diferencia consiste en que los manantiales termalés se encuentran relacionados con rocas eruptivas modernas en tanto que los filones lo están con otras mas antiguas, pero puede seguirse de un modo mas completo el enlace de los criaderos metalíferos en general con las rocas eruptivas que el de las aguas minerales con las rocas del mismo género. Pues mas modernas éstas que aquellas otras, sus masas interiores no han podido ponerse al descubierto y al examinar la disposición de los manantiales minerales en la superficie del globo se vé facilmente, que si bien están en su mayor parte agrupados en las comarcas en que han tenido lugar erupciones modernas, no puede penetrarse sin embargo hasta el interior para observar el enlace entre los canales de los manantiales minerales y los puntos en que pueden tomar de las rocas eruptivas el calor que poseen y las materias de que están cargadas.

En cambio, los filones cuya naturaleza y estructura re-

cuerdan los depósitos de aguas minerales son mas asequibles que los depósitos formados por las aguas minerales actuales, tanto por causa de los trastornos que en muchos casos experimentó el suelo que los encierra, como por la destruccion parcial de la antigua superficie de ese mismo suelo que permite ver partes situadas antes en las profundidades y tambien por el auxilio que ofrecen al observador los trabajos de las minas que penetran en su interior. A la verdad la analogia de estos filones con los depósitos de las aguas minerales solo puede deducirse de su estudio mineralógico. Las aguas que los formaron no circulan yá, y si corren algunas, éstas no son termales; enfriados los antiguos focos, la actividad interior ha pasado á otros sitios, pero cuando aprovechando ese mismo enfriamiento se examina de un modo completo la série de los criaderos metalíferos relacionados con ciertas rocas eruptivas, se vé el enlace intimo de estos criaderos con aquellas rocas; pues no todos son filones enteramente semejantes á aquellos cuyas analogias tengo señaladas con los depósitos de las aguas minerales, los hay que contienen absolutamente los metales mismos que encierran ciertas rocas en su interior ó que se hallan en su proximidad; de modo que forman entre todos una cadena continua constituida en uno de sus extremos por los filones regulares y eslabonada por el otro con los criaderos contenidos en totalidad en las masas minerales eruptivas, ó con los situados en su contacto inmediato cuya derivacion es mas directa todavia que si se efectuase por el trasporte molecular producido por las emanaciones, ó por la accion de las aguas minerales.

Nadie ignora que los filones son grietas rellenas posteriormente pero hay que distinguir dos clases esencialmente distintas: la una formada por las materias concrecionadas que se aplicaron á ambas paredes de las grietas y que son principalmente sustancias lapideas ó *gangas* tales como el cuarzo, la barita sulfatada, la cal carbonatada, frecuentemente el espato fluor y diferentes minerales como la galena, las piritas, etc. Y la otra clase que la constituyen los filones

roqueños, como los basaltos, meláfiro y pórfidos que también se han introducido entre las grietas. Pero se diferencian ambas clases en que las primeras se componen de bandas simétricamente dispuestas, formadas por lo comun de cristales con sus puntas hácia el interior de la grieta que sirvió de origen y cuyo centro presenta frecuentemente un hueco tapizado de cristales libres, en tanto que los filones formados de rocas como el basalto ó el pórfido llenan enteramente las cavidades en que se encuentran y no presentan la disposicion en bandas simétricas sino de una manera muy poco distinta, como simple resultado de que las partes menos cristalinas de las paredes se diferencian ligeramente de las mas cristalinas del centro con las que forman continuidad.

Los filones de esta última clase pueden designarse segun su modo de formacion harto conocido, con el nombre de *filones inyectados* y distinguenese generalmente de los filones de la primera compuestos de bandas simétricas y que pueden señalarse con la denominacion de *filones concrecionados*.

En su mayor parte los filones metalíferos pertenecen á la clase de los *filones concrecionados*, aun cuando á veces son también metalíferos los filones inyectados y las masas de formas menos regulares que constituyen con frecuencia las rocas eruptivas. Así, los filones basálticos encierran casi siempre hierro oxidulado diseminado en cantidades mas ó menos considerables; y si este mineral tuviera mayor valor ó igualara siquiera bajo este concepto á los de estaño se explotaria seguramente para extraer el hierro, como lo efectuan en Suecia con la masa de trapp de *Taberg* que se beneficia como mena de hierro por las numerosas vetas de hierro oxidulado que encierra y que forman una porcion considerable del volúmen total.—Las serpentinas son también muy frecuentemente metalíferas; contienen comunmente hierro oxidulado y hierro cromatado del que son el yacimiento habitual, abundando á veces de tal manera el hierro oxidulado que comunica á la masa el magnetismo

polar; en otras, preséntase este mineral no ya diseminado en pequeñas partes, sino formando depósitos considerables como el que se explota en Cogne, en el valle de Aosta.— En varias comarcas las masas de hierro oxidulado y de hierro oligisto son tales que pueden considerarse en sí hasta como rocas eruptivas. Citaremos particularmente las de la isla de Elba que M. Pablo Savi y M. Amadeo Burat han descrito cuidadosamente (1).

Además de estos minerales de hierro que surgieron directamente por erupción del interior de la tierra, existen otros, enlazados de un modo más ó menos inmediato por su yacimiento con las rocas eruptivas, cuya formación ha debido derivarse en diverso grado de su erupción.

Las minas de hierro de los Vosgos son sobre manera instructivas bajo este punto de vista. Según se ha indicado en otro lugar (2) presentan en varios puntos masas ferríferas en relación con las masas eruptivas. En Framont especialmente, en la parte septentrional del departamento de los Vosgos, se explotan masas de hierro oligisto que M. de Belly ha descrito detalladamente y con gran claridad, y que tienen una conexión evidente con las masas de pórfido cuarzosos. Ofrece interés el observar que los criaderos de Framont, además de la barita sulfatada, cuarzo, aragonito, pirritas cobrizas y otros minerales más ó menos frecuentes en los filones ordinarios, contienen también la *fénakita* (*silicato de glucina*) que establece entre ellos y los filones estanníferos una aproximación análoga á la que existe entre los pórfidos cuarzosos y los granitos.

A alguna distancia de este punto hay filones de mineral de hierro relacionados probablemente de un modo indirecto

(1) A. Burat. Geología aplicada y teoría de los criaderos metalíferos.

(2) Explicación de la Carta geológica de Francia, t. I, p. 425, y Annales de mines, 4.^a Série, t. VII, p. 526.

con las mismas rocas eruptivas, y en otros muchos sitios de los Vosgos hay otros filones del mismo género que tienen todos probablemente un origen mas ó menos análogo al de los minerales de hierro de Framont. Así en las cercanías de Bergzabern y de Schoenau, hay filones de hierro hematites pardo que contienen al mismo tiempo plomo fosfatado, calamina, etc.

El cobre se encuentra tambien como el hierro en el interior de las rocas eruptivas ó muy próximo á las mismas: hállase á menudo en estado nativo ó en forma de piritas en las serpentinatas y en algunas rocas del trapp; y á veces acompañado de plata. Uno de los ejemplos mas bellos que pueden citarse bajo ese concepto es el de los criaderos de cobre reconocidos y descritos por el Doctor Carlos T. Jackson de Boston. Situados en las orillas del lago Superior y particularmente en Kewenah-point y en la Isla-Real, muestran el cobre diseminado en las rocas trappicas en glóbulos y en bolsas, y acompañado de granos de plata aislado en la roca ó en medio del cobre con el cual (cosa rara) no está aleada la plata. En la proximidad de estas rocas trappicas se encuentra tambien cobre y plata nativos y pirita cobriza en los filones que atraviesan las mismas rocas trappicas ó las rocas arenáceas en medio de las cuales han penetrado las primeras. Las gangas de estos, notables por su naturaleza escepcional las constituyen ya la *datholita* (cal boratada silicea), ya la epidota.

El Ural tiene tambien muchos criaderos cobrizos como los de las minas de Turjinsk, dentro ó cerca de las rocas eruptivas. El cobre nativo y los demás minerales se hallan en ellos cerca de las líneas de contacto de numerosas masas de dioritas y de calizas en medio de las cuales han penetrado las dioritas; acompañanlos en varios puntos grandes masas de granate que separan las dioritas de las calizas y que segun todas las apariencias han sido producidas por la accion de las primeras sobre las segundas.

Una de las comarcas mas interesantes en punto á criaderos metalíferos encerrados en rocas eruptivas ó en su inme-

que se halla ordinariamente en las serpentinas; M. G. Rose diato contacto, es la Toscana. Encuéntanse allí numerosos criaderos, cobrizos particularmente, explotados por los antiguos como minas de cobre. La pirita cobriza es el mineral mas generalizado; le acompañan cobre irisado, cobre nativo, cobre oxidulado y cobre gris, hallándose tambien blenda, galena, etc. Muéstranse estos minerales á veces repartidos en la roca serpentínica y formando cuerpo con ella, y en otras circunstancias colocados en el contacto de esta misma roca con las adyacentes; viéndose que fueron arrastrados por la roca serpentínica de modo á mezclarse con los detritus producidos por su erupcion y que forman en la superficie un conglomerado de rozamiento. M. Amadeo Burat ha descrito cuidadosamente estos criaderos (1).

Las rocas eruptivas, volcánicas y básicas son hasta tal punto uno de los yacimientos esenciales de los metales, que hay muchos á los que no puede asignarse en propio otro sino el de ciertas de ellas en cuya masa se encuentran diseminados. Tales son el platino y los metales que habitualmente le acompañan el *paladio*, *rodio*, *rutenio*, *iridio*, y *osmio*. Estos metales que forman en la série de los cuerpos simples una cierta familia especial, suelen encontrarse generalmente juntos y se recogen por lo comun en los terrenos de acarreo superficiales, si bien algunas veces se ha conseguido el hallarlos en sus criaderos originarios. Asi M. Boussingault ha descubierto el criadero del platino explotado en la provincia de Choco (Nueva Granada), en un filon de grünstein que atraviesa la base de las Cordilleras y en el que el platino se encuentra en granos metálicos encerrados en medio de la roca eruptiva.

Explótanse tambien aluviones platiníferos en el Ural, y segun parece el criadero primitivo del metal que contienen está en las rocas serpentinas. En los lavados de platino se encuentra en gran cantidad el hierro cromatado, mineral

(1) A. Burat. *Geologie appliquée et Theorie des gites metalliferos.*

ha señalado la existencia de granos de platino empotrados en cromo, y M. Le Play ha notado una conexión muy directa entre la disposición de los aluviones platiníferos y la de las masas serpentínicas; tanto que ha conseguido obtener platino lavando ciertas tierras que resultan de la descomposición de las masas serpentínicas. De estas parece salir el platino, pero como se encuentra en ellas excesivamente diseminado, solo se consigue recogerle en los puntos en que ha sido concentrado por efecto de un lavado natural que, separando en gran parte las sustancias acompañantes, ha dejado el platino por causa de su gran peso específico en el sitio mismo donde se efectuó la desagregación de la masa que le contenía.

El platino y los metales que le acompañan se hallan pues en las rocas eruptivas; pero se diferencian de la mayor parte de los demás metales que se encuentran también en las mismas, en que muy rara vez se le vé formar filones ú otros criaderos á la inmediación de estas rocas; y es probablemente porque el platino y los metales que le acompañan son muy fáciles de reducir al estado metálico y rara vez entran en combinaciones estables con cuerpos extraños á su familia. La facilidad con que los óxidos de cobre y de plata se reducen explica igualmente como se hallan también á menudo estos metales al estado nativo en las rocas eruptivas. No sucedería lo propio por ejemplo con el hierro, pues á una temperatura elevada oxidase necesariamente á expensas del oxígeno del agua que existe siempre en abundancia en los laboratorios volcánicos ya en vapor ya al estado líquido.

La diversidad de propiedades químicas de los diferentes metales permite pues, concebir muy fácilmente por qué el platino y los metales que le acompañan se hallan concentrados casi únicamente en las rocas eruptivas que los encierran, mientras que el hierro, cobre, plata y plomo se han esparcido por las masas en medio de las cuales han hecho erupción las rocas metalíferas, extendiéndose á veces hasta muy considerables distancias.

Hallándose todos estos metales en las rocas eruptivas y encontrándose á veces fuera de ellas en las masas que están en inmediato contacto, no cabe duda fueron introducidos en este caso por efecto de la erupcion misma de la roca que los contiene; y es esto tanto mas probable si se atiende á que, cuando se hallan en la roca eruptiva, están por lo comun concentrados particularmente cerca de la superficie, lo que parece anunciar que el fenómeno que les ha dado salida al exterior es consecuencia y continuacion del que los ha llevado primero del interior de la masa eruptiva á su periferia. Y puesto que las masas eruptivas encierran á veces metales y los introducen en los terrenos en que penetran, nada tiene de extraño se hallen á su vez metales en los filones comunes formados de sustancias concrecionadas situados al rededor de estas mismas rocas eruptivas; pues aun cuando los filones concrecionados y las rocas eruptivas forman dos clases completamente distintas, no puede negarse que hay entre ellas un enlace que se pone de manifiesto de una parte por la coordinacion de sus criaderos y de otra por la identidad misma de las sustancias metálicas que se hallan á la vez en unas y otras. Lo que induce naturalmente á creer que las sustancias metálicas que contienen los filones de incrustacion proceden en su origen de rocas eruptivas, si bien no parecen haberse introducido en el terreno enteramente del mismo modo que lo hicieran aquellas, ni tampoco como lo ejecutaron los minerales desde la roca eruptiva en las rocas inmediatamente adyacentes. Debíó ocurrir esto, probablemente, de un modo indirecto y en general por un fenómeno análogo al que suelen presentar las aguas minerales con los depósitos que dejan en sus puntos de salida y con los que forman en los canales que recorren.

En efecto si, *á priori*, se trata de explicar cómo pudo efectuarse la difusion de las sustancias metálicas al rededor de los puntos de erupcion de las rocas metalíferas, parece natural tomar en cuenta lo que acontece en los volcanes cuyas emanaciones contienen, en la actualidad, cierto número de

metales que espresamos en la novena columna del cuadro, el *hierro, manganeso, cobalto, plomo, cobre y arsénico*.

El cloruro de hierro, que pasa frecuentemente al hierro oligisto, pertenece al número de las sustancias mas abundantes en las emanaciones volcánicas actuales; el hierro oxidulado se halla comunmente diseminado en las lavas arrojadas por los volcanes y no cabe duda que ha de existir tambien en las lavas que pueden solidificarse, en las cavidades subterráneas, despues de las erupciones volcánicas. Hierro ha de depositarse, necesariamente tambien, al estado de óxido ó de cloruro en las grietas que atraviesan las emanaciones volcánicas antes de llegar á la superficie, y de aqui aquellos filones que, en el interior, se enlazan á masas eruptivas que contienen hierro.

El cobre dá lugar á conjeturas análogas tomándose en cuenta que en razon de la mayor facilidad de reduccion de su óxido, es natural aparezcan glóbulos metálicos en las rocas eruptivas de donde se desprendieran las emanaciones cupriferas. Idénticas suposiciones caben con el mismo fundamento respecto de todos los demás metales que se encuentran en las emanaciones volcánicas y de aquellos que contienen las aguas minerales; esto es, con relacion á casi todos los metales que se hallan en los filones comunes.

Son tanto mas verosimiles estos supuestos que gran número de aguas termales, no parecen mas que una forma particular de las emanaciones volcánicas, y que los filones, segun lo tengo ya espresado, presentan en su yacimiento numerosas analogías con estas, por agruparse en rededor de ciertas rocas eruptivas antiguas, en las comarcas cuyo suelo ha sido trastornado, del mismo modo que las aguas termales se agrupan á su vez al rededor de rocas eruptivas modernas y de volcanes en actividad.

Algunos manantiales termales, que son á la vez surtidores de vapor por el estilo de los que se desprenden de los volcanes en erupcion, como los *geysers* de la Islandia, tan bien estudiados por gran número de viajeros y en particular por

M. Eugenio Robert y por M. Descloiseaux, muestran muy claramente el enlace de ambas clases de fenómenos, y la hipótesis á que conducen las observaciones de M. Descloiseaux, (1) para explicar los fenómenos que presentan los geysers de la Islandia, explica igualmente del modo mas plausible la difusion de las sustancias metalíferas en derredor de los centros eruptivos.

Todas las sustancias que emanan de masas eruptivas lo efectuan al estado de vapor; pero cuando esos vapores antes de esparcirse en la atmósfera tienen que recorrer extensos canales ó largas grietas, deben necesariamente condensarse en las partes de estos conductos que se alejen mas del centro de emanacion. Y de aqui el ocurrir en la parte superior de los filones un fenómeno análogo al que ofrece el derrame de las aguas minerales por sus canales; esto es, que se han formado depósitos sobre ambos hastiales; pero en la inmediacion de las masas eruptivas con las que el filon se encuentra relacionado, todas las emanaciones debieron primeramente hallarse volatilizadas.

El suponer una volatilizacion inicial de todas las sustancias metálicas de los filones comunes, se adapta tanto mas á los hechos que en estos filones los metales propriamente dichos se encuentran con mucho menos frecuencia unidos al oxígeno que á los cuerpos simples conocidos hace tiempo con el nombre de mineralizadores, y que son el *azufre*, *selenio*, *arsénico*, *fósforo*, *antimonio*, *teluro*, *cloro*, *yodo* y *bromo*. Estos cuerpos no solo son volátiles, como el *bismuto* que les acompaña con frecuencia, sino que comunican además esta cualidad á muchos de aquellos con los que se combinan; propiedad notabilísima, que fuera extraño no representase algun papel en la produccion de los filones. Hállanse estos cuerpos á la

(1) *Bulletin de la Societé Geologique de France*, 2.^a Série, T. IV, p. 550, et *Annales de Chimie et de Physique*, 5.^a Série, T. XIX, página 444.

vez en las emanaciones volcánicas y en los manantiales termales y su frecuencia en los filones tiende á corroborar las analogías, ya señaladas, entre los filones, las emanaciones volcánicas y las aguas minerales.

Difícil es creer que en estos diversos casos no hayan representado igual papel los *mineralizadores*, pues todos estos fenómenos parecen ligarse íntimamente y la naturaleza misma de los cuerpos puestos en juego indica su enlace. De aquí el concebir las relaciones entre los filones comunes y los criaderos ya citados, en los que las sustancias metálicas se hallan, concentradas cerca de la superficie de ciertas masas minerales, constituyendo los que se han llamado con frecuencia *filones de contacto*. Las emanaciones que se desprendían del interior de las masas eruptivas arrastraron los metales volatilizables hácia la superficie; y cerca de ella, parcialmente enfriada, pudo condensarse una parte de los metales, ya en la misma roca eruptiva, ya en las por ésta atravesadas, en tanto que los demás vapores metálicos llevados á lo lejos con el vapor de agua y las sustancias mas volátiles formaban en la superficie los *geysers*, los *soffioni* y los manantiales minerales.

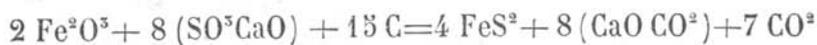
La suposición de la presencia de una gran cantidad de vapor de agua en los puntos donde tenían lugar estas sublimaciones interiores es la única que se aparta de las hipótesis generalmente admitidas; pero no contradice en nada los hechos conocidos pues solo espresa que los minerales metálicos que contienen los filones comunes puedan, en general, considerarse como *volcánicos á la manera del azufre*, inducción tanto mas natural que tal sucede en los volcanes donde todo ocurre en un medio saturado de cuerpos diferentes y en particular de vapor de agua; y tambien pasa lo propio, muy probablemente, en los manantiales minerales que son un fenómeno análogo y en cierto modo volcanes reducidos á la parte acuosa.

El aspecto metálico del mayor número de las combinaciones de los metales con los mineralizadores, y la semejanza de su aspecto con los productos de las operaciones metalúr-

gicas, parece autorizar la hipótesis de ser debidas estas combinaciones á la única accion del calor, confirmando en cierto modo el papel de agentes de volatilizacion que se atribuye á los mineralizadores. Pero debe observarse que muchas de las combinaciones, de que se trata, se descomponen frecuentemente al calentarlas, y que si ciertos sulfuros se ven indudablemente formarse ó sublimarse en los hornos de la metalúrgia, otros sulfuros, tales como las piritas de hierro, tan comunes en los filones, se forman actualmente á nuestra vista en medio de las aguas, aun cuando éstas se hallen á la temperatura ordinaria.

La esplicacion que ha dado recientemente M. Ebelmen de la formacion diaria de las piritas de hierro, hará comprender que las acciones químicas, puestas en juego, al formarse los minerales metálicos contenidos en los filones, ha dependido mas bien de las propiedades que los metales y mineralizadores presentan por la vía húmeda que de las que ofrecen en los fenómenos de la vía seca.

