

posible de acuerdo con las leyes de la naturaleza, y considerar, de la misma manera, lo que es imposible²⁹.

POR lo tanto, debe mantenerse como prueba cualquier conclusión que se logre por medio de esta ciencia, en su justo razonamiento a partir de apariencias naturales, donde no puedan obtenerse pruebas más directas; y en un asunto físico, en lo que concierne a las cosas reales y no a la imaginación de la mente humana, esta prueba tendrá el peso de una demostración. [225]

SEGUNDA PARTE

Investigación de las Operaciones Naturales empleadas en la consolidación de los Estratos del Globo Terrestre.

EXISTEN sólo dos mecanismos mediante los cuales pueden consolidarse los cuerpos porosos o esponjosos, y por los que las sustancias adquieren una forma natural y una estructura regular; el primero de éstos es la simple *congelación* a partir de un estado líquido, por medio del frío; el otro es la *acreción*; y éste incluye una operación de separación, además de la que va a producir el cuerpo sólido. Pero en cualquiera de estas formas por las que se obtenga la solidez³⁰, ésta se producirá primero induciendo la fluidez, bien directamente por la operación del calor, bien mediante la ayuda de un disolvente, es decir, por disolución.

ASÍ, pues, el fuego y el agua pueden considerarse los agentes generales en esta operación que vamos a explorar. Consideraremos, por lo tanto, cuáles pueden ser las consecuencias de la solidificación por cualquiera de estos agentes, así como las diversas energías en relación con dicha operación.

SI carecemos de fundamentos en esta rama de la ciencia, quizás miremos sin orden sobre las pruebas más convincentes de lo que deseamos conseguir. Si nuestro conocimiento es imperfecto, llegaremos a principios erróneos, y nos equivocaremos nosotros mismos al razonar en relación con los mecanismos de la naturaleza, que están sabiamente calculados para nuestra instrucción.

SE considera que los estratos formados en el fondo del mar se han consolidado bien por disolución acuosa y cristalización, bien por el efecto de la fusión mediante el calor. Si los estratos del globo han alcanzado su estado actual por el primero de estos mecanismos, habrá una cierta uniformidad observable en sus efectos, y existirán leyes generales que habrán llevado a cabo esta operación. Por lo tanto, conociendo dichas leyes generales, y haciendo sólo observaciones en relación con las características naturales de las masas consolidadas, un filósofo, en su estudio, podría determinar lo que puede haber ocurrido o no en las entrañas de la tierra, o bajo el fondo del océano.

ESFORCÉMONOS ahora en determinar cuál puede haber sido la fuerza del agua, actuando bajo circunstancias concretas, operando sobre sustancias conocidas y con una cierta finalidad.

ESTAMOS familiarizados con la acción del agua sobre las diferentes sustancias. Podemos aplicar agua con distintos niveles de calor para la disolución de los cuerpos, y bajo diferentes niveles de compresión; consecuentemente, no existe razón para pensar en cosas misteriosas para las operaciones del globo terrestre que se realizan por medio del agua, a menos que una inmensa fuerza de compresión pudiera alterar la naturaleza de dichas operaciones. La compresión modifica la relación de la evaporación sólo respecto del calor, o cambia el nivel del calor que el agua puede contener. Consecuentemente, no debemos buscar otra cualidad oculta en el agua que actúe sobre los cuerpos en el fondo del más profundo océano, que aquello que podemos observar en los experimentos que somos capaces de hacer.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(29) Cuando Hutton recurre a las leyes de la naturaleza para dilucidar entre lo que es posible o imposible, está planteando el *uniformitarismo metodológico*, es decir, el principio procedimental que sostiene la *constancia* espacial y temporal de las leyes naturales conocidas; volverá a insistir en ello más adelante (p. [225-226], [265] y [273]). Este principio, aunque universal (y superfluo, puesto que es inherente a cualquier ciencia), no lleva implícita la uniformidad en la *energía* desarrollada en los procesos naturales, cuya tasa no tiene por qué haber sido la misma a lo largo de toda la historia de la tierra (tal y como sostiene el *uniformitarismo sustantivo*); véase, a este respecto, García Cruz, C.M. (2000). El principio de uniformidad (III). El presente: Una aproximación al neocatastrofismo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(2), 99-107; véase, además, p. [272], nota 62.

(30) Recuérdese que el propio Hutton aplica el término *solidez* en oposición a *vacuidad* y *porosidad*, y no a *fluidez*, para el que utiliza *concreción*; véase, en este volumen, el *Resumen*, p. [7], nota a del propio autor.

VOLVAMOS también a la acción del tiempo. Su continuidad consigue que se produzcan muchos de aquellas operaciones que son extremadamente lentas, aún cuando a nuestros ojos pueda parecer que no ha tenido lugar cambio alguno; incluso donde no está en la naturaleza de las cosas producir el cambio en cuestión, el curso ilimitado del tiempo no sería más eficaz que el instante por el cual medimos los acontecimientos en nuestras observaciones.