En muchos casos, dice este sábio, la formacion de las piritas se debe á la reaccion de las materias orgánicas en descomposicion sobre los sulfatos alcalinos ó terreos contenidos en las aguas marinas en presencia de limos ó tarquinos ferruginosos; y « la fórmula de esta reaccion (en la cual M. Ebelmen hace intervenir solamente el carbono de las materias orgánicas) sería la siguiente: »



« Los $\frac{8}{15}$ de carbono de la materia orgánica se precipitan » en estado de carbonato de cal; lo demás vuelve á la atmósfera bajo la forma de ácido carbónico y los 15 equivalentes de carbono, antes de verificarse la reaccion, abandonan 30 equivalentes de oxígeno que quedan en la atmósfera. »—La cantidad total de oxígeno contenida actualmente en el aire no llega á corresponder á un espesor de piritas de 0^m50 lo que permite suponer, como lo ha observado M. Ebelmen, que la formacion de las piritas es todavía y ha sido durante todos

los periodos geológicos, una parte importante del mecanismo empleado por la naturaleza para mantener la atmósfera en su composición normal.

Si así es, natural parece el admitir que la formación de la pirita, puede continuarse hoy todavía en grande escala en la superficie del globo y nada hay que impida el suponer que fenómenos mas ó menos análogos producen piritas en el interior de las grietas donde circulan las aguas minerales. A esto podría objetarse que salvo la glicerina ó la baregina no existe ninguna materia orgánica en las aguas termales que circulan en las profundas hendiduras de la corteza terrestre; pero conviene notar que, en el fenómeno que explica M. Ebelmen la materia orgánica tiene por único efecto poner en presencia el hierro y el azufre al estado naciente; y en las aguas que contienen hidrógeno sulfurado con sales de hierro y de otros metales son varias las reacciones que pueden tambien poner en contacto el hierro y el azufre en ese mismo estado; como lo prueban claramente las aguas termales de Chaudesaignes en el Cantal que depositan piritas.

Añadiré que probablemente las piritas de hierro no son las únicas que pueden formarse de esta manera, pues los minerales de cobre, que se explotan en el terreno permiano, se encontraron principalmente en contacto con las materias vegetales depositadas en ese terreno y estas menas son en parte piritas cobrizas. Los minerales de cobre de las cercanías de Perm, al pié occidental del Ural meridional, se encuentran muy frecuentemente, dice M. Murchison, colocados en los intersticios ó agrupados al rededor de la superficie de los tallos y ramas de vegetales fósiles (al estado de carbon). Presentan tránsitos del cobre oxidulado al *cobre sulfurado*, al *cobre gris* ó á *la pirita cobriza* y á veces á las mas hermosas variedades de la malaquita acicular verde brillante con mezcla de cristales de mena azul (*Kohlen-Salz Kupfer*) (1).

(1) Murchison, de Verneuil y Keyserling, *Russia in Europa and the Ural mountains*, T. I, p. 144.

Algunos criaderos de galena y de blenda parecerían indicar reacciones semejantes y no se alcanza por qué otros mineralizadores, además del azufre, no hubieran originado fenómenos de igual índole, tanto más que pueden citarse los esquistos cupríferos de la Thuringa como prueba de la variedad de combinaciones metálicas que han podido producirse por la vía húmeda con ó sin el concurso de sustancias orgánicas. En el Kupfer-Schiefer, se encuentran esparcidos en partículas muy finas, y á veces inapreciables á simple vista, minerales de cobre en granos cristalizados y en venillas. Son generalmente cobres piritosos, á veces cobre sulfurado, y con menos frecuencia cobre nativo, cobre gris, cobre carbonatado y cobre oxidulado. Estas menas son *argentíferas* y suelen venir acompañadas de piritas ferruginosas y á veces de minerales de zinc, plomo, cobalto, níquel, antimonio, bismuto, arsénico, venillas de espato calizo y de yeso, pequeñas geodas de cuarzo y pequeñas capas de hulla y de antracita.

Las sustancias carbonosas proceden aquí de las materias orgánicas que probablemente representaron el mismo papel que en el Ural; las pequeñas geodas de cuarzo, que solo forman una mínima parte de la masa, representan solas las gangas comunes de los filones. Pero confirma el supuesto de que reacciones químicas, como las que pudieran efectuarse por sustancias orgánicas, han debido contribuir á precipitar los minerales metálicos en las capas donde se hallan, el observar en los ejemplos citados, que se depositaron estos, sin sus gangas habituales, pero en el mismo estado de combinación que en los filones, lo que prueba que en estos se depositan por la vía húmeda.

Las sustancias metálicas suelen más frecuentemente hallarse oxidadas en ciertos filones y aun en ciertas partes de estos mismos que en otras. Este hecho bien conocido conduce á nuevas analogías con los fenómenos propios de las aguas minerales.

El globo terrestre dá lugar á emanaciones variadas que

conservan, pero en distintos grados, las señales de su alta temperatura interior y de la actividad que en ella reina todavía. Citaremos únicamente los manantiales comunes de temperatura constante y los vapores que los rodean en invierno, los surtidores de gas inflamable, las fuentes de betun, las fuentes minerales y las termales á cualquiera de las temperaturas comprendidas entre 0 y 100° centígrados, los geysers y los lagoni de la Toscana, las estufas de Neron, los vapores que salen de los volcanes en erupcion y las solfataras.

En los manantiales termales pueden distinguirse dos clases comprendiendo la primera aquellos que, como los geysers, salen de rocas eruptivas sin enfriar todavía, y abarcando la segunda los que solo deben su calor al fenómeno general de la alta temperatura interior de la tierra.

Las fuentes minerales están generalmente dispuestas por grupos, en cada uno de los cuales existen uno ó varios manantiales termales principales que pudieran considerarse como volcanes cuya facultad estuviera limitada á la de emitir emanaciones gaseosas, que, en el mayor número de los casos, solo llegan á la superficie condensadas en agua mineral ó termal. Las fuentes principales, suelen por lo comun, estar acompañadas de otras menos calientes, siendo estas últimas las mas veces aguas superficiales que, despues de haber bajado en las grietas del terreno mas ó menos desquebrajado, vuelven á subir penetradas del calor que robaron al suelo calentado por el foco mismo de la fuente termal principal ó sencillamente impregnadas del calor, creciente con la profundidad, que por do quier tiene la corteza terrestre; en cierto modo no son estos últimos sino pozos artesianos naturales.

Los brillantes trabajos de M. de Buch y los mas recientes y extensos del profesor M. Bischof han derramado muchísima luz sobre este agrupamiento de los manantiales minerales, pero respecto á este particular, que ha llegado hoy á ser un ramo importante de la geología, debo referirme á las obras de estos sábios.

Difícil sería explicar los principales manantiales termales, si se admitiese que bajan sus aguas á la profundidad que debieran alcanzar, segun el acrecentamiento del calor interior, para hallar la temperatura necesaria á reducirlos al estado de vapor, subiendo luego nuevamente á la superficie: Y lo probable es que los manantiales termales mas calientes surgen directamente de las rocas eruptivas, si bien los que los acompañan pueden considerarse como resultantes de las aguas que bajando de la superficie á las grietas vuelven á subir, bastando ese trayecto para que se carguen de muchas sustancias minerales, que contienen en gran número, aun cuando en menor cantidad que las principales.

En la formacion de los filones algo análogo ha acontecido, pues los manantiales termales de la segunda especie debieron formarse no solo en las grietas comunes sino tambien en las que rellenaron por completo las masas de los filones. Las aguas al bajar de la superficie, van cargadas de aire atmosférico y por tanto de oxígeno; pero las que se desprenden directamente del interior no tienen, al menos en igual grado, la propiedad de oxidar, esplicándose asi la circunstancia frequentísima en los filones, de que en su masa general la mayor parte de los minerales han escapado mas ó menos completamente á la accion del oxígeno. En la proximidad de la superficie, al contrario, y hasta cierta profundidad se hallan oxidados y presentan, á causa de la oxidacion del hierro, un tinte ocráceo que ha hecho designar esta parte, por los mineros alemanes, con el nombre de *Eiserner hut* (sombbrero de hierro). Ahora bien, la generalidad de este hecho prueba que los filones debieron formarse primitivamente por manantiales termales profundos; pues de haberse originado de aguas superficiales y por tanto cargadas de aire, se hubieran formado *oxidados* en vez de oxidarse luego; llegaron posteriormente los manantiales que bajaban de la superficie á cobrar calor y mineralizarse y produjeron entonces los fenómenos de oxidacion que acabamos de citar, quizás en gran parte los de epigenia, tan científicamente estudiados por

M. Haidinger, y además algunos de los trasportes moleculares que concentraron luego en ciertas zonas una parte de las riquezas metálicas.

Obsérvase en los volcanes un hecho análogo á la formación sin oxidación de los filones y á su oxidación subsiguiente: las sustancias volátiles salen generalmente no oxidadas y se oxidan al contacto de la atmósfera. Así el hierro sale al estado de cloruro y se transforma luego en hierro oligisto. El hidrógeno sulfurado se desprende de los volcanes sin inflamarse pero al contacto del aire quémase lentamente y deposita azufre ó lo hace con llama y produce ácido sulfúrico y agua. Las llamas que á veces se muestran en la boca de los volcanes son, por decirlo así, el *eiserner-hut* de un filon de hidrógeno sulfurado. Lo que acontece con las emanaciones actuales de los volcanes sucedió también en las antiguas emanaciones.

Se vé de este modo como ambos fenómenos se esplican y como el estado de los filones hace presumir que las sustancias no oxidadas, que los llenan en parte, vienen del interior de la tierra y han sido traídas por los manantiales termales principales ó por los vapores que se desprenden directamente de las rocas eruptivas no enfriadas. Si el depósito de las sustancias metálicas de los filones comunes, se debe á fenómenos que presentaron la mayor analogía, sino identidad completa, con los de las emanaciones volcánicas y manantiales minerales, también podrán compararse los filones á los fenómenos volcánicos y á los manantiales minerales con relación á las materias lapideas ó *gangas* que forman su parte esencial. La comparación bajo este último concepto no ofrece la sencillez que para las metálicas porque rara vez se ven sustancias que, respecto á las materias lapideas, representen el papel que juegan los mineralizadores con relación á los metales.— Hay algunas, sin embargo, que pueden volatilizarse con el calor de los volcanes ó ser arrastrados al estado molecular por corrientes gaseosas. Se citan cristales de piróxena sublimada sobre la superficie de una pared en contacto con las lavas del

Vesuvio que cubrieron Torre del Greco en 1794. Se sabe igualmente que los cristales de feldespato encontrados en un horno en Sangershausen (Sajonia) habian cristalizado en las grietas donde fueron arrastrados sus elementos por las corrientes gaseosas del horno; mas no parece que las materias petreas pudieran ser arrastradas de esta manera á distancias tan grandes como lo fueron los metales por los mineralizadores á no ser que tuviera lugar semejante arrastre por medio de algunos cuerpos como el fluor que hace volátiles el silicio y el boro y que pudo, segun lo hizo observar hace ya tiempo M. Daubrèe, ejercer grande influencia en la formacion de algunos filones, representando con relacion á ciertas materias petreas, un papel análogo al de los mineralizadores con respecto á los metales. Me inclino á creer que hubo sustancias á propósito para la volatilizacion de las materias petreas y aun de los silicatos y para favorecer su transporte molecular mucho mas allá de los limites que no hubieran podido franquear por la sola accion del calor, y que estas deben haber representad un gran papel en la produccion de ciertos criaderos muy notables y muy conocidos de esta clase como los filones del Oisans, del Mont Blanc, del Saint-Gothard, adonde se hallan los conocidos cristales de epidota, axinito, titano, albita, prehnita, etc.; pero sin que estos filones, que son una escepcion, den al fenómeno mayor generalidad.

M. Leopold de Buch ha observado tiempo há, que á los meláfiros acompaña por lo comun una aureola de filones caracterizados unos, por la barita sulfatada y gran número de minerales metálicos, y otros, por la epidota. Las variolitas del Drac, muy comunes en el Oisans, entran bajo este punto de vista, en la categoria de los meláfiros epidotíferos. Pero, M. de Buch con su tacto especial, ha distinguido ambas clases de emanaciones y cierto es que la epidota como casi todos los silicatos es cuando menos muy escasa en las gangas de los filones comunes, en cuya formacion poco papel tuvieron las materias petreas volatilizadas, ya por la sola accion del calor, ya por intermedio de alguna sustancia particular.

La naturaleza de las materias lapideas, en medio de las cuales se hallan los metales de los diversos criaderos que acabamos de examinar, está en perfecta armonía con las observaciones que anteceden. Cuando los metales se encuentran encerrados dentro de las rocas eruptivas, se les halla empotrados simultáneamente, y no hay sustancias concomitantes, ó sean *gangas* propiamente dichas. Cuando se encuentran en las rocas adyacentes á la roca eruptiva á veces, como en varios criaderos de Toscana, (tan bien descritos en las obras ya citadas de M. Amadée Burat) los minerales metálicos se hallan encerrados en conglomerados de rozamiento que se formaron en la superficie exterior de las masas eruptivas ó en las rocas estratificadas (*gabbró*) que se hicieron metamórficas al contacto de estas mismas rocas y entonces tampoco suelen estar acompañadas de las *gangas* propiamente dichas.

En otros puntos, las materias metálicas arrastradas desde la masa eruptiva á las masas adyacentes se hallan acompañadas de silicatos que parecen haberse formado en el momento de su introduccion; y como los silicatos son, por lo comun, productos de la vía seca pudiera estrañarse desde luego su formacion en semejantes circunstancias porque los huecos que pueden existir durante el enfriamiento en toda la superficie de una masa de rocas inyectadas son *estufas* saturadas de vapor y lo que allí pasa no se ejecuta ya por la vía seca sino en idénticas circunstancias que en las grietas del crater de un volcan, pero es que aqui la excesiva elevacion de temperatura debió permitir el que se formasen silicatos. Asi, en la mina de Turjinsck, en el Ural, observada por M. de Humboldt y M. Gustavo Rose, los minerales metálicos acompañan masas de silicatos (*granates*) formados en el contacto de la roca eruptiva (*diorita*) y las rocas sedimentarias. En ciertos criaderos particulares de la Toscana, descritos tambien por M. Amadeo Burat, los minerales metálicos penetraron en las grietas de las rocas estratificadas donde se hallan acompañados de silicatos con los cuales se han consolidado. Tales son ciertos filones cobrizos y plomizos formados á consecuencia de fe-

nómenos eruptivos operados en medio de rocas calizas. En este caso entraron en las rocas calizas, llenaron las grietas y combinándose con aquellas dieron origen á minerales particulares entre otros la yenita que es un silicato de cal y de hierro. Encuéntranse además en estos mismos filones anfíbol verde cristalizado en grupos radiados, con pirita cuprífera en el centro. Vese por lo tanto muy claramente que las circunstancias en que se hallaron estos filones fueron las mas propias para la produccion de los silicatos. La yenita y el anfíbol al formarse por la combinacion de las materias silíceas y ferruginosas de las rocas eruptivas, que contenian la sílice y el óxido de hierro necesarios, con las rocas calizas, constituyeron naturalmente bandas toscamente paralelas de modo que, por escepcion, se encuentra la disposicion en fajas que caracteriza los filones de incrustacion.

Es por lo tanto probable que las materias que debieron combinarse con los elementos del terreno para formar los silicatos se introducirían á veces en las grietas bajo la forma de rocas eruptivas; pero tambien puede suponerse lo hicieran por sublimacion; posibilidad que acabamos de hacer notar. Lo cierto es que, los fenómenos que presidieron á la formacion de estos filones, son de naturaleza especial porque las materias que componen las gangas, en estas diversas circunstancias, recuerdan las rocas eruptivas que se componen esencialmente de silicatos y estas rocas se hallan siempre á corta distancia de los criaderos metalíferos de que acabamos de ocuparnos.

Por la inversa, en los filones comunes que se extienden generalmente á grandes distancias de las rocas eruptivas, con las que parecen relacionados, los metales están acompañados de gran cantidad de sustancias petreas á las que con propiedad se llaman *gangas* y que son de naturaleza enteramente distinta de la de las rocas eruptivas. Fórmanlas á la verdad, frecuentemente, los mismos elementos de las citadas rocas, pero esa identidad de algunos de los principios constituyentes hace resaltar mas la diferencia de su naturaleza por el

estado de los elementos análogos, que se hallan separados en lugar de encontrarse combinados. Compónense las rocas eruptivas de sílice, de alumina, de diversos álcalis como la potasa y la sosa, y también de cal, magnésia y óxido de hierro. Y parte de estas sustancias entra habitualmente en la composición de las gangas de los filones comunes, aun cuando no lo hacen nunca como silicatos anhidros y pocas veces como zeolitas y cloritas ó silicatos hidratados, sino por lo general en muy diferente estado. En los filones se encuentra la sílice aislada bajo forma de cuarzo; y la cal, la magnésia y el óxido de hierro, que acompaña frecuentemente una pequeña proporción de óxido de manganeso, se presentan como carbonatos sencillos ó múltiples (*dolomia* y *brown-spath*). El hierro y manganeso se hallan también en diferentes estados de oxidación.

Las diversas formas de estas sustancias responden á las que afectan en los terrenos sedimentarios y en las aguas minerales, siendo tanto más de notar la analogía con estas últimas, que la barita sulfatada y el espato fluor, sustancias que han sido encontradas en las aguas minerales y que no se conocen de modo alguno en forma de masas eruptivas, forman también las gangas con cierta frecuencia.

La sílice, la cal, y los óxidos de hierro y manganeso contenidos, en las gangas de los filones y en las aguas minerales, no son necesariamente emanaciones de las rocas eruptivas; y pueden proceder muy bien, como lo tiene anunciado M. Bischof (1), de la descomposición de rocas atravesadas por emanaciones subterráneas ocurriendo que el fenómeno que trasportó estas sustancias, en vez de combinarlas como en las rocas eruptivas, efectuó, por el contrario, su separación y descomposición.

Las materias que acompañan á los minerales en los

(1) Bischof. *Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie*.
T. I.

filones metálicos son precisamente las que se hallan arras-tradas cuando, por vía húmeda, llegan á descomponerse los silicatos de las rocas eruptivas. La sílice existe en la mayor parte de las aguas minerales y su presencia esplica el origen de los kaolines y de las arcillas litomargas, tan frecuentes en los filones. La alumina, que no es soluble en el agua pura, ni en agua cargada de ácido carbónico, no existe habitualmente en los filones sino en los que presentan arcillas lito-margas; pues los minerales que contienen alumina en combi-nacion como ciertas zeolitas, el plomo-goma, etc., son su-mamente raros. Hállase tambien, como llevo dicho, barita sul-fatada y espato fluor, sustancias conocidas en las aguas mine-rales; y salvo algunas zeolitas no se halla potasa ni sosa que pueda haber procedido de la descomposicion de las rocas eruptivas, lo que se esplica por la escesiva solubilidad de los compuestos de estos álcalis. Actualmente figuran estas sustancias en el número de las que se encuentran en las aguas termales que llegan á la superficie, pero es preciso observar que cuando las aguas termales circulan por el in-terior de la tierra solo conservan las sales mas solubles de-positando principalmente las que lo son menos. Asi, pues constituye una nueva analogia con los depósitos de las aguas minerales la ausencia habitual de los álcalis en los filones.

Ofrece este conjunto de circunstancias, relaciones mar-cadisimas con lo que pasa en la descomposicion, por la vía húmeda, de los silicatos en la superficie de la tierra. M. Ebelmen con sus « *Recherches sur les produits de la des-composition des espèces minerales de la famille des sili-cates* » (1) ha arrojado vivisima luz sobre este particular. Examinando varias rocas que habian sufrido una descompo-sicion en contacto del aire, y entre ellas diferentes basaltos y bisilicatos, de naturaleza análoga á la piróxena como el bi-silicato de manganeso de Argel (rhodonita de M. Beudant),

(1) *Comptes-rendus*, T. XX, p. 4415.

el bisilicato de manganeso de San Marcial (Piamonte) y la bustamita de la mina de plata de Tetala (México), ha visto M. Ebelmen que en estas descomposiciones, el mineral habia perdido una parte considerable de sus principios y que el residuo, que quedaba formando una corteza exterior, habia cambiado de estado de una manera muy sensible.

Es así que, espuesto al aire un pedazo de basalto, toma comunmente una forma redondeada en la cual se distinguen varias zonas que han sufrido una evidente descomposicion, y haciendo los análisis comparativos encontró M. Ebelmen que estas rocas habian perdido principalmente parte de su silice; y que si tenian álcalis tambien habian desaparecido. En cuanto á la cal y á la magnesia faltaban igualmente, en ocasiones, en cantidades mas ó menos considerables. Hé aqui los términos en que se espresa:

1.º «En la descomposicion de los silicatos que contienen cal y magnesia, protóxido de hierro y manganeso sin tener alumina se vé constantemente que la silice, la cal y la magnesia han sido eliminadas y tienden á desaparecer enteramente por efecto de la descomposicion. Pero el hierro y la magnesia quedan, á veces, en el residuo de esta descomposicion á un estado superior de oxidacion y desaparecen en otras como las anteriores bases.»

2.º «En la descomposicion de los silicatos que contienen alumina y álcalis con ó sin las otras bases, la alumina se concentra en el residuo de la descomposicion conservando cierta cantidad de agua; las demás bases son arrastradas con gran parte de la silice, y el producto final de la descomposicion se acerca cada vez mas á un silicato de alumina hidratado. Este principio comprende como caso particular la descomposicion del feldespato y su trasformacion en kaolin (1).»

El arrastre de la silice se debe á su solubilidad, al estado naciente, en el agua pura y en el agua cargada de ácido

(1) Ebelmen, *Comptes-rendus*, T. XX, p. 1415.

carbónico; y así es que se encuentra disuelta en la mayor parte de los manantiales y sobre todo en los manantiales termales, siendo los Geysers de Irlanda ejemplo célebre.

«En las rocas de origen ígneo, se encuentran el cuarzo y silicatos complexos cuyas bases (fuera de la alumina) son potasa, sosa, cal, magnesia, hierro y manganeso. Todas las bases hállanse aquí en el mismo estado de combinacion.»

»En las formaciones sedimentarias, encontramos los mismos elementos; pero las agrupaciones moleculares han sido mucho mas sencillas, y la manera de combinarse, lejos de ser igual para todas las bases, como en las especies de los terrenos ígneos, es esencialmente variable de una base á otra, segun la energia de las afinidades de cada una de ellas.»

«En los terrenos formados por la via acuosa encontramos de nuevo la silice, bien al estado de cuarzo, como en las areniscas y molenderas, ó ya soluble en los álcalis como en la *gaise* de los Ardenas.

«La alumina se halla constantemente en combinacion con la silice y el agua en las arcillas; la cal y la magnesia están puras á veces pero las mas al estado de carbonatos y comunmente mezcladas con proporciones variables de arcillas, en las calizas margosas y en las margas. El hierro y el manganeso se encuentran igualmente al estado de peróxidos hidratados, unidos en todas proporciones con los grupos moleculares antes citados, pero aislados de toda combinacion con la silice. En cuanto á los álcalis no se hallan ya, en general, sino en leves cantidades en los terrenos formados por la via acuosa (1)» Estos quedaron en disolucion en las aguas combinadas con los ácidos carbónico, sulfúrico ó hidróclórico.—Y no es solo en los terrenos sedimentarios, receptáculo final de los materiales acarreados por las aguas, donde se hallan las diversas sustancias que acabamos de citar

(1) Ebelmen, *Comptes-rendus*, T. XX, p. 1420.

en los diferentes estados señalados por M. Ebelmen, otro tanto acontece en los filones comunes, circunstancia que, por sí sola, basta para revelar su manera de formarse y para demostrar que las materias de origen subterráneo de que se componen en gran parte son *volcánicas á modo del azufre* y no á la manera de las lavas.

Estas semejanzas, entre los materiales que constituyen los filones y los contenidos en las aguas minerales, merecen fijar tanto mas la atención cuanto que bien sea á la proximidad de los filones, ó ya en su contacto y aun á cierta distancia, las rocas presentan frecuentemente alteraciones mas ó menos marcadas y comunmente diferentes de las que resultan del contacto de las materias fundidas, pero análogas á las que experimentan las paredes de las grietas atravesadas por las emanaciones volcánicas y á las producidas por las aguas minerales y por cuyo medio se impregnan, como tan claramente lo han explicado los Sres. Bischof y Ebelmen, de parte de las sustancias que contienen.

Quizás fuera esta la ocasion de citar las arcillas bolares abigarradas producidas por los geysers de la Islandia y las analogías que presentan con diferentes terrenos veteados ó irisados, casi constantemente relacionados con depósitos de sal gemma, de yesos y dolomias; pero basta el que me refiera con respecto á estas particularidades á lo que tengo expresado en el 8.º capitulo de la «Esplication de la carte de France (1).»

Las analogías anteriormente citadas son tanto mas importantes, por aplicarse no solo á los filones comunes, cuyo tipo representan los de galeua, sino tambien á multitud de criaderos que se enlazan mas ó menos directamente con esos filones y que por otro lado se unen, muy directamente y á veces simultáneamente, á fenómenos eruptivos y á depósitos sedimentarios.

Las emanaciones de donde nacieron los filones comunes

(1) Esplication de la Carte geologique de France, T. II, p. 94.

obraron sobre las rocas con tanta mayor energía, que, á no dudarlo, debieron tener en sumo grado la tenuidad necesaria para introducirse en los mas imperceptibles intersticios. Los pequeños nidos y las pintas de sustancias metálicas que se encuentran frecuentemente en las rocas atravesadas por los filones rellenos de las mismas sustancias, ofrecen ejemplos notables de la introduccion de materias minerales por grietas ó poros harto pequeños para suponer que pudieran penetrar de otro modo que al estado de vapores ó de disolucion. Y así ha debido suceder en efecto, y aun hasta distancias á veces de mucha consideracion, pudiendo citarse como prueba los minerales análogos á los de los filones que han relleno, en los terrenos sedimentarios, los huecos dejados por conchas fósiles ú otros restos orgánicos; presentando bajo este concepto un interés especial las petrificaciones formadas por minerales de los filones, tales como la galena, barita sulfatada, cal fluatada, hierro oligisto y las piritas cupríferas, así como los minerales que rellenan las grietas de las *septaria* (cuarzo, piritas, galena, blenda, barita sulfatada, estronciana sulfatada).

También pueden citarse como ejemplos de sustancias minerales que han penetrado en cavidades en apariencia muy cerradas, las que forman núcleos de amigdaloides y llenan las grietas de las rocas básicas ó volcánicas, tales como las agatas, calcedonias, hidrofanas, opatos, zeolitas, etc. Los silicatos no hidratados se hallan excluidos de todas estas masas minerales y las analogías que hacen suponer que los filones comunes deben su origen á aguas minerales y á emanaciones volcánicas se aplican igualmente á tan variados criaderos.

Los manantiales de los tiempos antiguos debieron descomponer, como los actuales, las masas minerales, de modo que la misma relacion, que se nota entre las rocas alteradas á nuestra vista por las aguas minerales ó por las emanaciones subterráneas y las incrustaciones que se forman por los manantiales ó en las solfataras, existe á su vez con respecto á los filones metálicos, en las arcillas litomargas, los cuarzos deste-

ñidos que luego se hacen compactos ó granulares y hasta piritosos, los yesos y las dolomias epigenas. Y es hasta el punto que estos últimos no son sino masas calizas alteradas por manantiales minerales ó por emanaciones del interior; así, una montaña de dolomia epigena acribillada de pequeñas grietas tapizadas de romboedros de dolomia es un *stock-werk* de magnesia. La formacion por epigenia de grandes masas de dolomia solo puede concebirse como resultado de emanaciones que hubieran penetrado en multitud de grietas muy extensas y delgadas ó, usando las mismas espresiones que empleé hace mas de veinte años al defender las ideas emitidas por M. Leopoldo de Buch, « por gases que se desprendieron del seno de » la tierra á la salida de los meláfiros aprovechando todas las » fracturas que acababa de sufrir el suelo » (1).

El haber penetrado la barita sulfatada, la blenda y la galena en las hendiduras de multitud de *Septaria* demuestra evidentemente que la introduccion de la magnesia en grietas estrechas y ramificadas no tiene, en su esencia, nada de contrario á la naturaleza de las fuerzas que rigieron los fenómenos del reino mineral. Ocurre, con frecuencia, que las sustancias que penetran de este modo en las grietas de la corteza terrestre y particularmente las que llenaron los filones se derramaron hácia fuera, como los manantiales minerales y las emanaciones volcánicas actuales, y así se depositaron en la superficie del terreno ó se extendieron por las rocas sedimentarias que se estaban formando por la accion de las aguas exteriores; y de aquí resulta un enlace muy íntimo y á veces una continuidad completa entre los filones y los otros depósitos de incrustacion formados en el interior del suelo ya solidificado, y capas metalíferas en las cuales se encuentran diseminadas esas mismas sustancias, aun cuando, por lo comun, en menor

(1) Note sur la forme la plus ordinaire des objections relatives á l'origine attribuée á la dolomie.—Annales des sciences naturelles, T. XVIII, p. 269 (1829).

proporción. Citaré, con MM. Murchison y De Verneuil, como ejemplo de estos derrames superficiales, los minerales cupríferos del terreno permeano, al pié del Ural, originados muy verosimilmente por los mismos focos que los criaderos de cobre que encierran las rocas de dicha cadena; las menas de los esquistos cupríferos de la Thuringa que proceden probablemente de los mismos focos que una parte de los filones metálicos del Norte de Alemania; los mas de los depósitos superficiales de calamina y galena que salieron de los filones de blenda y galena de las comarcas vecinas; los minerales variados de las arkosas esparcidos en rededor de la mesa central de la France, con tanto acierto descritas por M. de Bonnard y cuyas relaciones de yacimiento ya señalé en otro lugar (1); la mayor parte de los criaderos superficiales de manganeso y de menas de hierro oolítico y pisolítico y grandes criaderos de hierro oligisto como el de la Volte; los yesos y dolomías en capas; los depósitos de estronciana sulfatada con azufre de Sicilia; en fin la estronciana sulfatada diseminada en la formación yesosa de Paris y que probablemente sale de los mismos focos que la estronciana sulfatada en filones de la creta de Mendon, de cuya forma apotoma participa y á la cual se encuentran unidos el yeso mismo de las cercanías de Paris, las margas verdes que le acompañan, las capas de cuarzo y de cal carbonatada, cristalizados de los estratos superiores de la caliza grosera con la cal fluatada que en ellas se ha encontrado, etc.; y tambien, pero menos directamente, la blenda que se halla con las piritas, en algunos lignitos, los filones de hierro, manganeso y cobalto que atraviesan las areniscas de Fontainebleau, etc.

El conjunto de hechos y relaciones que acabo de discutir inducen á considerar la mayor parte de los filones, de los verdaderos, de los mas regulares, en una palabra de los *filones de incrustacion* como habiendo sido producidos por

(1) Explication de la carte geologique de la France, T. II, p. 297.

depósitos ejecutados en las aguas que corrian en las grietas de la corteza terrestre, ya al estado líquido ó al estado de vapor. Opinión que seguramente no es nueva y que tiene grandes relaciones con la que servia á Werner de fundamento para su teoría de los filones.

Werner, en efecto, suponía que los filones son grietas rellenas, cosa hoy generalmente admitida; suponía además, que las sustancias que constituyen los filones habian sido depositadas por la acción de las aguas, lo que tambien parece verdad en el mayor número de casos en cuanto á los filones incrustados formados de fajas paralelas; y creía en fin que estas aguas habian formado en la superficie del suelo *disoluciones supericumbentes* que penetraron en las grietas rellenas por los filones. En este último punto difiere de la opinión de Werner, pues si bien se admite con él que las sustancias minerales fueron depositadas por la acción de las aguas y que los filones rellenan las grietas, no se cree que haya sido por disoluciones supericumbentes: sino que se admite, por la inversa, que las sustancias esparcidas en la superficie vinieron del interior de la tierra; que fueron arrastradas bien por aguas minerales ó bien á veces por vapores acuosos, que se depositaron en parte en las grietas por que pasaban esas emanaciones, y que solo el sobrante de lo que penetró en las grietas y se fijó en ellas, en parte, se esparció en las aguas superficiales y fué finalmente depositado por las mismas. La disolución pierde fuerza al alejarse del foco de donde procede en tanto que, en la hipótesis de Werner, en las grietas se halla á lo sumo con la misma concentración que en la superficie. Amóldase mucho mejor este punto de vista con los hechos conocidos respecto á los filones y marca perfectamente la relación que existe entre estos y multitud de criaderos metalíferos que se encuentran esparcidos por la superficie del globo. Todos estos fenómenos que se eslabonan y esplican naturalmente de admitirse que las sustancias contenidas en los filones son *volcánicas á manera del azufre*, serian otros tantos enigmas inesplicables si se quisiera sostener que

son *volcánicas como las lavas* y en este último caso no podrían concebirse los hechos mas sencillos y mas comunmente observados.

Se citan con frecuencia las agatas, las calcedonias, los cristales de cuarzo hyalino y de amatista, que existen en las cavidades de las amygdaloides, como prueba del origen igneo de todas estas sustancias; á lo que, sin embargo, puede contestarse que estas mismas sustancias se encuentran reunidas en las geodas de caliza silicea de Champigny, cerca de Paris, y en las que presentan con bastante frecuencia la sílice de la creta tobacea cerca de Rouen y del Havre.

Si las geodas de agata y de cuarzo de los amygdaloides procedieran de cantidades de sílice que hubiesen estado en fusion al mismo tiempo que la roca que las contiene, se explicaría con dificultad por qué se hallan estas geodas casi exclusivamente en rocas que tienen por base un feldespato con exceso de álcali. Pero si se admite, por la inversa, que se formaron estas geodas por infiltracion, se concibe facilmente el origen del cuarzo, tomando en cuenta que las rocas básicas han sido mas fáciles de descomponer por aguas y vapores ácidos que otras rocas sobre saturadas de sílice y que por lo tanto, aun cuando menos cargadas de sílice, la han suministrado más fácilmente. De idéntica manera puede explicarse el origen de los hidrófanos contenidos en las grietas de las serpentinas del monte Munster cerca de Turin, la de los opalos que se hallan en los conglomerados traquíticos y la falta de sustancias análogas en los pórfidos cuarzíferos y en los granitos. Las vetas de cuarzo de los granitos tienen otros caracteres que indican diferente origen.

Muchos geólogos se inclinan á creer que todos los filones se rellenaron por la inyeccion de materias fundidas. Dificil es sin embargo admitir que cristales de cuarzo que contienen gotitas formadas de dos líquidos aceitosos de los cuales el uno es volátil á la temperatura de 27° centígrados hayan cristalizado en un baño de cuarzo en fusion y obsérvese que no solo entra el cuarzo en las gangas de la mayor parte de los

filones sino tampoco es raro el encontrarle allí con glóbulos líquidos. Además si siempre hubiesen sido inyecciones fundidas las que rellenaron los filones ¿cómo podrían explicarse, entre otros, los filones compuestos de fajas alternantes de hierro espático y cuarzo?

Por la inversa, la hipótesis que atribuye los filones metálicos comunes á emanaciones en forma de vapores ó de aguas minerales permite explicar los hechos mas variados que presentan los filones, v. g. el desarrollo de las afinidades químicas, cuya influencia se ha observado, tiempo há, en la manera de asociarse los metales. Las sustancias que comunmente se hallan reunidas tienen muchas relaciones entre si y con frecuencia propiedades enteramente análogas. El níquel y el cobalto que se encuentran á menudo juntos, presentan las mayores relaciones en todas sus propiedades; otro tanto acontece al hierro y manganeso y al antimonio con el arsénico. La plata y el plomo tienen muchas conexiones y están casi constantemente asociados en los filones. Rara vez se halla plata que no tenga plomo como no sea en el caso único de encontrarse aquella en estado nativo ó en el de cloruro, que son los dos estados de la plata que difieren mas de sus correspondientes en el plomo. Mas raro todavía es hallar plomo que no sea argentífero, porque la mena de plomo mas comun es el plomo sulfurado, cuyas propiedades son muy análogas á las del sulfuro de plata. El plomo y el zinc, cuyos sulfuros tienen propiedades análogas, se encuentran generalmente unidos bajo la forma de galena y blenda; y por fin acontece lo mismo en toda la gran familia de los metales que entran en los filones estanníferos, el estaño, tungsteno, tántalo, niobio, pelopio, etc., etc.

La division de los filones en dos grandes clases de las que una contiene habitualmente numerosos cuerpos simples desconocidos ó muy raros en la otra, está en completa relacion con la hipótesis de que los filones se formaron en circunstancias que permitieron á las afinidades químicas el desplegar su accion con entera libertad; y evidencia tanto mas la in-

fluencia de las acciones químicas sobre la formación de los criaderos metalíferos, el notar que se enlazan ambas clases con otras dos grandes clases de rocas cuya composición química presenta diferencias que están en relación con las de aquellas.

Existe, en efecto, una conexión, que no cabe desconocer, entre la naturaleza de los filones y la de las rocas eruptivas en cuya proximidad se hallan y con las que se encuentran enlazados: Los filones comunes, que también he llamado plomíferos por ser su tipo los de galenas argentíferas, se relacionan con frecuencia á las rocas básicas; caracterizándolos especialmente el papel que allí juegan los mineralizadores y la carencia de silicatos anhidros; contienen menos minerales y cuerpos simples que los filones estanníferos directamente ligados á los granitos y á otras rocas eruptivas cargadas de un exceso de ácido silíceo. Podría presentar muchos ejemplos de este hecho pero me limitaré á los que ofrece Inglaterra.

En distintas localidades de Inglaterra se encuentran filones en gran número: en el Cornwall preséntase una primera série en la cual se explotan minerales de estaño, enlazados íntimamente con rocas graníticas, y conteniendo mucha mayor variedad de sustancias minerales que los otros filones posteriores.

La segunda série la componen los filones que se explotan como menas de cobre: contienen principalmente piritas cuprífera, cobre sulfurado, cobre oxidado, cobre nativo y fosfatos y arseniados de cobre. Estos filones que, á veces, son solo una prolongación de los anteriores se enlazan todavía, si bien menos directamente con los granitos de los que sin embargo, se hallan, con frecuencia, bastante separados.

Filones cruceros, se llaman los filones de la tercera série, porque cortan, por lo común, los demás y les son posteriores; contienen minerales de plomo y de cobalto, sulfuro de antimonio, plata negra y plata nativa.

Hay por último otra série de depósitos metalíferos en el Cornwall y el Devonshire que son los que contienen solo manganeso; estos penetran en la nueva arenisca roja; hasta la que no se vé lleguen nunca los filones de plomo ni los de cobre, y mucho menos los de estaño.

Estos diversos filones, formáronse, al parecer, sucesivamente en épocas mas ó menos lejanas, viéndose disminuir la cantidad de las sustancias minerales y cambiar su naturaleza al llegar á épocas cada vez mas modernas, esto es á épocas que se alejan mas de las erupciones graníticas, que sin duda fueron el punto de partida, del mayor número, cuando menos, de estos filones. Y digo el mayor número porque ciertas rocas trápicas pudieron ser el punto de partida de algunos otros pero diferéncianse los filones que se hallan relacionados con las rocas trápicas y los que lo están con las graníticas. Los primeros, de los cuales nos presentan numerosos ejemplos el Cumberland y el Debyshire, donde se enlazan con las *toadstones* y las *Whinstones*, comprenden mucha menor variedad de sustancias minerales, son mucho mas ricos en cuerpos simples y particularmente en metales, que los que se enlazan directamente con los granitos y demás rocas eruptivas cargadas de un exceso de ácido silícico.

En el Cornwall y en Sajonia, donde los granitos y pórfidos cuarzosos han sido los centros principales de emanaciones metalíferas, se notan filones de ambas clases cuya separacion sin ser absoluta ha sido ya marcada hace tiempo. Allí, entre los que parecen enlazarse con las rocas en que está la sílice en exceso, los mas recientes son los únicos cuya composicion corresponde á los de las rocas néutras ó básicas; y los relacionados con las masas graníticas no son igualmente ricos en cuerpos simples, empobreciéndose visiblemente, ó ellos ó porciones de ellos, á medida que se apartan mas de esas masas, acabando así por reducirse al grado de riqueza de las emanaciones de las rocas básicas de tal manera, que los últimos filones emanantes de los granitos se confunden con los mas

modernos de las rocas básicas hasta el punto que no puede decidirse si proceden realmente de los primeros ó si lo hicieron de masas básicas sepultadas por bajo.

Distínguense así dos clases de comarcas metalíferas, unas en que tuvieron lugar las erupciones de rocas graníticas y que contienen todos los minerales que indiqué las acompañaban; y las otras cuyas riquezas dimanen de rocas eruptivas, volcánicas y básicas. Los filones de estaño solo comprenden el final de la série de emanaciones metalíferas; no contienen mas que 43 cuerpos simples y aun así algunos de éstos por su escasez pueden figurar únicamente como recuerdo; tales son el *estaño*, tan escaso en ellos como el plomo en los minerales diseminados en el granito; el *paladio*, del que solo se hace mérito con motivo del paladio seleniado del Hartz; el *boro*, señalado á causa de las turmalinas encerradas en las dolomias del San Góthardo y de la boracita que contienen ciertos yesos; y el *molibdeno*, representado únicamente por el plomo molibdatado. Estos filones no contienen mas que silicatos hidratados, tales como la laumonita, la harmotoma y otras varias zeolitas, el silicato de zinc hidratado (calamina) y ciertas cloritas. Haremos notar además que el *aluminio* solo existe, al estado de combinacion, en las zeolitas, en las cloritas, en el plomo-goma y en algunos otros minerales que pueden considerarse como resultado de descomposiciones; y tambien bajo una forma, en cierto modo, mecánica como en las arcillas litomargas. Su ausencia coincide con la falta de los silicatos anhidros.

De los 38 cuerpos simples restantes, no todos se hallan allí igualmente diseminados. Entre los mas frecuentes pueden citarse el *bario*, *estroncio*, *zinc*, *plomo*, *cobre*, *mercurio*, *plata*, *carbono*, *teluro*, y *antimonio*, que son 10 cuerpos mucho mas escasos y algunos hasta desconocidos en los granitos y en los filones estanníferos.—El papel importante de los *mineralizadores* y la *ausencia* de los silicatos anhidros, caracterizan sobre todo los filones comunes.

En los filones estanníferos su accion es menos preponde-

rante. Las gangas, no siendo la silice, escasean mas, y son mas frecuentes los silicatos anhidros. Por fin estos filones, ó mas bien, la clase muy extensa de criaderos metalíferos, de los que los filones estanníferos forman únicamente una parte, se distingue por la gran variedad de los minerales que encierra. Segun lo demuestra la 9.^a columna del cuadro que acompaña á esta nota, es la clase de criaderos metalíferos mas rica en cuerpos simples. Contiene 48 y estos cuerpos, que no existen todos juntos y que se sustituyen frecuentemente unos á otros, gozan en parte de propiedades análogas. Son, los mas, muy ávidos de oxígeno, y en igualdad de circunstancias se encuentran mas á menudo oxidados que combinados con los mineralizadores; lo que no sucede con los metales que se hallan en los filones comunes. Los óxidos de muchos de estos cuerpos gozan de propiedades ácidas y se aproximan, bajo este concepto, á la silice, haciéndose así tanto mas notable la riqueza en silice de estos mismos criaderos y sus relaciones constantes con los granitos, que son, entre todas las rocas eruptivas, las mas ricas en silice.

Estos criaderos se enlazan muy de cerca con el granito, y su modo de formarse tuvo necesariamente las mayores relaciones con el de las masas de este género. Pero además del enlace que resulta por multiplicados puntos, existe todavia el que establece la marcada semejanza (columna 5 y 6) entre las listas respectivas de los cuerpos simples contenidos: pues estas dos clases de criaderos y la de los filones comunes son las que los comprenden en mayor número; si bien gran parte de los cuerpos simples que se encuentran en los filones comunes, se hallan, como lo muestran las columnas 8 y 9, en los manantiales minerales y en las emanaciones volcánicas, en tanto que de los comunes á los granitos y filones estanníferos, algunos no se encuentran en ningun otro sitio, y los mas si lo hacen es en escasa y pequeñísima cantidad. Parece pues como si hubiera habido una especie de concentracion en la primera corteza del globo terrestre de multitud de cuerpos simples y como

si desde su formacion existiera una causa que propendió á retirar gran número de estos de la circulacion.

Los criaderos que designo bajo el titulo de *filones estanníferos* (tomando, como lo anuncié, la parte por el todo) suelen contener los 42 cuerpos simples que encierra el granito, menos el *torio*, que no he visto todavía indicado y, que es tambien muy escaso en los mismos granitos. Se hallan, como en éste último, el *litio*, *itrio*, *glucinio*, *zirconio*, *cerio*, *lantano*, *didimio*, *tántalo*, *niobio*, *pelopio*, *estaño*, *tungsteno* y *molibdeno*; y citanse además siete cuerpos simples: el *bario*, *nikel*, *cadmio*, *vanadio*, *teluro*, *antimonio* y *selenio* conocidos por hallarse con bastante frecuencia en los filones comunes, pero que no se han citado todavía en los granitos. Estos siete últimos cuerpos son todos muy escasos en los filones estanníferos y si varios de entre ellos, no se han descubierto todavía en las rocas granitóides, pende quizás del modo de concentracion seguido por la naturaleza, en la formacion de los criaderos estanníferos. Los 41 cuerpos simples, comunes á las rocas graníticas y á los filones estanníferos, están mucho mas esparcidos y son mas característicos; su existencia predominante en ambas clases indica que hay entre ellos muy íntimos enlaces y analogías.

Estos se manifiestan mejor al examinar en qué se diferencian por su contenido los filones de la segunda clase de los *estanníferos*. Los cuerpos simples son notablemente menos numerosos en los filones ordinarios y en las geodas de las rocas básicas ó volcánicas que en los filones estanníferos, en los que solo se cuentan 43 de aquellos. Algunos metales como el *oro*, *plata* y *paladio* se encuentran en todos ellos, ciertos otros como el *estroncio* se hallan en los filones comunes y son todavía desconocidos en los estanníferos; pero no es imposible se descubran mas tarde en estos últimos. Distingúense principalmente los primeros por la falta de la mayor parte de los cuerpos simples que forman el atributo distintivo de los granitos, y depende en efecto la mayor riqueza de los filones estanníferos de las relaciones que tienen con los granitos,

marcando su carácter distintivo el comprender todos los cuerpos simples que se encuentran en aquellos (salvo únicamente el torio).—

El enlace que nos revelan estas comparaciones entre los filones estanníferos y los granitos de un lado, y entre los filones estanníferos y los filones comunes por otro, es un hecho importante que demuestra que el estudio del origen del granito es el complemento indispensable del origen de los filones comunes y que su formación debe haber presentado un carácter intermedio entre al origen de los filones comunes y el de las rocas eruptivas volcánicas y básicas.

El granito, particularmente cuando degenera en ciertas rocas que son sus degradaciones ó monstruosidades, suele contener multitud de minerales cristalizados que no se hallan casi nunca en otra parte, como no sea en las rocas metamórficas que le están intimamente ligadas y en los criaderos estanníferos. Tales son la turmalina, el zircon, el estaño oxidado, el wolfran, la tantalita, etc. Estos minerales contienen también ciertos cuerpos simples desconocidos en otras partes y que han dejado, hasta las épocas geológicas recientes, de formar en el repertorio de los cuerpos simples empleados en el laboratorio de la naturaleza: tales son el *torio*, *itrio*, *tántalo*, *niobio* y *pelopio*; y contienen además algunos otros como el *glucinio*, *zirconio*, *cerio*, *lántano*, *didimio*, *urano*, *estaño*, *tungsteno* y *molibdeno*, que aun cuando se hallan á veces en otras partes, parecen tener, como los criaderos estanníferos, su yacimiento predilecto en el granito y en las rocas metamórficas concomitantes de los que se salen casi tan rara vez, como el platino y sus satélites de las rocas eruptivas básicas.

El *torio* solo ha sido hallado en el granito y en las rocas metamórficas concomitantes sin que siga hasta los criaderos estanníferos.

El *zirconio* se encuentra en el zircon empotrado en medio de ciertos basaltos pero es al parecer de un modo accidental y como elemento arrancado de los granitos que son su yaci-

miento verdadero, hallándose tambien la zircona en los granitos unida á varios otros minerales.

El *estaño*, *tungsteno*, *molibdeno* y *urano* salen únicamente, por descuido al parecer y en pequenísima cantidad, de los granitos, de las rocas metamórficas concomitentes y de los criaderos estanníferos. Allí tienen todos estos cuerpos, en cierto modo, su cuartel general y no hacen en lo restante del mundo mineral mas que escasas y furtivas escursiones.

Algunos otros cuerpos simples, aunque muy generalmente esparcidos, se presentan sin embargo en los granitos, en las rocas metamórficas concomitentes y en los criaderos estanníferos en mucha mas abundancia que en cualquiera otra parte, y con formas especiales que no toman en ningun otro yacimiento. Hallándose v. g. en mucho mayor número de minerales, lo que demuestra que, en las circunstancias en que se formó el granito, se encontraron en condiciones mas adecuadas para desarrollar todas sus afinidades y para constituir todas las combinaciones en que pueden entrar.

Así el *litio* se encuentra en algunas aguas minerales, pero pocas veces y en corta cantidad, y por lo demás solo se ha descubierto en los minerales contenidos en las rocas graníticas, en las metamórficas y en los criaderos estanníferos.

El *titano* se halla en multitud de rocas; es uno de los cuerpos simples mas comunes y de los que pueden servir de enlace entre las rocas volcánicas y las rocas cristalinas antiguas; pero en las volcánicas solo se halla en estado de hierro titinado mientras que forma gran número de minerales en las segundas.

El *cerio*, que presenta analogías en sus propiedades químicas con el manganeso, se encuentra principalmente en los granitos y yacimientos concomitentes, en los cuales entra en multitud de minerales desconocidos en otros lugares.

El *boro* se vé en las emanaciones volcánicas actuales y en las rocas graníticas, y es uno de los cuerpos que pueden servir de enlace entre los fenómenos antiguos y los

recientes; pero se halla mas comunmente y en mayor abundancia en las rocas cristalinas antiguas, donde las turmalinas que contienen boro son mas frecuentes.

El *fluor* apenas hace papel alguno en los volcanes; se encuentra en las aguas minerales y en los filones bajo la forma de la cal fluatada pero se vé que debió representar gran papel en los antiguos fenómenos de cristalización porque muchos compuestos que contienen cuerpos simples propios de los terrenos graníticos contienen á la vez el fluor.

El *fósforo* contenido en el fosfato de cal se encuentra en las aguas minerales y en la tierra vegetal, que lo suministran diariamente á los cuerpos orgánicos y se halla esparcido con los huesos, conchas y demás restos orgánicos en todas las rocas sedimentarias; pero el criadero esencial de la cal fosfatada cristalizada, es en medio de los granitos y en los criaderos estanníferos, donde el ácido fosfórico se halla además en el manganeso fosfatado y en varios otros minerales.

El *carbono* se presenta en circunstancias bastante análogas á las del fósforo. Entra, como parte principal ó cuando menos notable, en la composición de los seres orgánicos que lo toman del ácido carbónico de la atmósfera en la cual lo vierten constantemente las emanaciones volcánicas y los manantiales minerales. Se encuentra en medio de las rocas sedimentarias y metamórficas en forma de combustibles minerales y de grafito, que deben su origen á restos orgánicos, y entra en la composición de los carbonatos que proceden ó de restos orgánicos ó de manantiales minerales; pero no tiene independientemente de los seres organizados y de las emanaciones subterráneas mas criaderos que las rocas cristalinas antiguas; pues es muy probable que el criadero originario del diamante, que todavía no se conoce con toda certeza, se encuentra en algunas rocas granitoides muy ricas en minerales cristalizados y que son el yacimiento ordinario de la mayor parte de las piedras preciosas.

Todos estos cuerpos, tan notables por la fuerza de la acción cristalina que presidió á su formación, figuran bajo esta

forma particular en el número de los minerales que caracterizan los granitos.

Si la concentración de ciertos cuerpos simples en el granito se limitase á cuerpos generalmente escasos y poco conocidos, como alguno de los que acabamos de indicar, podría llamarse una estravagancia de la naturaleza, suponiendo que tal concepto pudiera admitirse en la ciencia; pero un fenómeno análogo ocurre con los cuerpos muy esparcidos en el reino mineral y aun en el reino orgánico, particularmente con respecto al potásio.

El *potásio* y el *sódio* se encuentran en todas las columnas del cuadro unido á esta nota, menos en la de los metales nativos; pero debe notarse, que no están en la misma proporción; que el potasio proporcionalmente abunda mas en las rocas graníticas que en las volcánicas actuales ó antiguas; y que lo sustituye con frecuencia el sódio en las rocas volcánicas. La sosa igualmente es mas abundante que la potasa en las aguas minerales actuales y en las emanaciones volcánicas. Asi pues, casi análogo papel representaron el potásio y el sódio pero el primero hizo en edades mas remotas lo que el último en épocas mas modernas. La potasa tiene mas afinidades que la sosa con la mayor parte de los ácidos y especialmente con la sílice; y los silicatos potásicos son mas estables que los silicatos sódicos. Explicándose asi, el que las aguas termales, descomponiendo las rocas que atraviesan en el interior de la tierra, disuelvan mas bien la sosa que la potasa, y el que el potasio se concentrara con preferencia al sódio en la corteza granítica del globo terrestre, que al parecer fué la primera costra enfriada que pudo formarse en la superficie del globo en fusion.—

Por último, ocurre con el *silicio* el mismo fenómeno de concentración en los granitos, pues al examinar las diferentes clases de rocas eruptivas se las llega á dividir en rocas formadas principalmente de feldespatos sin sílice, y en rocas escesivamente silicatadas, siendo estas los granitos en que el feldespato se halla saturado de sílice y que llegan hasta

contenerle en exceso y libre; de donde resulta, que los granitos y todas las rocas á que se refiere colectivamente la 5.^a columna del cuadro, se distinguen esencialmente de las demás rocas eruptivas por contener la silice en mucho mayor proporción.—

Esto último, demuestra que la concentracion de cierto número de cuerpos simples en los granitos y en los criaderos concomitantes, debe relacionarse con las circunstancias mas características de su formacion; y es tanto mas probable, que ciertas propiedades son comunes á la mayor parte de dichos cuerpos simples: asi, casi todos ellos son muy ávidos de oxígeno, de modo que, en igualdad de circunstancias, se hallan oxidados mas frecuentemente que los metales que de preferencia suelen encontrarse en los filones generales y ofrecen menos combinaciones con los mineralizadores.— *Al oxidarse producen sustancias alcalinas mas ó menos análogas á la potasa ó bien ácidos débiles que se relacionan en diversos grados con la silice.* Todo pues induce á creer, que fué una causa misma y especialísima la que concentró estos cuerpos en el granito y en los criaderos concomitantes de un modo tan particular.

La accion de esta causa, sea la que fuere, se revela además por las diferencias entre los efectos metamórficos que acompañaron la inyeccion del granito y la de la mayor parte de las demás rocas eruptivas, al atravesar las rocas preexistentes. A veces, limitase la influencia del granito, como la del basalto ó del pórfido á las consecuencias de una elevacion de temperatura considerable, pero generalmente harto débil para fundir las rocas metamorfasadas que han conservado casi siempre su estratificacion primitiva; pero en gran número de casos, los efectos metamórficos del granito, sin indicar una temperatura capaz de fundir las rocas que conservaron su estratificacion, manifiestan una extraordinaria energia de accion química y cristalina, y derivan de tal manera de la accion granítica y de la que produce en el granito su propia cristalinidad, que vana acompañados de la mayor parte de los

cuerpos simples y minerales característicos de los granitos.—

Tan evidente es el origen granítico de estos minerales que no he titubeado en colocar en la 3.^a columna del cuadro, los elementos de todos los que se hallan en las rocas metamórficas, cuyo metamorfismo fué causado por el granito; aquellos en una palabra, que, según la oportunísima expresión de M. de Humboldt, se hallan comprendidos en la *penumbra del granito* y de las rocas graníticas.—A mi juicio entran, en esta clase, los muy diversos minerales diseminados en los esquistos micáceos y por esto comprendo en ellos la espinela zincífera de los esquistos talcosos del falhun, el oro nativo de ciertas micacitas, la plata que este oro encierra bajo forma de aleación, etc.; lo que me autoriza también para comprender entre los cuerpos simples que acompañan á las rocas graníticas, el zinc, el plomo y el oro.—

Los minerales que contienen esos numerosos cuerpos simples que señalé como atributo especial de los granitos, se hallan de este modo concentrados en la zona en que ejerció especialmente su enérgica acción la causa de la cristalización del granito; y su presencia es uno de los marcadísimos testimonios de la manera de obrar de una porción de agentes que podrían designarse con el nombre de *aura granítica* al querer expresar únicamente las vagas nociones que revela el primer aspecto de los fenómenos. Pero si penetrando más adelante se intenta analizarlos por completo, se observa entonces que, los minerales conteniendo este número de cuerpos, no están arbitrariamente diseminados en todas las partes de esas masas graníticas pero se concentran en determinados puntos y particularmente hacia la superficie. Así es como se hallan comunmente concentrados los minerales de estaño, no solo en la primer corteza del globo, sino también en la costra de esta corteza y en las ramificaciones que formó en las masas á través de las cuales fué impelida por los agentes eruptivos. Se observa además que se distinguen estas partes del resto de las masas tanto por su posición excéntrica como también por la excentri-

cidad de su composicion y estructura. Y así muestránse á veces mas cristalinas que las demás (granitos de grandes fragmentos, pegmatitas); y con mas frecuencia son estremadamente cuarzosas, hasta llegar, bajo este punto de vista, á verdaderas monstruosidades del granito (hya-lomicta, hyaloturmalita, cuarzo en masa). Hay por lo tanto fundamento para creer que, sea la que quiera, la accion que concentró en los límites de las masas graníticas, las riquezas minerales y la superabundancia de cuarzo ya citada, fué únicamente la aplicacion mas enérgica de la causa general á que deben los granitos el ser mas ricos en silice que la mayor parte de las otras rocas eruptivas y el distinguirse de estas últimas por una cristalinidad especial. En esta zona exterior, en esta *penumbra del granito*, segun la oportunitisima espresion de M. de Humboldt, es donde la causa á que debe su cristalinidad y su riqueza en silice el granito, obró con todo su poder, y en ella es donde con mejor éxito puede buscarse el secreto de su accion.—

No puede dudarse del origen eruptivo de los granitos; pruébanlo incontrastablemente las ramificaciones en forma de filones ó columnas irregulares que se desprenden de la mayor parte de sus masas; los fragmentos de rocas preexistentes empotrados y las modificaciones que esperimentaron frecuentemente las rocas preexistentes en medio de las cuales fueron inyectadas, prueban igualmente la temperatura elevada en que se hallaban en el momento de su erupcion.

La cuestion consiste hoy, particularmente, en determinar las *diferencias* que debieron existir entre el modo de erupcion del granito y el de las rocas que se le aproximan mas por su composicion; diferencias que deben relacionarse con la cristalinidad particular de los granitos y con todas las demás circunstancias que les son propias.—

Que existieron esas diferencias esenciales en el modo de erupcion es indudable, pues rara vez tienen los filones de granito la regularidad y la extension que ofrecen habitualmente los de basalto y de pórfidos cuarzosos; no los acompañan

nunca escorias ni rocas vitreas y rara vez se ven en ellos conglomerados que puedan compararse con los conglomerados basálticos, traquíticos y porfídicos. En vano se intentaría explicarlo diciendo que es el granito producto de erupciones, *interiores* que rellenaron inmensas cavidades colocadas en el espesor de la costra terrestre á grandísimas profundidades; pues si bien las erupciones graníticas pudieron rellenar á veces grandes huecos subterráneos producidos por las dislocaciones de esta corteza, la profundidad que pudieron alcanzar no tiene en este fenómeno, mas que una influencia muy secundaria, comprobándolo la disposición de los criaderos estanníferos que acompañan á gran número de masas graníticas. La riqueza en estos criaderos, y particularmente en las masas de hyaloturmalitas esquistasas de origen metamórfico que se benefician en el Auersberg, en Sajonia, varía rápidamente con la distancia de los puntos explotados á la superficie; y esta variación observada en los criaderos estanníferos, es tanto mas significativa por no ser mas que un caso particular de otras enteramente iguales, anotadas en gran número de criaderos metalíferos de las clases mas variadas. Así, podemos citar como ejemplos de esta variación las minas de oro de Beresowsk, en Siberia, el *Gossan* frecuentemente estannífero de los filones del Cornwall, los minerales argentíferos rojos de la mina de Huelgoet en Bretaña, los *Pacos* y *Colorados* de Méjico y del Perú y gran número de depósitos calaminares; probándose de este modo cuán poco difiere de la actual la superficie que existía cuando se formaron estos diversos criaderos metalíferos en cuya proximidad se encuentra particularmente concentrada la riqueza mineral.

Aplicándose esta observación tanto á los criaderos estanníferos como á los demás, se deduce la consecuencia de que desde su origen y por lo tanto desde la erupción de los granitos, en cuya *penumbre* se hallan, la superficie del suelo no ha sido sensiblemente alterada como no fuese por el ahondamiento de los valles. Así pues, la cristalinidad de los granitos que se muestran con su grano habitual, bien en la superficie de las

masas ó bien á corta distancia vertical por bajo de su superficie, no puede atribuirse á la gran profundidad en que se hubiese consolidado.

Si la forma particular de los granitos y rocas metamórficas procediese únicamente de esta causa, todos ellos sea cual fuere su edad, deberían ser igualmente ricos en sustancias metálicas; y sin embargo, es lo cierto, que en las rocas de esa clase las mas antiguas son las mas ricas, como es fácil probarlo comparando las antiguas rocas cristalinas de Suecia, Finlandia, Bohemia, Baviera, Nueva Inglaterra, etc., con sus análogas debidas á los fenómenos modernos. La Sienita zirconiana de Christiania, el Miaseito y las demás rocas cristalinas del Ural, entran en el número de las que contienen en su mayor variedad los minerales constituidos por los cuerpos simples especialmente concentrados en las rocas graníticas, pues, salvo el molibdeno y el tungsteno que parecen faltar, comprenden casi todos los demás; pero como estas rocas aun cuando muy antiguas lo son sin duda probablemente menos, que la mayor parte de aquellas en que se encuentran comunmente los minerales que contienen estos dos últimos metales, su algo menor antigüedad se halla ya acompañada de un primer grado de empobrecimiento; este último es mucho mas notable todavia, al tomar, como término de comparacion, rocas cristalinas de edades mas distantes, lo que puede efectuarse considerando numerosas localidades. M. Scheerer, de Christiania, indicó hace ya algunos años (1) la existencia de gadolinitas, orthitas y allanitas (minerales pyrognómicos que contienen *cerio*, *itrio* y *zirconio* y las mas veces acompañados de los demás cuerpos simples, propios de las rocas cristalinas acidíferas), en los granitos de 74 localidades diferentes á saber: 60 en Noruega y Suecia, 5 en Finlandia, 4 en la Groenlandia y 5 en la América Septentrional (Nueva Inglaterra). Hoy este mismo sábio puede llevar el número de estos criaderos hasta 100 comprendiendo en ellos el de un mineral que se

(1) Scheerer, *Annales de Poggendorff*, t. LXI, p. 655.

aproxima á la orthita y que M. Breithaupt ha descubierto cerca de Marienberg en Sajonia; y no cita, sin embargo, una localidad donde las rocas graníticas y metamórficas, no lleguen á una época antigua. Ahora, si de estos criaderos antiguos se pasa á las rocas jurásicas metamórficas de los Alpes, todavía se encuentra en ellas las turmalinas y los minerales de titanio, pero hállanse ya sin el acompañamiento de los minerales que contienen los metales de la familia del tántalo. Los filones con silicatos que acompañan las rocas graníticas del Oisans, del Mont Blanc, del San Gothardo encierran si, titanio y boro (en la axinita) pero no contienen estaño, tungsteno, tántalo, ni cerio, etc. Los granitos de la Isla de Elba, que hicieron su erupcion con posterioridad al depósito de los terrenos cretáceos y probablemente despues del sedimento de la mayor parte de los terciarios, encierran todavía turmalinas y algunas esmeraldas, pero estas son las únicas que representan los minerales tan ricos y variados en cuerpos simples de los granitos antiguos. Los granitos talcosos ó *protoginos* del Oisans, de los que en otro lugar tengo hecha la descripcion (1), no cristalizaron hasta despues de haber sido levantados hasta las regiones de las nieves perpétuas y pueden aducirse tambien como una de las mayores pruebas de que los granitos no deben su cristalinidad á haberse solidificado en las profundidades de la tierra. Pero estos granitos cuya erupcion ha sido muy tardia tenian cuando mas el acompañamiento metalífero de los pórfidos cuarzosos y á la vez un debil poder cristalino; pues cerca de los puntos de contacto con las rocas á través de las cuales hicieron erupcion, se consolidaron al estado de euritas y solo en el interior de las masas se desarrolló su grano cristalino.—

El empobrecimiento de los granitos de las épocas recien-

(1) Faits pour servir al'histoire des montagnes de l'Oisans. *Memoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, t. V, p. 1.—*Annales des mines*, 5.^a Série, t. V, p. 5.—*Memoire pour servir á une description geologique de la France*, t. II, p. 359.

tes es tanto mas notable que las erupciones graníticas han sido incomparablemente mas escasas en los periodos modernos, que lo fueron en épocas antiguas; ya solo se muestran como escepciones y las sustituyen erupciones de diferente forma, si bien compuestas de casi los mismos elementos. Así, en efecto, los granitos mas modernos suelen tomar generalmente el aspecto porfiroide. Hacia la época de la arenisca roja llegaron á ser mucho mas escasas las erupciones graníticas y aumentaron en esta misma época las de los pórfidos cuarzosos.

En varios puntos esenciales han diferido las erupciones porfídicas de las de los granitos. Así á las primeras, suelen acompañarlas á menudo masas vitreas (retinitas), conglomerados porfídicos y algunas escorias, y esto no se nota nunca en las segundas.—La presencia de los conglomerados parece anunciar que los pórfidos se solidificaban, por el enfriamiento, con mucha mas facilidad que los granitos, y la de las rocas vitreas tiende á confirmar esta conjetura. Los conglomerados, las rocas vitreas y las escorias son otros tantos rasgos de semejanza entre los pórfidos cuarzosos y las traquitas que vinieron despues y á las cuales los pórfidos se unen con frecuencia.—Los pórfidos cuarzosos y particularmente las traquitas son algo menos ricos en silice que los granitos, por mas que tengan frecuentemente por base feldespatos saturados de ella. La disminucion en la proporcion de la silice, el cambio en la forma de las erupciones y la accion menos enérgica de la fuerza cristalinavienen unidos al empobrecimiento del acompañamiento metálico; pues, salvo ciertas escepciones, como el *elvan* estannífero de la mina de Wherry cerca de Peuzance en el Cornwall y el pórfido cuarzoso de la mina de estaño de Altenberg en Sajonia, que no permiten enunciar esta regla como absoluta, puede decirse en general que el acompañamiento metalífero de los pórfidos cuarzosos se reduce á rocas básicas, y que el de las traquitas es mas limitado todavía. Los pórfidos cuarzosos y las traquitas son, en cierto modo, *granitos aventados*.

Así se ve la escolta metálica de las rocas eruptivas acidíferas amenguarse á la par que se modifican los modos de erupcion y de cristalización, hasta reducirse á lo que son en la actualidad. A la vez que decrece la riqueza en sílice y el poder de cristalización disminuye también la riqueza metálica; haciéndolo hasta con mayor rapidez, puesto que los últimos granitos carecen de la parte mas característica del acompañamiento metálico de los antiguos. Parece como si en tanto que la acción particular á que el granito debe su cristalización empezó á hacerse menos intensa y general, se hubieran fijado los cuerpos simples, peculiares de los granitos antiguos, en las partes de la corteza terrestre consolidadas con anterioridad, llegando esta acción hasta ejercerse solo de un modo excepcional, como en el granito de la Isla de Elba.

La decadencia gradual del poder cristalino se evidencia mas todavía al considerar los efectos metamórficos que experimentaron las rocas sedimentarias á través de las cuales hicieron erupcion las traquitas, los pórfidos cuarzíferos y los granitos. Pues si se reconoce con evidencia los efectos caloríficos mas ó menos intensos y las modificaciones de estructura cristalina consiguientes, en las rocas que se hallaron en contacto con las traquitas y pórfidos en el momento de su erupcion; estos efectos, distan mucho de igualar los que se observan con frecuencia en el contacto de los granitos y en particular de los granitos antiguos, de aquellos que no habian perdido ninguna parte de su poder cristalino, de su riqueza en sílice y de la abundancia metálica que parece haber sido su sello originario.—

En efecto si los granitos se diferencian de los pórfidos cuarzosos y de las traquitas, en que no van unidos como estos últimos á rocas vitreas y á escorias y en que no lo están casi nunca á conglomerados, se distinguen además en que existen tantos tránsitos del granito al gneis, del gneis al esquisto micáceo y á veces también entre el granito y el esquisto micáceo que llegan á hacer necesariamente conexo el origen de todas estas rocas.—

Mucho me inclino á creer que gran número de gneis y esquistos micáceos son rocas de origen metamórfico: esto es, rocas de sedimento que sufrieron un cambio pasando al estado cristalino. Hay algunos gneis, sin embargo, que son rocas eruptivas pero que despues de su erupcion tomaron, estirándose, una textura esquistosa ó mas bien fibrosa, siendo muy difícil, á veces, distinguir los gneis de ámbos orígenes. M. Virlet ha demostrado, tiempo ha, cuán probable es que ciertos granitos tengan tambien un origen metamórfico y sean depósitos de sedimento alterados por la influencia del calor y por otras varias acciones hasta llegar al punto de fusion. Estos mismos granitos de origen metamórfico hubieran podido formar gneis de origen eruptivo al hacerse su erupcion en circunstancias convenientes. En cuanto al sedimento cuya fusion hubiese producido estos granitos ó estos gneis, podria proceder á su vez de granitos mas antiguos. Asi se comprende que el origen de los primeros granitos, de los gneis antiguos y de los esquistos micáceos que con ellos se enlazan no es enteramente distinto y es, por la inversa, tan evidentemente conexo, que los cuerpos simples que, entre las rocas eruptivas, forman el patrimonio distintivo de los granitos, se concentran á menudo en los gneis y en los esquistos micáceos enlazados á las masas graníticas que los comprenden. Para explicar, por vía metamórfica, el origen de los gneis y de los esquistos micáceos es indispensable admitir que el calor ha representado un papel esencial en el origen del granito; pero respecto á este último y á aquellas rocas hay tambien que tener en cuenta acciones diversas y en particular acciones quimicas de diferentes especies y en razon á que el gneis y el esquivo micáceo comprenden, como elementos contemporáneos, gran número de minerales que tienen los mismos cuerpos simples que señalé como peculiares del granito. deben tambien aplicarseles las consideraciones admitidas para la clase particular de acciones quimicas que presidió al origen del granito. Asi pues, la cuestion del origen del granito es tanto mas importante y difícil por entrañar á la vez

la del origen de varias de las rocas cristalizadas comunmente esparcidas en la superficie del globo, llegando á ser el nudo de vastísimo problema.

Hoy, esta cuestion aparece todavía rodeada de suma oscuridad, pero debe considerarse como un grande adelanto el llegar á plantearla en toda su generalidad, señalando los hechos principales que deberán esplicarse simultáneamente; y aun cuando fuera preciso limitarse, durante mucho tiempo, á la sencilla agrupacion de estos últimos entre si, se formará con esto, sin duda alguna, uno de los mas interesantes capítulos de la geología que podrá perfeccionarse gradualmente hasta que de su conjunto dimane una teoria.

Coordinados los hechos, como he tratado de hacerlo en las páginas que preceden, estos hacen suponer que las partes de los granitos en que la causa esencial de su forma particular ha impreso su sello de un modo mas característico, son aquellas en que abundan los minerales que contienen los cuerpos simples señalados como patrimonio especial de los granitos. Puede suponerse, por lo tanto, que los granitos tipos, los granitos modelos, aquellos cuyo origen bastaria explicar para hallarse en camino de poner completamente en claro el origen de todos los granitos y de todas las rocas que con ellos se enlazan, son los *granitos estanníferos*, y en general aquellos en que se hallan abundantemente esparcidos los metales de la familia del estaño.

Pero, en esta clase misma, los minerales que contienen estos cuerpos simples, no se hallan diseminados enteramente al acaso; se concentran en particular en ciertas partes de las masas sobre todo hácia la superficie; hállanse esparcidos tambien con igual frecuencia, en las rocas en medio de las cuales fué inyectada la masas granítica ó como derramados en el interior de esta á gran distancia de su superficie de contacto con las rocas atravesadas.

M. Daubrée observa, con razon, en su interesante memoria sobre las masas de minerales de estaño (1) que todas las

(1) A. Daubrée, Annales des mines. 3.^a série, T. XX., p. 65.

masas estanníferas, sea cual fuere la roca que las encierra granito, pórfido, gneis ó micacitas, se hallan siempre cerca de su contacto con otra roca, no distando ninguno de ellos mas de 500^m de la union de los dos terrenos, y en tal caso, una de las dos rocas en contacto es constantemente una de las que, como sobre saturadas de sílice, he comprendido de un modo general en el grupo de las rocas graníticas. Estas masas no son estanníferas en toda su estension sino cuando su diámetro es de poca consideracion y no escede algunos centenares de metros; lo que por lo demás es harto frecuente, pues las rocas mas estanníferas son á menudo masas destacadas que han asomado al exterior de las grandes masas graníticas.

Estas masas eruptivas, que se distinguen por la presencia del estaño, ó en general, por la de los cuerpos simples de la familia del *estaño*, del *tántalo* y del *tungsteno*, etc. se hallan pocas veces formadas de granito de composicion y estructura comunes, de granito normal; pero presentan aquellas rocas diversas que señalé como degradaciones ó monstruosidades del granito, tales como el granito de grandes trozos, el granito gráfico, la hyalomita (greisen), etc., de tal manera que algunas veces, las partes estérieures de las masas estanníferas son las que muestran del modo mas marcado este carácter *ultragranítico*, si así puedo espresarme. Es así que el macizo estannífero de Geyer, en Sajonia, tiene la forma de un cono truncado cuyo mayor diámetro no escede de 260 metros; se halla empotrado en el gneis y formado de un granito cuyo grano está poco desarrollado; pero se presenta rodeado de una cubierta, designada por los mineros con el nombre de *Stochscheider* de 0^m25 á 5^m de espesor, compuesta de granito de grandes trozos cuyos cristales son de un grueso extraordinario. Parece como si la causa especial de la cristalinidad del granito, hubiera venido aquí á solazarse sobre la superficie de la masa eruptiva, del mismo modo que, salvo la oportunidad de esta figura, la electricidad se precipita sobre la superficie de una nube.

Para hacernos cargo de estos hechos los compararemos con los de naturaleza contraria. Los granitos talcosos ó *protoginos* de grano grueso del Oisans, que tengo descritos detalladamente en otro lugar (1), pierden casi por completo su cristalinidad y quedan reducidos á unas euritas en los puntos de contacto con las rocas sedimentarias á través de las cuales hicieron erupcion; siendo asi, sin duda por efecto del enfriamiento causado al contacto de estas últimas, que á su vez llevan señales de la accion ejercida por el calor del protogino y pasaron al estado metamórfico hasta muy corta distancia. Estos granitos, cuya erupcion es muy moderna, no tenian evidentemente, sino en muy leve grado, la virtud de metamorfisar; el contacto debió hacerles perder muy fácilmente la facultad de cristalizar al estado granítico y por decirlo así, se hallaban *aventados*. Obraron en su superficie como pórfidos cuarzíferos, y, lo que es notabilísimo, queda reducido su acompañamiento metálico al de los pórfidos cuarzosos y de las rocas básicas; no suelen acompañar los mas que filones plomizos y cupríferos con gangas de barita sulfatada y el cuarzo no abunda mas en la superficie de su masa que en el interior.

La causa que hizo los granitos mas ricos en silice que las demás rocas eruptivas, parece tambien haberse desarrollado con particular predileccion en los criaderos estanníferos. M. Daubrée en su importante memoria, ya citada, sobre las masas de minerales de estaño, insiste mucho sobre el hecho de que en todos los criaderos de estaño (masas ó filones) el cuarzo existe en grande abundancia. Cuando el granito se hace estannífero, desaparece su feldespato y pasa á una roca principalmente cuarzosa con poca mica.— En todas las masas las vetas se componen exclusivamente de cuarzo, y la existencia de éste se enlaza de tal manera con la presencia del óxido de estaño, que cuando las rocas,

(1) *Faits pour servir á l'histoire des montagnes de l'Oisans.*

que las encajonan, se impregnan de esta mena se hacen en general mas cuarzosas; así se observa en Geyer y en Altenberg, en Sajonia, donde una de las reglas prácticas del laboreo es que la riqueza de la roca impregnada de partículas invisibles de óxido de estaño, crece en proporción de su riqueza en cuarzo.

Se vé pues, que los caracteres que distinguen esencialmente el granito, su cristalinidad, su riqueza en sílice y su riqueza metálica alcanzan á la vez su máximo desarrollo en los mismos puntos y probablemente por idénticas causas.— Algo adelantariamos hácia el descubrimiento de estas causas si lográramos darnos cuenta exacta del papel que representó el cuarzo en la cristalización del granito; pero este papel parece todavía problemático en extremo y en estos últimos tiempos ha dado lugar á importantes discusiones.

Los recientes escritos de M. Fuchs y de M. de Boucheperon han llamado la atención de los geólogos y mineralogistas sobre el hecho de que el cuarzo que encierran los granitos lleva el sello de las formas cristalinas de los minerales que le acompañan. Así, todas las colecciones mineralógicas contienen pedazos de cuarzo hyalino con la impresión exterior de agujas de turmalina reproduciendo las señales de sus menores estrias mas exactamente que pudieran sacarse en cera.— En otros casos el cuarzo ha tomado el molde del feldespato, de los granates ú de otros silicatos.—

Estos fenómenos parecian muy sencillos á los geólogos que admitian el origen neptúnico del granito y los asimilaban á los que la sílice, contenida en las disoluciones, ha formado en multitud de petrificaciones de conchas, pólipos y maderas que abundan en todas las colecciones haciendo admirar la delicadeza del trabajo lapideo.

Pero desde que el origen eruptivo é igneo del granito se ha demostrado, estos hechos se han convertido en otras tantas dificultades. ¿Cómo, en efecto concebir que un cuerpo tan refractario como la sílice haya tardado en consolidarse mas que cuerpos tan fusibles como la turmalina, el feldes-

pato y el granate?—Se han propuesto varias explicaciones de este hecho singular, pero solo me ocuparé de las mas plausibles.

M. Fournet profesor de mineralogia y geologia de la facultad de ciencias de Lyon ha creido que la silice pudiera gozar en alto grado de la propiedad de la *surfusion*. Entre la temperatura de fusion de un cuerpo y la de su solidificacion por enfriamiento no hay una identidad necesaria. El hielo se funde á 0°, pero el agua cuando se enfria en circunstancias convenientes puede conservar su liquidez á varios grados por bajo de 0. El azufre se funde á 110° centigrados; pero el azufre enfriado en ciertas condiciones puede quedar blando hasta la temperatura ordinaria; el fósforo goza de una propiedad análoga. ¿Por qué no participaria tambien la silice de tal propiedad entre limites de temperaturas mucho mayores?

Es esto tan innegable, que puede asegurarse que la silice goza de esta propiedad en amplia escala. Este cuerpo, en efecto, es, entre los conocidos, uno de aquellos cuyos cambios de cohesion abarcan el mayor intervalo termométrico cuando pasan del estado sólido al liquido, y particularmente del liquido al sólido. Para fundirse necesita al soplete de gas hidrógeno y oxígeno, una temperatura estimada en 2,800° centigrados; pero una vez fundida puede estirarse en hilos, como lo ha hecho M. Gaudin, á una temperatura muy inferior. Asi, aun cuando requiere doble temperatura que el hierro para su fusion, puede estirarse en hilos á una temperatura inferior al calor rojo, esto es, á una temperatura que escede menos la temperatura ordinaria en que el hierro se estira dificilmente en hilos, de lo que la temperatura de su fusion escede á la del hierro. Y es que el intermedio termométrico dentro del cual es maleable, es mayor para la silice que para el hierro; pero en el hierro la maleabilidad es casi igual en un mismo grado termométrico, ya sea que la haya alcanzado calentándole desde una temperatura baja ó enfriándole á la inversa á partir de una alta

temperatura, salvo sin embargo una leve diferencia que se observa en el alambre *recocido*, esto es calentado y enfriado. En la silice la diferencia es infinitamente mayor. El cuarzo es un cuerpo sumamente refractario que conserva probablemente su rigidez hasta casi el momento de entrar en fusion; pero despues de fundido queda maleable, segun se acaba de ver, hasta una temperatura muy inferior á su punto de fusion.—

No creo, sin embargo, que sea la única y verdadera causa de la facultad que posee el cuarzo de tomar las impresiones de la turmalina y otros minerales fácilmente fusibles.

La observacion demuestra que no solo se consolidó el granito á una temperatura, poco elevada sino tambien que su erupcion tuvo lugar á una temperatura mucho mas baja que la necesaria para fundir el cuarzo; pues si, en el momento de su erupcion, su calor hubiese sido igual al que exige la fusion del cuarzo, todas las rocas en contacto, incluso las cuarzitas puras, hubieran sido fundidas y lo que se observa, por la inversa, es que el contacto del granito fundió únicamente rocas en extremo fusibles y aun las mas veces solo pudo hacerlas pasar al estado metamórfico sin que desapareciera su estratificacion.

Podria tratarse de explicar este resultado diciendo que el granito fué fundido, en el interior del globo, á una temperatura capaz de fundir el cuarzo, y que, en los casos que referimos, no penetró en las hendiduras para formar filones sino á una temperatura ya muy rebajada; pero el examen de las rocas estratificadas que pasaron al estado metamórfico por el contacto del granito destruye por completo esta suposicion pues es evidente que el cuarzo que contienen ha estado en el mismo estado de pastosidad que el del granito mismo y ha tomado tambien la impresion de los minerales mas fusibles que él, como la turmalina, el granate, etc.

Para poder recibir la impresion de una turmalina ó de un granate, el cuarzo ha debido necesariamente reblandecerse

pero no necesitó fundirse. Esto último, es tanto mas seguro que el fenómeno indicado se observa en las pequeñas masas de cuarzo empotradas en las micacitas. Ahora bien, si estas son rocas metamórficas, segun se admite hoy comunmente será evidente que los agentes que las hicieron pasar á este estado no las han fundido, puesto que conservan su estratificación originaria y por tanto no fundieron el cuarzo que contienen. Puede suponerse, en verdad, que una parte al menos del cuarzo que forma amigdaloides en las micacitas fuese introducido á consecuencia de la erupcion del granito, pero seria difícil concebir que esta introduccion se hubiese efectuado siempre á una temperatura bastante baja para que el cuarzo no fundiera la mica y bastante elevada sin embargo para que su reblandecimiento le permitiera amoldarse sobre este mineral.—

Tiene la silice otra propiedad que ponen diariamente en juego en todas las fábricas de vidrio y tambien en los análisis de los minerales y es la de que cuando se la calienta, con sustancias que tienen bastante afinidad con ella para atacarla, se funde y produce un vidrio á temperaturas muy inferiores á las de su propia fusion. Esta silice, separada por la via húmeda, por medio de un ácido, de las sustancias que la atacaron, queda, á la temperatura ordinaria, al estado gelatinoso, no endureciéndose sino á la larga; algunas veces, sin embargo, acaba la silice gelatinosa por llegar á ser sumamente dura; tanto que M. Ebelmen valiéndose del éter sulfurado, llegó á obtenerle con una dureza casi igual á la del cuarzo. A la temperatura ordinaria esta silice queda blanda mucho tiempo y presenta, en cierto modo, una segunda especie de surfusion; esta *surfusion quimica ó gelatinosa* es la que pudiera admitirse como habiendo estado en juego en la formacion de las rocas graníticas.—

M. Durocher, Ingeniero de minas, profesor de mineralogia y geologia en la Facultad de Ciencias de Rennes, ha propuesto, sin embargo, otra hipótesis. El agua mezclada con sales mantiénese líquida á una temperatura mucho mas

baja que la de la congelacion del agua pura, y mas baja tambien que la que necesitarian las mismas sales anhydras para solidificarse; las gachas de los altos hornos corren á una temperatura muy inferior á aquella en que, fundidas aisladamente, se solidificarian las sustancias que las componen; y asi, por idéntica razon, el granito fundido debe quedar líquido y blando á una temperatura menor que la que, para solidificarse requeriria el cuarzo y quizás tambien el feldespato y la mica fundidos aisladamente.—

Esta consideracion ingeniosa, parece responder, desde luego, á todas las exigencias de la cuestion; pero ¿resuelve por sí sola el problema? Paréceme dudoso cuando menos.

Si se tiene en cuenta la magnitud de la masa y el lugar que cada parte ocupa en el granito, se vé que no existe una relacion constante entre su forma y la marcha de su enfriamiento. A veces filones estrechos presentan un grano gruesísimo en tanto que en las grandes masas graníticas, este es siempre pequeño.—Verdad es que obsérvase, con frecuencia, que en el granito el grano es un poco mas fino en el contacto con las rocas en medio de las cuales ha sido inyectado, que en el centro mismo de las masas, pero la diferencia no es ni grande, ni constante y á veces se nota hasta invertida esta disposicion. Si el granito no fuese mas que una roca en la cual todos los elementos hubieran entrado en fusion por la única accion del calor, no se explicaria por qué todas las masas de granito no estarian envueltas exteriormente por una corteza de curita ó de pórfido; pues si al contacto del aire ó de las rocas en que penetró el granito, sus elementos hubieran sido sorprendidos instantáneamente por el frio, esto hubiera debido acontecer; no es sin embargo lo que se observa comunmente, y aun cuando en las partes exteriores el granito se muestre con grano mas fino, estas partes se hallan generalmente en estado granítico; y tampoco lo pierden cuando, en otros casos, es el grano más grueso que en el interior, como se observa de una manera tan espe-

cial en el *Stokscheider* de Geyer que mencioné anteriormente.

En la hipótesis propuesta por M. Durocher la liquidez del granito procedería de que el feldespato, el cuarzo y la mica, en disolución uno en otro, hubieran formado una especie de aleación fusible. Pero esto no explica el fenómeno marcadísimo de presentarse grandes masas, estraordinariamente cristalinas, en que el feldespato se encuentra casi solo; ni tampoco aquellas otras en que el cuarzo y la mica se hallan solos y son también cristalinos á la manera del granito, cuando en realidad unas y otras no son sino verdaderas degradaciones de este último.— Los tres elementos habituales del granito, el feldespato, el cuarzo y la mica, distan mucho, en efecto, de estar en proporciones constantes; frecuentemente desaparecen casi por completo uno ó dos de estos elementos sustituyéndolos otros distintos, sin que el aspecto y la manera de ser de la roca indiquen otro modo de formarse que el del granito normal. Así el feldespato laminar, la *hyalomicta*, la *hyalo-turmalita*, la *minette* y hasta ciertas masas cuarzosas, son monstruosidades ó degradaciones estremas del granito sin que nada haga suponer se formaran de distinto modo que el granito comun.

Pero si por una parte estas monstruosidades del granito se formaron casi del mismo modo que el granito normal, cierto es también, que su formación difirió muy poco de la de los filones cuarzosos; á estos últimos se enlazan á la vez por las formas diversas de los criaderos estanníferos que pasan insensiblemente á los filones estanníferos más regulares, los que por su parte no son más que el primer anillo de la cadena de los filones metalíferos en que, es evidente, se depositó el cuarzo por la acción de las aguas, como lo hicimos constar anteriormente.

Hace algunos años llamé la atención de la Academia de Ciencias sobre las numerosas observaciones de M. Rozet que al parecer, establecen este enlace entre los granitos, y los filones cuarzosos comunes, por ciertos criaderos interme-

dios, que sin contener estaño, entran de un modo general por sus minerales (1) en la categoría de los criaderos metalíferos. Hice reparar, en efecto, que M. Rozet en sus *Memoires sur les montagnes situées entre la Saone et la Loire*, ha descrito gran número de masas de cuarzo de naturaleza y yacimientos diversos, que parecen establecer una cadena casi continua entre dos clases de masas minerales, las *pegmatitas* y las *arkosas* de cemento cuarzoso, opuestas en cierto modo y de origen probablemente muy diferente. Citaba, siguiendo á M. Rozet, las pegmatites de las cercanías de Autun, con su hermosa variedad del granito gráfico, cuyos filones y masas transversales se encuentran en el gneis y que consigo trajeron turmalinas y esmeraldas. Cerca de Marmagne y de San Sinfiriano se encuentran esmeraldas en abundancia en los fragmentos de rocas empleados en el firme de las carreteras. En el gneis y el granito de la misma comarca, existen filones de cuarzo con mica, análogos á los que se hallan habitualmente en los criaderos estanníferos de Sajonia y del Cornwall. Al SE. de Chiseuil, cerca de Bourbon-Lancy, se vé una gran masa de cuarzo ferruginoso, á veces semi-vitreo, que contiene grandes lentejuelas de mica plateada, pudiendo considerarse como una hyalomicta. Al pié del SE. de Pilas, sobre la meseta de Condrieux, en el departamento del Rodano, en medio del granito y del gneis se halla cuarzo blanco, semi-vitreo, á veces ahumado, jaspeoide, que se levanta en forma de conos irregulares. El cuarzo se encuentra frecuentemente pegado al granito que atraviesa, y encierra á menudo fragmentos de granito de diversos gruesos. En la base de los conos, el cuarzo estiende, dentro del granito, ramificaciones divergentes como si este se hubiera agrieteado en estrellas para recibirlo. Estas masas de cuarzo parecen, por lo tanto, haber hecho erupcion á la

(1) Rapport sur quatre memoires de M. Rozet (Comptes rendus hebdomadaires des seances de l' Academie des sciences T. XI, p. 264. 1841).

manera de los pórfidos y de los granitos, y aun cuando no contienen feldespato ni mica, pueden considerarse lo mismo que las masas de cuarzo, que forman parte de las masas estanníferas, como una monstruosidad del granito reducido accidentalmente á un elemento único.

Este cuarzo no se distingue, sin embargo, del cuarzo que abunda tanto en las arkosas y en los filones plomíferos, sino porque no contiene ni la barita sulfatada, ni el espato fluor ni la galena, tan comunmente esparcidos en estos últimos, y así no puede suponerse que su origen haya diferido en su esencia del de los cuarzos de las arkosas cuyo depósito por vía húmeda es tan evidente. En la meseta de Condrieux y en Chiseuil, encierra este cuarzo eruptivo rastros de óxido de hierro; de modo que su erupcion tuvo efecto á una temperatura demasiado baja para que pudieran formarse silicatos comprobando además la poca elevacion de la que tuvo al efectuarlo los fragmentos de granito que encierra y que no presentan señal alguna de la accion de una alta temperatura.

Este ejemplo es uno de aquellos en que la fusibilidad que resulta de la mezcla de elementos de naturaleza diversa, no facilita, de ningun modo, la esplicacion del fenómeno, siendo preciso escojer entre la hipótesis de la *surfusion meramente ignea* y la de la *surfusion gelatinosa*.

La última es la que se armoniza mucho mas con las analogías existentes entre los cuarzos eruptivos de que hablamos y los cuarzos de origen evidentemente acuoso que se hallan en los filones plomíferos y en las arkosas. Se encuentran en estas comarcas gran número de vetas de cuarzo que se enlazan de una parte á los cuarzos de las arkosas y de otra á los conos cuarzosos eruptivos; y si se admitiese que el agua ha representado un papel en la formacion de los primeros, y ha sido enteramente estraña á la formacion de los segundos, seria sumamente difícil establecer la linea de demarcacion entre estas dos especies de cuarzos.—Pero lo probable es que el agua representó un papel en la formacion de todos estos cuarzos y que no fué tampoco agena á la formacion de los

granitos de los que los conos cuarzosos eruptivos representan solo una forma particular y en cierta manera una monstruosidad.

M. Scheerer, de Christiania, en una memoria recientemente publicada y traducida por M. Frapolli (1) ha presentado sobre este particular ideas enteramente nuevas. La hipótesis que propone para explicar el estado cristalino de los granitos difiere completamente de la de MM. Fournet y Durocher. Cita primero numerosos hechos y en particular la presencia en el granito de los *minerales pyrognómicos*, para demostrar que esta roca estaba á una temperatura medianamente elevada en el momento de consolidarse. Dá M. Scheerer el nombre de *minerales pyrognómicos* á ciertas sustancias que tienen la propiedad de producir instantáneamente á una temperatura que apenas pasa del *rojo-oscuro*, una luz espontánea mas ó menos viva, cuya aparicion se halla acompañada de desprendimiento de calor. En su combustion aparente, sufren las propiedades físicas de estos minerales modificaciones muy sensibles, mientras que su composicion química queda la misma, salvo quizás cierta disminucion en la cantidad de agua que contienen á veces. Varias *gadolinitas*, *orthitas* y *allanitas* son *pyrógnomas* en el mas alto grado. Si estos minerales (que lo mismo que las turmalinas, se solidificaron antes que el cuarzo) se hubieran formado en un fluido en incandescencia, indudablemente hubieran debido quedar sometidos á la influencia de una alta temperatura durante mucho tiempo todavia *despues de solidificarse*. ¿Pero entonces cómo pudieron adquirir y conservar sus propiedades pyrognómicas? Difícil me parece contestar al argumento de M. Scheerer. Los minerales pyrognómicos encerrados en el granito equivalen en mi opinion á *tomas de ensayo* y demuestran que en el momento en que cristalizaron y á mayor abundamiento

(1) *Bulletin de la Société géologique de France*, 2.^a Série, T. IV, p. 466.

en el de la solidificacion del cuarzo que vino á moldearse sobre ellos, el granito estaba á una *temperatura inferior al rojo oscuro*. Así, hallo difícil el no admitir, con M. Scheerer, que *la hipótesis de un estado primitivo de fusion sencillamente ignea del granito, por mas que en su favor militen los fenómenos de contacto, no se halla justificada por la naturaleza íntima de la misma masa granítica*. Queda, pues, demostrado, que el granito formaba en su origen una *masa plástica* y no es improbable el que esta masa tuviera entonces una temperatura muy alta, pero es cierto, á la vez, que esta masa no pudo estar en un estado de fusion simplemente ignea.—

M. Scheerer ha aducido, tambien, muchas razones para sentar que el granito en fusion contenia agua. Varios minerales que la encierran se encuentran en el granito y así ha pensado que el granito fundido debia contenerla, que la contenia en el momento de hacer erupcion, que la conservó hasta su enfriamiento definitivo y que esta agua pudo desempeñar un papel en los fenómenos de su solidificacion; M. Scheerer enlaza esta suposicion á consideraciones muy ingeniosas sobre la composicion de diferentes minerales y sobre lo que ha llamado el *isomorfismo polimero*; ha tratado tambien de determinar la cantidad de agua que podia hallarse contenida en el granito blando todavia, y ha reconocido desde luego que esta cantidad debia ser menor que la que hubiera sido necesaria para que todas las bases se hallasen al estado de hydratos, pues hubieran necesitado entonces el 50 por 100 de su peso y como el agua es mucho mas ligera que estas mismas bases esto la haria ascender á mucho mas del 50 por 100 en volúmen. Y como no puede admitirse que el granito en el momento de su inyeccion contuviera semejante cantidad de agua, pues su desaparicion hubiera ocasionado una contraccion enorme y tanto mayor que segun los esperimentos de M. Deville, los mismos elementos del granito experimentan ya, solidificándose, una contraccion considerable que se calcula en mas del 10 por 100. M. Scheerer se limita

por lo tanto á admitir que podria existir el 2 ó 3 por 100 de agua en el granito en el momento de su erupcion.—

No hallo, efectivamente, dificultad alguna en suponer que el granito contenia agua en el momento de su erupcion; pues no es mas que asimilarle, bajo este concepto, á las rocas volcánicas y á las lavas de los actuales volcanes que, á su llegada al dia, contienen una gran cantidad de agua de la que se desprenden bajo forma de vapores y tardando muchos años, á veces, para perderla completamente.

La presencia del agua en las lavas en fusion, hecho familiar á los que han estudiado los volcanes, parece una paradoja á todas las personas que lo oyen por vez primera; lo que se explica por qué en este punto las ideas de las masas y aun el *lenguage* mismo de la ciencia, han permanecido á la altura de la *teoria de los cuatro elementos* segun la cual el fuego y el agua son dos principios antagónicos y anti-páticos.

No es preciso que en el granito quedara el agua en muy grande cantidad para producir efectos muy marcados en la solidificacion y cristalizacion, pues las propiedades del acero y del hierro colado comparadas, con las del hierro forjado, prueban la influencia ejercida por una minima proporcion de carbono ó de grafito. Las propiedades tan diversas y la cristalizacion tan diferente de las varias especies de hierro colado muestran tambien los potentes efectos que puede ejercer una pequeñísima proporcion de un cuerpo extraño tal como el silicio, el fósforo y el manganeso. ¿Que extraño seria pues que una cantidad de agua aun cuando muy pequeña no produjera en el granito efectos de idéntica naturaleza durante todo el tiempo que en él hubiera permanecido?

Paréceme probable que si el granito encerraba agua en el momento de su erupcion, ésta debió desprenderse con mayor lentitud todavia que la que contienen las lavas al llegar á la superficie y que se separó cuando el enfriamiento de

lo tanto á creer que la accion del agua ha sido secundada en los granitos por alguna accion química ó fisica muy especial y muy enérgica; y lo presumo, con mayor razon, en vista de esa multitud de cuerpos simples que dejo indicados como atributo característico de los granitos.

El agua no es la única materia volátil que existe en las lavas en el momento de su erupcion; suele estar acompañada de diferentes sales, como el cloruro de sódio, el cloruro de hierro, el hidrociorato de amoniaco, sales que el vapor arrastra al desprenderse y que se depositan cerca de la superficie enfriada de la lava, donde con frecuencia son objeto de explotacion; y pareceme que en los granitos los minerales que contienen los cuerpos simples señalados como perteneciéndoles, debieron representar un papel análogo al que representan á nuestra vista en las lavas las sales que acabo de citar; si bien requiriéndoles para ello la intervencion de agentes mas enérgicos que los que se hallan en juego en el enfriamiento de las corrientes volcánicas.

Las emanaciones de los granitos que designé anteriormente con el nombre de *aura granítica* debian ser unos vapores notablemente activos y probablemente muy deletéreos. Si el ácido hidroclórico y el hidrógeno sulfurado son necesarios para llevar hoy hasta la superficie del globo, cuerpos tan sensibles á la accion de los reactivos como el hierro, la sosa y el amoniaco ¿cuál no debió ser la actividad de agentes capaces de arrastrar cuerpos tan refractarios como el tungsteno, el molibdeno, el tántalo, el pelopio y el niobio, etc.?

En su profunda é ingeniosa memoria sobre las masas de minerales de estaño M. Daubrée hace observar que, despues del cuarzo, que predomina siempre en los filones estanníferos; en las pequeñas vetas y venillas y en las rocas que las encajonan, los mas constantes satélites del estaño son los *compuestos fluatados*. Así, las micas que acompañan los minerales de estaño, son por lo comun ricas en fluor. El topacio, la picnita, que contienen todavía mas fluor que estas micas, se encuentran muy frecuentemente en los Stock-

sus diversas partes llegó á cierto limite. — Infiiriéndolo así por observar, desde luego, que nunca le acompañan escorias ni masas vitreas; pues sabido es que las escorias se deben á la entumescencia que experimenta la lava en fusion cuando el vapor de agua la atraviesa con rapidez, y que las masas vitreas que contienen con frecuencia materias volátiles parecen deber su estructura á un enfriamiento ejecutado con tal rapidez que imposibilitó el desprendimiento de estas materias; afirmándome tambien en esta deducion el comparar el estado de integridad de los cristales de feldespato que entran en la composicion del granito con el estado eminentemente grietado de los cristales feldespáticos que existen en las lavas y sobre todo en las traquitas. Estas numerosas grietas del feldespato de las rocas volcánicas puede atribuirse, en efecto, con mucha verosimilitud, al desprendimiento rápido del vapor de agua y su carencia casi completa en los granitos podria proceder de que el desprendimiento del agua ha sido menos rápido en estos que en las rocas volcánicas como las traquitas. — Quizás tambien, existiera el agua en el granito en fusion en proporciones menores que en las lavas que corren de los volcanes; y resultarian los señalados efectos que me inclino á atribuirle de que permaneciera allí hasta una temperatura mucho mas baja que aquella en que se desprende de las lavas. Una corta cantidad de agua desprendiéndose por grados á una temperatura poco elevada no pudo producir escorias y su presencia no pudo nunca dar lugar á materias vitreas. La presencia de la silice libre debió contribuir á conservar agua y ésta en el tiempo que ha permanecido en los granitos contribuiria á su vez á mantener la silice en un estado de pastosidad análogo al estado gelatinoso.

Presumo, sin embargo, que la reciproca accion de la silice y del agua no ha sido la única ni la mas enérgica para detener esta última; porque nunca ha de olvidarse que los feldespatos laminares que no contienen cuarzo libre presentan una cristalinidad análoga á la de los granitos. Me inclino por

werks de estaño, etc.; M. Daubrée cree, por lo tanto, que el fluor ha representado un papel importante en la formación de los criaderos estanníferos; y que para estos ha sido un agente tan activo como el azufre y las combinaciones sulfuradas en la mayor parte de los demás criaderos metálicos.

Siendo el fluoruro de estaño, añade M. Daubrée, una combinación estable á todas las temperaturas y muy volátil, puede creerse que el estaño ha venido en éste estado de las profundidades que parecen ser el receptáculo de los metales; y lo mismo aconteció probablemente con el tungsteno y el molibdeno, sus fieles compañeros. El boro teniendo grande afinidad con el fluor y formando con este una combinación indescomponible por el calor y muy volátil, debe suponerse que se efectuó también su transporte al estado de fluoruro. Por fin, el silicio, que abunda, en estado de sílice, en los criaderos de estaño, obra con el fluor de un modo análogo al boro y es natural también, el admitir que parte de la sílice debió llegar al estado de ácido fluo-silícico. Creo que podría añadirse en apoyo y como complemento á la luminosa idea de M. Daubrée, que el ácido fosfórico es igualmente muy abundante en todos los criaderos de minerales que contienen metales de la familia del estaño, del tántalo y del tungsteno: que el cloro mismo se encuentra en ellos algunas veces, y que las piritas y por consecuencia el azufre no les son extraños.

Esto me induciría á deducir que el compuesto volátil encerrado en el granito antes de su consolidación, contenía no solo agua, cloro y azufre como las materias que se desprende de las lavas en su enfriamiento, sino también y además fluor, fósforo y boro; lo que aumentaba su actividad y le permitía obrar sobre muchos cuerpos para los que la materia volátil contenida en las lavas solo tiene un efecto comparativamente insignificante. La acción enérgica de estas sustancias reunidas, sobre la sílice libre ó combinada, que existe en el granito, podía adherirlas mas fuertemente á esta roca y colocarlas en el caso de separarse de ella con

mas lentitud y á una temperatura inferior á la que puedan hacerlo las sustancias contenidas en las lavas en fusion, que se desprenden cuando estas en su enfriamiento bajan de cierto grado.—

La presencia de estas sustancias parece haber producido el efecto de suspender la cristalización del granito retrasándola hasta un enfriamiento tanto mas marcado cuanto mas concentradas se hallaban. Los granitos no cristalizaron sino cuando estas se hubieron fijado ó desprendido; pero al hallarse en contacto con cuerpos frios, despues de la desaparicion de estas sustancias, no resistieron ya tan enérgicamente su accion coagulante y se consolidaron inmediatamente, sin que pudiera desarrollarse su grano cristalino, obrando, entonces, como casi todas las demás rocas eruptivas. Los gránitos talcosos del Oisans, que ya cité anteriormente, ofrecen un ejemplo notable de este hecho.—

En el supuesto que enunciamos, una de las diferencias mas esenciales entre el granito y las lavas de los volcanes actuales habria consistido en la naturaleza de las sustancias que encerraban cuando estaban blandos y que se desprendieron en el momento de solidificarse. Esta hipótesis me parece tanto mas plausible que responde completamente á la analogia que indiqué entre el modo de hallarse distribuidos, dentro de los granitos, los minerales que contienen los cuerpos simples señalados anteriormente como atributo característico de estas rocas y el modo con que se distribuyen en las grietas y cerca de la superficie de las lavas solidificadas los cloruros y demás sales ó ácidos que de ellos se desprenden.

Los cuerpos simples peculiares de los granitos y los minerales que los contienen, no se hallan todos juntos á la vez. Se substituyen á menudo unos á otros, y asi mismo los cloruros de sódio y de hierro y el hydroclorato de ammoniaco no se desprenden con igual abundancia de todas las lavas. Además los minerales que contienen estos cuerpos característicos distan mucho de encontrarse uniformemente diseminados en cualquier masa granítica y en todas las par-

tes de una misma masa. Se hallan concentrados en ciertas de ellas, y sobre todo cerca de la superficie, en los ramales que penetraron al través de las rocas preexistentes. Obsérvanse igualmente en las rocas estratificadas que rodean el granito y que, frecuentemente, son rocas cristalinas que el contacto de éste contribuyó á hacer pasar al estado metamórfico; pero no se encuentran tampoco indiferentemente en toda la masa de estas últimas y sí, por lo comun, en ciertas zonas que avicinan ó rodean el granito, existiendo á la vez parte de ellos en los contactos de este último. Estos cuerpos marcan así la zona exterior del espacio en que ha obrado la causa de la cristalización del granito, pero algunas veces se hallan en mayor número y mas concentrados todavía en los criaderos estanníferos irregulares derivados de las ramificaciones del granito que penetraron las masas adyacentes, y en los filones estanníferos que son, en general, mas antiguos que todos los demás filones y que parecen haber sido las primeras *fumarolas de las masas graníticas*.

Al pronunciar la palabra de *fumarolas graníticas* no trato de sostener que el granito tuviera fumarolas completamente análogas á las de las lavas de los actuales volcanes. Quizás fuera mucho mas lento el desprendimiento de las sustancias y esta lentitud conviniera para favorecer la concentración, cerca de la superficie, de las sustancias arrastradas; de la misma manera que cuando el desprendimiento del vapor se reduce á su minima actividad las sustancias que se desprenden de los volcanes se concentran especialmente y forman solfataras.—

Quizás por lo demás, causas físicas difíciles de apreciar, porque no dejaron rastro alguno, llegarían á unirse á las acciones que pueden compararse á las que se notan en los volcanes actuales.—

Así, por ejemplo, pudiera creerse que la electricidad representó un gran papel en los fenómenos que acompañaron la solidificación de los granitos. Difícil me parece no presumirlo cuando se observa que *son eléctricos por el calor va-*

rios de los minerales que, como la turmalina y el topacio caracterizan los granitos mas cristalinos; aquellos granitos tan especiales en los cuales inferimos se desarrollaron con mayor intensidad los fenómenos esenciales á la formacion de los granitos. Estos minerales, cuya solidificacion precedió la del cuarzo, se formaron seguramente á una temperatura elevada y por consiguiente se *formaron electrizados*. Por lo tanto difícil es no admitir que la electricidad hubo de representar un papel en su formacion y hasta parece natural creer lo desempeñó tambien en la de las masas cristalinas en medio de las cuales nacieron. Como no se supone que el cuarzo se consolidara únicamente despues de bajar por completo á la temperatura ordinaria, debe admitirse que cuando se moldeó sobre una turmalina ésta se hallaria electrizada y entonces muy extraño fuera que no representara su electricidad un papel en la agregacion del cuarzo. Pero aun cuando se hace difícil precisar nada sobre este particular debe haber sido de mayor entidad la accion de la electricidad.

No es de estrañar que en todos estos fenómenos quede todavia algo de muy problemático y hasta cierto punto de misterioso, pues los fenómenos actuales á los cuales pueden compararse lo son tambien singularmente en sí mismos.

Así ¿por qué existen el agua y las sales en disolucion, si de esta espresion podemos valernos, en las lavas incandescentes? Este fenómeno tan cierto como extraordinario tiene sin duda analogías con otros que producimos en los laboratorios, pero tampoco se hallan estos esplicados. Así cuando en un horno se funde plata ésta absorbe el oxígeno del aire y lo conserva hasta el momento en que se enfria, y entonces dejándole desprenderse al través de su superficie ya solidificada cuando las partes interiores de su masa están todavia en fusion, se producen unas pequeñas erupciones análogas á las de los volcanes y que son mucho mas considerables relativamente á su masa que las de nuestros mayores volcanes con relacion á la del globo terrestre; esto es lo que se llama *el galleado* de la plata. La costra formada se quebranta, el oxi-

geno que se desprende arroja al través de las grietas la plata fundida del interior, y se reproducen en pequeño las principales circunstancias de las erupciones volcánicas.

Este fenómeno conocido hace tiempo se ha descrito con frecuencia sin que nunca se haya explicado de un modo completamente satisfactorio; conviene unirle sin embargo á otros mas sencillos todavía que están tambien sin explicacion; tales son los que presenta el *estado esferoidal de los cuerpos*; estado que se manifiesta en una gota de agua colocada en un crisol de platino *incandescente*. En este caso la gota en lugar de evaporarse inmediatamente forma en el fondo del crisol una masa esferoidal que se evapora con suma lentitud y que en ciertos líquidos llega á una temperatura tan baja que si se opera convenientemente puede colocarse la bola de un termómetro en un crisol *incandescente* y ver bajar considerablemente la columna. M. Boutigny ha llegado así hasta coagular el agua proyectándola sobre una gota de ácido sulfuroso al estado esferoidal en un crisol de platino *incandescente*. Los líquidos al estado esferoidal, despues de haberse quedado como paralizados en el crisol *incandescente* desaparecen volatilizándose de pronto tan luego como la temperatura del crisol se baja hasta cierto grado.—

Esta paradoja física procede de propiedades casi desconocidas y no me parece absurdo creer que estas, sean cual fueren, han de ser las mismas que permiten al agua permanecer sin evaporarse dentro de las lavas *incandescentes*, desprendiéndose luego al estado de vapor tan pronto como llegan en su enfriamiento por bajo de cierto grado.—Y así como al arrojar agua cargada de sustancias diferentes en un crisol *incandescente*, no se producen idénticos efectos, así mismo puede concebirse que el agua encerrada en los granitos, donde contenia sustancias mucho mas enérgicas que en las lavas, debió tambien desprenderse de distinto modo. Pero al tratar de los granitos hay además que unir á las singularidades que pueden nacer del estado esferoidal de una mezcla de agua y

de varias sustancias, las que puedan resultar de fenómenos eléctricos y también las que procedan de las propiedades peculiares de la sílice, de su surfusión puramente termométrica ó de su surfusión química y de su estado gelatinoso que viene á hacer compatible con una temperatura elevada, el fenómeno paradoxal sin duda, pero indicado por la analogía, que impedia desprenderse el agua.

Por mas que esta esplicacion aparezca tildada de alguna inestabilidad puede asegurarse, sin embargo, que hasta cierto punto, se encuentra al nivel de la ciencia actual, pues solo impide su ámplio desarrollo el estado de los conocimientos actuales sobre la naturaleza íntima de los fenómenos físicos que pueden invocarse. Para someterla á un juicio critico mas severo, será preciso esperar, con toda probabilidad, que estos fenómenos hayan llegado á estudiarse de un modo mas profundo y sobre todo con relacion á las grandes masas; pues verosimilmente han de contarse en el número de aquellos en que las cosas no pasan en grande de la misma manera que lo hacen en pequeño ó en el tiempo de un experimento de laboratorio que en el de los largos periodos que tuvieron para desarrollarse los fenómenos naturales en las grandes masas del reino mineral.

Pero si la esplicacion que hoy me parece mas probable ha de modificarse ó sustituirse por otra algun dia, ésta habrá de amoldarse siempre á los hechos generales que señalé relativamente á la distribucion de los cuerpos simples en la corteza mineral del globo terrestre. Esta distribucion, que representa el cuadro tantas veces citado, puede dar lugar á algunas observaciones todavía por las que terminaré este resúmen que ya vá extendiéndose en demasia.

El órden en el cual se hallan colocadas la 8 y 9 columnas del cuadro representa sobre poco mas ó menos la graduacion de los fenómenos que procedieron á formar las masas minerales y la comparacion de las desiguales proporciones y de los diversos estados de combinacion en que se hallan los cuerpos simples indicados, suministra preciosísimas luces

sobre la marcha que siguió la naturaleza para traer la superficie del globo á su estado actual.

Las columnas 2, 3 y 4 se refieren á fenómenos en los cuales las afinidades desarrolladas por la única accion del calor representaron un papel preponderante. Esas afinidades son, en efecto, las que determinaron la formacion de los silicatos, que casi por sí solos constituyen las lavas de los actuales volcanes, las rocas producidas por los volcanes antiguos y las rocas básicas. Y como por la accion única del calor sobre las sustancias que los componen se han reproducido artificialmente en los hornos casi todos estos silicatos, no cabe duda alguna sobre su modo de formarse.

La 5.^a columna del cuadro se refiere á la formacion de los granitos, formacion en la que se manifestaron acciones quimicas ó físicas de orden diferente. En mi cátedra, cuyo rápido análisis presento aquí, despues de estudiar las rocas volcánicas, les enlazé sucesivamente á otras rocas cuyo origen es mas ó menos análogo tales como los basaltos, las diferentes especies de trapps, de traquitas, de pórfidos y llegué al granito cuyo origen me pareció presentar un problema mas complicado que el de las demás rocas eruptivas. Por mas que en él haya predominado la accion del calor, el agua parece haber representado tambien un papel importante, de tal manera que la formacion de los granitos se enlaza muy probablemente de un lado por los silicatos que entran en su composicion con la de las lavas y de otro por la silice libre que en él abunda con la formacion de los depósitos de silice que constituyen los filones cuarzosos.

Estudié tambien entonces los fenómenos eruptivos considerándolos bajo el punto de vista de las emanaciones que los acompañan y que los siguen. Formada la lista de las sustancias que desprenden los volcanes en sus erupciones, considere luego las diversas emanaciones que atraviesan la corteza del globo y que se enlazan probablemente á los fenómenos volcánicos ó á los demás fenómenos eruptivos, tales como las diferentes aguas minerales y las sustancias que contie-

nen, pues los manantiales minerales son y han sido probablemente en todos tiempos la última señal de actividad que dan los focos eruptivos antes de apagarse por completo. Examiné despues todas las masas minerales que deben atribuirse, al parecer, á fenómenos mas ó menos análogos á los depósitos producidos por las aguas minerales, y llegué por fin al estudio de las materias que fueron traídas por las masas graníticas en el momento de su erupcion. Las columnas 9, 8, 7 y 6 del cuadro son las dedicadas á esta clase de productos.

Las materias que se encuentran hoy en las producciones volcánicas forman dos clases bien distintas: las unas, *volcánicas á la manera de las lavas* se componen de silicatos en estado de fusion, en tanto que las otras *volcánicas al modo del azufre* son generalmente arrastradas en estado molecular, como el azufre, los cloruros, los hidroclosatos y las demás sustancias que las lavas dejan desprenderse. A proporción que siguiendo poco á poco estos fenómenos se llega gradualmente á las erupciones graníticas se ven las dos series cada vez menos distintas. Las materias que de estas dos clases resultan de las erupciones antiguas se separan mucho menos que en los fenómenos actuales y el cuarzo que ocupa entre ambas el lugar mas antiguo, abunda mas, apareciendo allí una familia de cuerpos simples que despues de haber desempeñado un papel muy comun en los fenómenos en medio de los cuales cristalizó el granito, llega en la naturaleza actual á figurar únicamente en cortísimo número. Su presencia nos ha hecho conjeturar que á la cristalización del granito ha presidido una acción química particular y que esta acción se hallaba en relación con las propiedades de los cuerpos simples que acabamos de aludir; pues todo parece indicar que el granito al cristalizar encerraba á más del agua, algunos agentes químicos que ejercian su acción sobre los cuerpos simples que contiene.

La 5 y 6 columnas, relativas á los granitos y á los filones estanníferos nos presentan los resultados de fenómenos que considerados en masa han sido mas antiguos, mas complejos

y mas enérgicos que aquellos á que se refieren las demás columnas. Apartándose de estas, de un lado hácia la 2.^a y de otro hácia la 9.^a se vé disminuir por grados el número de cuerpos simples que cada una contiene, de donde resulta que los focos de los volcanes actuales son los mas pobres de cuantos han obrado sobre la superficie del globo. Sea cual fuere la naturaleza de las rocas que los produjeran, los focos eruptivos dieron todos quizás, al final, casi los mismos productos, pero tal no hicieron cuando principiaron á entrar en actividad; pues los focos graníticos dieron primeramente unos productos mas compuestos y mas enérgicos que los producidos por los demás. Podrian compararse las emanaciones de estos focos distintos á rios que terminando todos en el mar de un modo bastante análogo fueran cerca de su nacimiento mas ó menos rápidos, torrentuosos, ó cargados de cuerpos estraños, segun lo escarpado de las sierras de donde nacen. Así las emanaciones de los granitos dieron lugar á una série mas extensa y variada, del mismo modo que los torrentes de las altísimas cumbres que si bien, en sus principios, envuelven con sus aguas peñones y guijarros, acaban por no arrastrar mas que arenas y limo á semejanza de los rios de los llanos.

Mi asignatura de 1846—1847 podria figurarse simbólicamente dibujando una doble pirámide cuyas dos cúspides representarían, la una los productos petreos y la otra las emanaciones gaseosas de los volcanes actuales y cuya base única seria el baño de materias fundidas sobre cuya superficie cristalizaron los primeros granitos; especie de *caos primitivo* en el cual se encontraron simultáneamente todos los cuerpo simples.

Al estudiar entonces el conjunto de los hechos asi representados nos hallariamos inducidos á formar de un lado y al partir de las lavas de los volcanes actuales hasta llegar á los granitos, una cadena continua de rocas cada vez mas cargadas de silice y llevando el sello de acciones químicas tanto mas complicadas, y de otro, otra cadena análoga que arran-

cando desde los fenómenos volcánicos contemporáneos, considerados bajo el punto de vista de las emanaciones á que dan lugar, vendria á parar hasta los rastros de emanaciones mas ó menos semejantes que acompañaron á los granitos. Siguiendo los diversos eslabones de esta última cadena aparecen sucesivamente casi todos los cuerpos simples no comprendidos en las emanaciones volcánicas actuales; presentándose, por decirlo así, toda la química y toda la mineralogía y llegándose á una de las cuestiones mas importantes de la geología, á la del origen del granito. A esta cuestion dificilísima, se llega tambien ora se descienda hasta la base de la pirámide que representa los productos fundidos de los focos eruptivos, ora se baje hasta la base de la que figura las emanaciones.

En el origen de los fenómenos eruptivos, al formarse los primeros granitos, ambas clases de productos eran mucho menos diferentes por su composicion de lo que lo fueron despues y los primeros focos eruptivos parecen haber arrojado simultáneamente y por estos medios de erupcion casi confundidos, los cuatro quintos, cuando menos, de los cuerpos simples conocidos, que en un principio, se hallaban unidos todos en una especie de *mezcla universal*.—

Harto natural es en efecto suponer que en el origen de las cosas, los cuerpos simples estaban mezclados mucho mas indistintamente que no lo están hoy; porque el orden en que los encontramos actualmente es el resultado de una larga série de fenómenos que todos ellos atravesaron, obedeciendo á las leyes físicas y químicas segun la naturaleza de sus propiedades y siendo estas diversas debieron tender por sí mismas á separarlos. Así, en medio de todas sus varias operaciones y de las sacudidas violentas que ocasionaron procedió la naturaleza á una separacion progresiva de los cuerpos simples.

Gran número de estos, cuyas reacciones, en el estado actual de las cosas, serian sumamente débiles en unos, y muy enérgicas y deletéreas en otros, se fijaron desde luego casi en su totalidad y no quedaron en circulacion sino

los de una energía moderada y muy sensibles á la accion ejercida por unos sobre otros en las circunstancias presentes.—

Tal es, en particular, el carácter de los 19 cuerpos simples que figuran en las emanaciones volcánicas, exceptuando únicamente el potasio y el sodio, cuya afinidad por el oxígeno es muy enérgica, y que solo aparecen en los volcanes en estado de óxidos.

Y otro tanto puede decirse de la mayor parte de los cuerpos simples que se encuentran hoy en las aguas minerales; sin embargo hay uno muy enérgico, el fluor, que se presenta algunas veces si bien en cortísima cantidad, aun cuando formando siempre parte de combinaciones casi neutras.

Esta separacion gradual es un gran fenómeno que se ha producido en toda la formacion de la corteza terrestre pero cuyos efectos han variado á medida que esta misma fue adquiriendo mayor espesor. Asi lo espresa bien claramente el cuadro que acompaña esta nota y cuyas columnas comparadas entre sí demuestran que gran número de cuerpos simples se concentraron allí donde la corteza terrestre sufrió el primer influjo del enfriamiento, quedando desde entonces apartados, en cierto modo, de la circulacion y no hallándose sino accidentalmente en las masas inmobilizadas con posterioridad. Algunas de estas partes coaguladas desde el principio del enfriamiento pero sin solidificarse por completo, hicieron erupcion á través los primeros depósitos sedimentarios formados por la desagregacion de las materias enfriadas en la superficie; en estos ramales de materias pastosas es donde se encuentran particularmente gran parte de las sustancias que propendian á salir de la circulacion. Los criaderos formados de este modo, los criaderos estanníferos son los que tienen mas variada riqueza.

La riqueza en cuerpos simples hállase pues en su máximo en las rocas cristalinas mas antiguas cuya coagulacion se operó en la superficie de las grandes masas de materias fun-

didadas que formaron la primera cubierta del globo y en sus mas inmediatas emanaciones.

El segundo orden pertenece á los filones que se formaron por las emanaciones de masas menos silíceas, cuyo punto de partida se halla á mayor profundidad en el interior del globo terrestre;—

El tercer grado corresponde á las aguas minerales, que son una de las continuaciones de estos diferentes fenómenos de emanacion;

Y hállase el cuarto en las emanaciones de los volcanes, algo mas pobres que las aguas minerales, pero que tienen por lo demás grandísima semejanza con estas.

Estos fenómenos forman una série graduada: en los primeros, los mas antiguos, la naturaleza terrestre se hallaba mas rica en cuerpos simples que al ejecutarse las últimas operaciones que tuvieron lugar en la superficie del globo; y su efecto fué concentrar en algunas rocas muy antiguas gran número de los cuerpos simples conocidos. La mayor parte de estos, dotados de afinidades químicas enérgicas, habiendo podido fijarse no reaparecieron ya, sino raras veces, en las épocas modernas de la historia del globo, mientras que en las remotas era general su accion. En aquel tiempo los fenómenos eran seguramente mas frecuentes y poderosos que en los tiempos modernos y actuales, en que, por lo comun, no obran, á la vez del calor, sino los agentes químicos mas inofensivos para los séres organizados, aquellos agentes cuya accion se desarrolla por completo en las circunstancias físicas que existen en la actualidad en la superficie del globo y que por lo general empleamos precisamente en nuestros laboratorios al operar por la vía húmeda, tales como el cloro, azufre, etc., que hacen parte de las emanaciones mas frecuentes de los volcanes.

En suma el *silicio*, el *potasio* y una numerosa série de cuerpos simples, se encuentran con mas abundancia en la primera envoltura consistente del globo y en sus emanaciones directas, que en lo restante de la corteza terrestre. Al-

gunos se concentran casi exclusivamente allí y habiendo sido de este modo separados mas ó menos por completo de la circulacion, desde que se formó esta primera cubierta de nuestro globo immobilizada al principiarse su enfriamiento, ha debido existir una causa muy general que hiciera que á la vez y principalmente el *silicio* y el *potasio* se hallaran llevados á la superficie exterior de la masa terrestre y que esta multitud de cuerpos simples cuya presencia es el atributo especial de los granitos y de los criaderos estanníferos se les reunieran. Esta distribucion de los cuerpos simples parece esplicarse, en efecto, con bastante naturalidad, por las teorías mas plausibles que pueden hacerse sobre el modo en que se sucedieran en la superficie del globo los fenómenos quimicos.

Una de las hipótesis mas ingeniosas que se han presentado sobre el origen de la corteza terrestre y de una parte del calor que encierra nuestro globo en su interior, consiste en suponer que hubo un momento en que los diferentes cuerpos simples que entran en la composicion de las rocas no se hallaban todavia combinados con el oxígeno. La oxidacion naturalmente, no se hizo de un modo uniforme en todos estos cuerpos sino que algunos se oxidaron con preferencia á los demás, y entre estos deben contarse los que forman parte de las rocas graníticas y de los criaderos estanníferos. Son cuerpos, en efecto, que debieron absorber el oxígeno con mucha avidez y puede admitirse que el *silicio* y el *potasio* se oxidaron mas rápidamente que la mayor parte de los otros cuerpos simples y que por esta razon se encuentran precisamente en mayor proporcion en las partes superiores de la corteza terrestre que en las partes inferiores.—Esta suposicion se ajustaría bastante bien por lo demás con las propiedades de los metales, que, como el *litio*, *yttrio*, *glucinio*, *zirconio*, *torio*, *cerio*, *lantano*, *didimio*, *urano*, *estaño*, *tántalo*, *niobio*, *pelopio*, *tungsteno*, *molibdeno*, se concentraron principalmente en la primera corteza del globo. Todos ellos son muy ávidos de oxígeno y le abandonan con dificultad. Por la inversa,

ciertos cuerpos han resistido á la oxidacion: estos son los que conocemos casi únicamente al estado nativo y que vemos aparecer cuando los fenómenos eruptivos los traen á la superficie: tales son el *paladio*, *rodio*, *rutenio*, *iridio*, *platino* y *osmio* que todos quedaron en las profundidades de donde salian á la superficie solo en algunos casos excepcionales, por causa de fenómenos eruptivos comparativamente modernos. Su gran peso específico contribuyó sin duda á detenerlos en las entrañas de la tierra; pero quizás tambien su menor tendencia á combinarse con el oxígeno contribuyó á arrastrarlos lejos de la superficie.—

Acaso fuese algo difícil enumerar todas las causas que concurrieran á producir esta division. Y sin duda, para que ambas clases de cuerpos se separasen de una manera tan exacta y completa, marchando unos hácia las partes superiores y los demás á las capas inferiores de la corteza terrestre, debió ocurrir entonces algun fenómeno especialísimo que fuera del mayor interés esclarecer; pero sería aventurado suponer desde luego que la tendencia preponderante de ciertos cuerpos á combinarse con el oxígeno bastara por sí sola para extraerlos casi por completo de una masa de algunos millares de metros de espesor. Esto seria, quizás, atribuir á esta *copelacion natural* efectos de una energia superior á la que puede reconocérsele racionalmente; pero tal vez pudiera indicarse que la tendencia que existia por la sola diferencia de oxidabilidad á que semejante separacion se produjera, se hallaba secundada por otra causa á cuya potencia es mucho mas difícil asignar un limite. El globo terrestre sometido á una combustion que obraba en toda la extension de su superficie debia ser *un aparato electro-químico de un poder inmenso* cuya accion era precisamente apropiada para traer á la superficie los metales mas ávidos de oxígeno. Considerada bajo ese concepto y con todo el acompañamiento de efectos físicos quedebieron irle unidos, la oxidabilidad preponderante ó en términos mas generales, la naturaleza química de los cuerpos simples particularmente concentrados

en la primera corteza oxidada del globo puede ofrecer una esplicacion plausible de su reunion.

Esta esplicacion se me presenta como tanto mas valedera que los fenómenos eléctricos parecen tambien haber contribuido considerablemente á la nueva concentracion que aglomeró parte de los metales en el mayor número de los criaderos que dejo señalado.—

Volveré en breve á ocuparme de esta intervencion probable de la accion eléctrica pero primero haré notar que el juego de las corrientes gaseosas que debieron desprenderse al través de la corteza terrestre ha podido tambien contribuir poderosamente á acumular los metales propios de los granitos en las posiciones en que se encuentran.

Hemos observado que los minerales que contienen estos numerosos cuerpos simples no se hallaban diseminados arbitrariamente en toda la extension de las masas graníticas; sino que se aglomeraron en ciertas partes y en particular en la superficie de las masas: este es el sitio en que comunmente se presentan los minerales de estaño. Hállanse asi concentrados, no tan solo en la primera corteza coagulada en la superficie del globo, sino tambien en la cutícula de esta corteza y en las ramificaciones y emanaciones que esta especie de *liber* ó *dermis terrestre* introdujo en las masas á través de las cuales fué empujado y con las que se encuentra en contacto.

Para darnos cuenta exacta de la posicion doblemente concentrada que ocupan los metales de la familia del estaño, del tántalo, etc., así en las masas graníticas, en general, como en ciertas partes de esas masas, no debemos limitarnos á considerar los puntos en que se les encuentra diseminados cerca de las líneas de contacto, visibles al exterior, de las masas graníticas antiguas y rocas adyacentes; es menester tomar en cuenta que estas líneas no son mas que la interseccion por la superficie del globo, de superficies de contacto muy extensas que se hallan ocultas en su interior. Para comprenderlo claramente, pueden suponerse todas las masas graníticas des-

pojadas de las capas que las recubren. Obligado así el granito á descubrir su superficie de contacto con las rocas que le están sobrepuestas, esta superficie se mostraria casi toda ella enriquecida con los metales que le son propios, si bien se hallarian estos especialmente concentrados en la superficie de los resaltes que presentara. Despojada el granito, como acabo de suponerlo, de todas las masas que lo ocultan en parte, ofreceria á la vista cierto número de protuberancias muy salientes que se elevarian por cima de todos los accidentes superficiales, como unas especies de *chimeneas* ó *pararayos*. Estas columnas ó puntos salientes serian las partes mas ricas en metales, justificando quizás, hasta cierto punto, la causa de su concentracion la doble comparacion que acabo de estampar.

En efecto, estas columnas irregulares, siempre mas ó menos grieteadas así como las rocas que las avecinan, formaron *chimeneas* naturales por donde se desprendieron de los vapores que pudieron salir de los granitos. Una causa particular ha debido, con frecuencia, activar considerablemente el desprendimiento de los vapores á través de todas las protuberancias de la primera corteza granitica del globo terrestre. Los vapores contenidos en las masas graniticas en fusion (tanto en razon de su accion coercitiva comun, pero tambien á la manera del ácido carbónico en una agua gaseosa comprimida) fueron primeramente sometidos á la enorme presion que ejercia la inmensa cantidad de vapor debida al agua del mar vaporizada. Este despues de liquidado comprimió todavia con su peso los vapores contenidos en las masas graniticas colocadas por bajo de su cuenca; pero los filones ó columnas graniticas que apuntaron en los continentes ó en las islas á un nivel superior al de las aguas, hallándose descargados de esta enorme presion procuraron á los vapores una salida fácil por la que debieron desprenderse en abundancia, favoreciéndose así singularmente la *acumulacion en los picos* de los metales arrastra los por estos vapores.

Puede observarse tambien que la superficie de contacto

del granito y de las rocas superpuestas ha marcado, durante mucho tiempo, en el espesor de la corteza terrestre, la altura en que la temperatura varió mas rápidamente, de un punto á otro, y por lo tanto aquella en que las *corrientes eléctricas* debidas á las desigualdades de temperatura, debieron desarrollarse con mas intensidad. Así pues, si la electricidad producida de este modo ha influido sobre la repartición de los metales en el espesor de la corteza terrestre, parece natural que los transportara con preferencia hácia la superficie de contacto de que acabo de hablar, y que los concentrara particularmente en las *puntas* que presentaba esta superficie.

El desprendimiento del vapor por estas mismas puntas ó chimeneas, debió concurrir á que se originasen en ellas movimientos eléctricos; pues sabido es que la salida del vapor contenido en una caldera da lugar á un desarrollo considerable de electricidad que M. Faraday enseñó á utilizar para cargar baterías que tienen el poder del rayo.

Ya he citado diversos hechos que me inducen directamente á creer que la electricidad representa un papel importante en la formación de gran número de depósitos metalíferos. Añadiré también que me parece sumamente notable que el platino, paladio, cobre, oro y plata nativos, tengan generalmente pesos específicos mucho menores que estos mismos metales fundidos en nuestros hornos. Este hecho concuerda de un modo marcado con el estado ramoso y reticular en que se presentan con frecuencia varios de estos metales y particularmente el cobre, el oro y la plata. De donde me parece muy probable que estos metales no se hallaban en fusión cuando cristalizaron, sino que se resolvían sencillamente en granallas, análogas á las que forma el hierro reduciéndose sin fundirse en las forjas catalanas y en los hornos de puddlar, y á lo que se llama la esponja de platino. Podrá admitirse también que fueron reducidos y agregados por fenómenos análogos á la galvanoplástica y á la formación del cobre de cementación. Se sabe por los experimentos de M. Fox y por las de M. Reich que la mayor parte de los

filones metálicos se encuentran comunmente en un estado eléctrico especial. Este estado eléctrico habitual ofrece uno de los medios mas naturales de explicar los fenómenos de epigenia, de transportes moleculares, etc. que parecen haberse producido en los filones mucho tiempo despues de su creacion. En el momento de su formacion el estado eléctrico debió ser mas marcado todavia y por lo demás he insistido extensamente sobre el papel preponderante que entonces desempeñaron las emanaciones, ya bajo la forma de vapores, ya al estado de aguas minerales.

Las ideas espresadas nos llevan pues naturalmente á pensar, que tanto en el concepto de la accion de los vapores como en el de la electricidad, la formacion de los criaderos estanníferos ha tenido numerosos rasgos de semejanza con la de los demás criaderos metalíferos.

Y asi, para acumular los metales en las partes de la corteza terrestre próximas á la superficie y como para ponerlos al alcance del hombre que debia un dia beneficiarlos, hallamos vapores que arrastraron ya sea al estado molecular ó á la manera de una especie de *espuma* los metales de los granitos y corrientes eléctricas que los extrajeron de las numerosas masas en cuyo seno se encontraban esparcidos todavia de un modo mas ó menos uniforme y en proporciones casi imperceptibles si bien apartados de la circulacion general. Esta acumulacion en los puntos elevados, (aun cuando algun dia debiera explicarse por otras causas que las que acabo de indicar) cuadraria siempre de un modo muy notable con los hechos que he citado anteriormente pág. 59 (1) para demostrar cuan ilusoria es

(1) A los hechos que cité para hacer ver que la distribucion de los metales en los criaderos metalíferos ha sido influida generalmente por la proximidad de la superficie exterior de la tierra, añadiré todavia la observacion siguiente: los terrenos de transporte auríferos, tan generalmente esparcidos en la superficie del globo, proceden probablemente de la destruccion de la parte superior de criaderos, que, como los de Bérésowsk, en Siberia, eran auríferos especialmente cerca de la superficie. Esta parte superior de los criaderos (*golden hunt*) fué des-

la hipótesis que busca la esplicacion de la naturaleza y de la cristalinidad del granito, atribuyéndolo á *erupciones interiores* operadas á profundidades inmensas en el espesor de la corteza terrestre.

De estas diversas consideraciones se desprende, si no estoy equivocado, que no presenta un problema insoluble la concentracion en el granito del *silicio*, del *potasio* y de una numerosa clase de metales y su acumulacion en ciertas partes de estas rocas; que sea cual fuere la esplicacion definitiva que pueda darse de su reunion, lo cierto es que existe y que necesariamente se remonta á fenómenos estremadamente antiguos, que debieron diferir de los fenómenos obrando actualmente en la superficie de la tierra; que al coagularse la primera corteza del globo terrestre, algo debió existir que apartara gran número de cuerpos de la circulacion; y que hay una inmensa diferencia entre los fenómenos propios de la época en que se formó el granito y lo que pasó mas adelante al formarse las demás rocas cristalinas; de todo lo cual resulta que los fenómenos que tuvieron lugar en la superficie del globo han seguido cierta gradacion.

El hecho solo de que durante los primeros fenómenos geológicos, sea cual fuere su naturaleza, gran parte de los cuerpos simples se hallaron secuestrados de modo á no reaparecer luego, indica un cambio gradual en la marcha de los fenómenos geológicos; viéndose asi cuán contrario es esto á ciertos sistemas que suponen que, en la superficie de la tierra todo hubo de pasar siempre de igual manera y que se pierde el origen del globo en las tinieblas de un periodo indefinido, dentro del cual los fenómenos geológicos giraron perpétuamente en el mismo circulo; sin reparar que si todo hubiera pasado siempre del mismo modo, sin ningun cambio esencial,

truida la primera y de aquí el que sean muy contados los casos en que pueda llegarse á hacerse cargo del origen del oro que se encuentra en los terrenos de transporte.

los criaderos minerales nos ofrecerian todos la misma série de cuerpos simples y no un conjunto mas numeroso en los primeros que en los que se formaron últimamente.

La série de los fenómenos que dejaron sus rastros en el globo terrestre tuvo pues un *principio* que la ciencia nos permite traslucir. La tierra, asemejándose, bajo ese concepto, á los séres organizados, tuvo su juventud y ha envejecido sensiblemente. Si, en los intervalos de las grandes conmociones dinámicas que producen las cadenas de las montañas y que aniquilan entonces myriadas de séres organizados sin destruir por completo todas las especies, ésta conserva todavía los mismos órganos de movimiento y de mutabilidad que en su origen, esos órganos no poseen ya la misma vivacidad de accion ni los alimentan tan poco sustancias igualmente enérgicas.

Lo que es evidente, es, que los mas intensos de los fenómenos químicos que produjeron la naturaleza mineral, debieron ocurrir, en su mayor parte, anteriormente á la existencia de los cuerpos organizados; y este hecho único, demuestra que el globo terrestre ha pasado por una série de fenómenos diversos y sucesivos y que ha habido desarrollo de la naturaleza inorgánica. En medio de este es cuando vino á desenvolverse á su vez la naturaleza orgánica tal cual nos lo indica la aparicion sucesiva de las diversas clases de séres organizados.

La marcha graduada, segun una progresion decreciente, de los fenómenos químicos, es una de las maravillas de la naturaleza, y una de las partes mas notables en el órden general del universo. El globo terrestre hallábase destinado á los séres organizados que poblaron su superficie y el ordenamiento general de los fenómenos inorgánicos, cuyo teatro fue sucesivamente, hubo de enlazarse estrechamente al plan general de la naturaleza orgánica. Las sustancias de las erupciones y emanaciones fueron, con el tiempo, reduciéndose casi únicamente á los cuerpos simples que constantemente ha-

bian de restituirse al globo, para que ninguna de sus partes careciese de los materiales que debian constituir los seres organizados; y, por la inversa, desde las primeras edades del mundo quedaron apartados, en gran parte, de la circulacion aquellos cuerpos, que por su indole, hubieran podido ejercer una accion deletérea sobre los seres organizados ó que no debian entrar en su composicion.

La decadencia gradual de los agentes químicos que obraron en la superficie del globo, comparada con el orden en que aparecieron las diversas clases de seres organizados, deja percibir en la historia de la naturaleza un plan tan armónico como el que admiramos en la constitucion de cada ser en particular. Las organizaciones mas complejas y las mas delicadas aparecieron únicamente despues que los principios que pudieran dañarles quedaron casi completamente fijos ó reducidos á proporciones inofensivas. El hombre, cuyo desarrollo físico é intelectual exige mayores miramientos todavía, que el de todos los seres que domina y cuya série corona, pareció el último, cuando la accion habitual de los focos interiores del globo sobre su superficie habia quedado reducida á su mínimo de energia, y cuando se hallaba la tierra en estado de recibirle por hallarse ó fijos casi por completo todos los principios deletéreos ó reducidos en su emision á las cantidades mínimas que en las aguas minerales sirven al alivio de sus dolencias y á la prolongacion de su existencia.

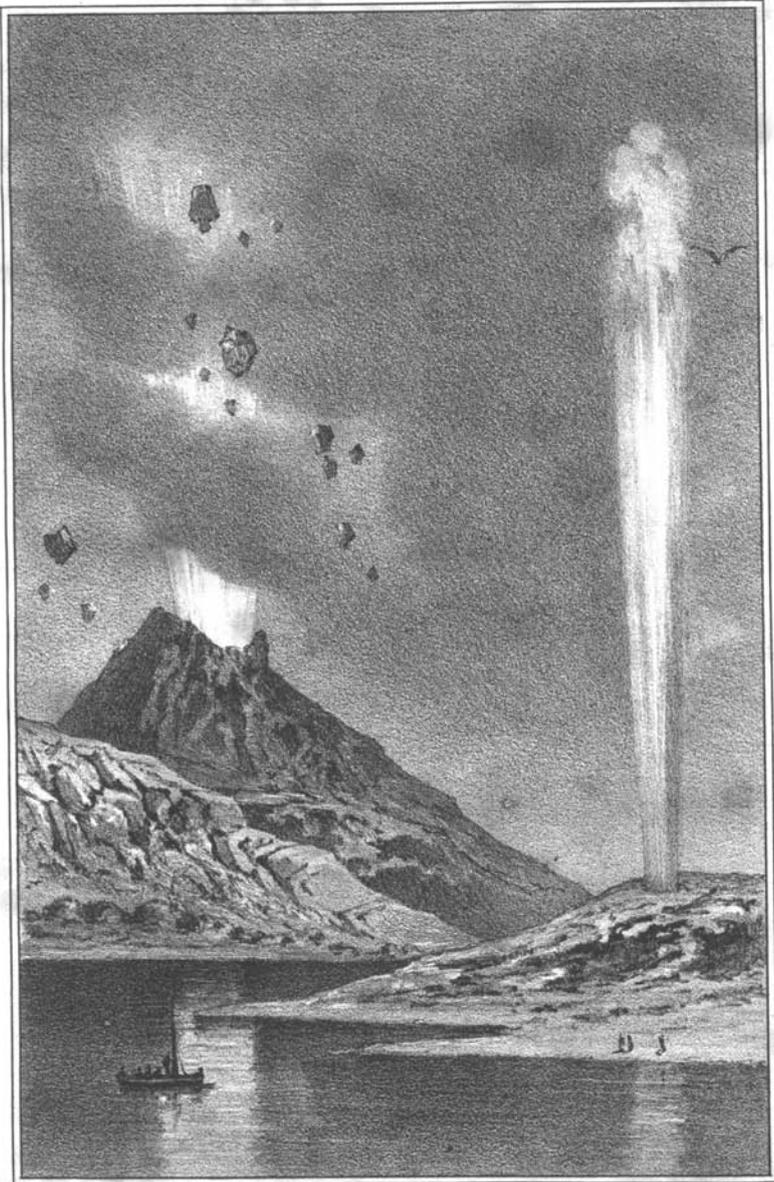
Todos los ramos de los conocimientos humanos se enlazan entre sí, y la geologia, hermana menor de las diversas ciencias, tiene con sus mayores, relaciones mas multiplicadas todavía que las que éstas las tienen entre sí: probándolo asi nuevamente las variadas consecuencias á que nos ha conducido el *cuadro de la distribucion de los cuerpos simples en la naturaleza* que ha formado la base y fundamento de esta nota y que colocamos á continuacion.—



CUADRO DE LA DISTRIBUCION DE LOS CUERPOS SIMPLES EN LA NATURALEZA.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Cuerpos mas esparcidos en la superficie del globo.....	Rocas actuales..... volcanicas	Rocas volcanicas antiguas.....	Rocas basicas.....	Granitos.....	Filones estanniferos.	Filones comunes y geodas.....	Manantiales minerales.....	Emanaciones volcanicas.....	Radicales nativos ..	Aerolitos.....	Cuerpos organizados
1 Potasio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
2 Sodio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
3 Litio....					*	*	*	*	*			
4 Bario....					*	*	*	*	*			
5 Estroncio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
6 Calcio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
7 Magnesio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
8 Bario....					*	*	*	*	*		*	*
9 Glucinio....					*	*	*	*	*		*	*
10 Aluminio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
11 Zirconio....					*	*	*	*	*		*	*
12 Thorio....					*	*	*	*	*		*	*
15 Cerio....					*	*	*	*	*		*	*
14 Lantano....					*	*	*	*	*		*	*
15 Didimio....					*	*	*	*	*		*	*
16 Urano....					*	*	*	*	*		*	*
17 Manganeso....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
18 Hierro....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
19 Níquel....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
20 Cobalto....				*	*	*	*	*	*		*	*
21 Zinc....				*	*	*	*	*	*		*	*
22 Cadmio....				*	*	*	*	*	*		*	*
25 Estaño....				*	*	*	*	*	*		*	*
24 Plomo....				*	*	*	*	*	*		*	*
25 Bismuto....				*	*	*	*	*	*		*	*
26 Cobre....				*	*	*	*	*	*		*	*
27 Mercurio....				*	*	*	*	*	*		*	*
28 Plata....				*	*	*	*	*	*		*	*
29 Paladio....				*	*	*	*	*	*		*	*
50 Rodio....				*	*	*	*	*	*		*	*
51 Rutenio....				*	*	*	*	*	*		*	*
52 Iridio....				*	*	*	*	*	*		*	*
55 Platino....				*	*	*	*	*	*		*	*
54 Osmio....				*	*	*	*	*	*		*	*
55 Oro....				*	*	*	*	*	*		*	*
56 Hidrógeno....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
57 Silicio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
58 Carbono....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
59 Boro....				*	*	*	*	*	*		*	*
40 Titano....		*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
41 Tantalo....		*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
42 Niobio....				*	*	*	*	*	*		*	*
45 Pelopio....				*	*	*	*	*	*		*	*
44 Tungsteno....				*	*	*	*	*	*		*	*
45 Molibdeno....				*	*	*	*	*	*		*	*
46 Vanadio....				*	*	*	*	*	*		*	*
47 Cromo....				*	*	*	*	*	*		*	*
48 Teluro....				*	*	*	*	*	*		*	*
49 Antimonio....				*	*	*	*	*	*		*	*
50 Arsénico....				*	*	*	*	*	*		*	*
51 Fósforo....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
52 Azoe....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
55 Selenio....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
54 Azufre....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
55 Oxígeno....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
56 Yodo....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
57 Bromo....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
58 Cloro....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
59 Fluor....	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
	16	14	15	50	42	48	45	24	19	20	21	16

Emanaciones volcánicas y metalíferas.



SIMPLIFICACION PROGRESIVA DE LOS FENÓMENOS ERUPTIVOS.



Sustancias volcánicas á manera de las lavas.



Sustancias volcánicas á modo del azufre.