EL agua es el medio general que contienen siempre los cuerpos que se acumulan en el fondo del mar; si estas masas se consolidaran mediante una solución, debe ser por la disolución de dichos cuerpos en el agua que actúa como mens-[227]-truo³¹, y por la concreción o cristalización de esta materia disuelta, rellenando posteriormente los espacios, ocupados primero por el agua en dichas masas, con la substancia dura y sólida; mas la ausencia de otra fuerza que separase el agua contenida en las cavidades y laberintos interminables de los estratos, proporcionalmente a medida que realizara su cometido, no permite concebir la cantidad de masa que se consolidaría de forma absoluta sin una sola partícula de agua líquida en su composición, a pesar de cambiar de estado a consecuencia de haberse hundido primero.

JUNTO a esta dificultad de tener que separar el agua de las masas porosas que se han de consolidar, existe otra, bajo este supuesto, con la que tenemos que enfrentarnos: ¿de dónde procedería la materia con la que se rellenan las innumerables cavidades de dichas masas?

EL agua de las cavidades e intersticios de aquellos cuerpos que forman los estratos, debe estar estancada; consecuentemente, sólo puede actuar sobre la superficie de las cavidades que ocupa. Pero ¿con qué estarán rellenos? Con agua precisamente no, puesto que ya lo están, y tampoco con la substancia de los cuerpos que contienen el agua; esto sería como hacer una cavidad para llenar otra. Por lo tanto, si los huecos de los estratos se rellenaran con cualquier materia sólida, que no sea agua, debe hacerse pasar el agua impregnada con alguna otra substancia en disolución a través de las masas porosas; y debe hacerse el menstuo acuoso para separarla de la substancia disuelta y depositarla en aquellas cavidades a través de las que se mueve la disolución.

MEDIANTE una suposición como ésta quizás podamos explicar la consolidación parcial de los estratos; pero el asunto que estamos considerando no admite un supuesto como éste; porque en el caso actual, es decir, el de los materiales acumulados en el fondo del océano, no existen medios apropiados para separar la materia disuelta del agua incluida en estas enormes masas; ni existe medio alguno que dé lugar a la circula-[228]-ción en dichas masas. En este caso, por lo tanto, en el que la suposición no parte de medios naturales, el filósofo que tenga que explicar el fenómeno por la operación natural del agua en una situación como ésta, no debe recurrir para resolver su supuesto a otro agente, incluso más poderoso, que no pueda ser admitido.

POR consiguiente, resultará que para consolidar los estratos formados en el fondo del océano tal y como se ha considerado, se requieren operaciones que no actúan de forma natural en este lugar; consecuentemente, no es posible este supuesto para apoyar la hipótesis.

AHORA bien, en lugar de investigar hasta qué punto puede suponerse el agua como un instrumento en la consolidación de los estratos que originalmente poseían materiales disgregados, consideraremos en qué medida puede aparecer en aquellos cuerpos consolidados, que nos permita concluir si el estado actual de su consolidación ha sido ocasionado o no realmente por ese agente.

SI el agua ha sido el menstuo que introdujo la materia consolidada en los intersticios de los estratos, la masa de estos cuerpos sólo podría encontrarse consolidada con substancias solubles en el agua; y estas substancias se deberían hallar sólo en un estado en que pudieran separarse de una forma sencilla a partir de una disolución acuosa.

EN este caso, la consolidación de los estratos estaría limitada en extremo; porque no podemos achacar al agua más poder que el que tiene en la naturaleza, ni imaginarnos poderes ilimitados en los cuerpos, a propósito de explicar esas apariencias, que nos permiten conocer las fuerzas naturales. Por tanto, ocupémonos con la máxima cautela de las características de esos cuerpos, por medio de las cuales vamos a investigar los principios de la mineralogía y conoceremos las leyes de la naturaleza.

LA cuestión con la que nos enfrentamos ahora tiene que ver con la consolidación de los componentes de los estratos. ¿Se corresponden estas substancias con el poder di-[229]-solvente del agua, y con el

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(31) *Menstuo* (del latín, *menstruum*, mensual), en alquimia, tenía el significado de *disolvente*. Éste deriva de la comparación que hacían los alquimistas del metal que sufría la transmutación en oro inmerso en una *disolución*, con el feto dentro de la matriz, donde la semilla espermática (parte masculina) se desarrollaba por la acción de la sangre menstrual (parte femenina).

estado en el que se encontrarían dichas sustancias separadas de su menstuo? Evidentemente, no; la conclusión a la que se llega necesariamente partiendo de las apariencias naturales está muy lejos de esta suposición.

TENEMOS estratos constituidos por espato calcáreo, algo que se distingue perfectamente de la concreción estalactítica de la tierra calcárea, como consecuencia de una solución acuosa. Existen estratos solidificados por la formación de *flúor*³², una sustancia, hasta donde sabemos, insoluble en agua. Otros están formados por sustancias sulfúreas y bituminosas, que no se corresponden con una solución acuosa. Tenemos estratos de materia silíceas, en un estado totalmente diferente del que ha sido observado, en ciertas ocasiones, como un depósito acuoso. Otros son de feldespato, una sustancia insoluble en agua. Existen estratos formados por casi todas las diversas sustancias metálicas, con sus mezclas casi interminables y sus composiciones sulfúreas; es decir, encontramos quizás sustancias de todo tipo introducidas en los intersticios de los estratos que se han formado por inmersión en el fondo del mar.

SI el agua ha sido la responsable de que los intersticios hayan sido rellenados con estos materiales, el agua debe ser, como el fuego, un disolvente, o una causa de fluidez, universal, y deberíamos cambiar totalmente nuestra opinión sobre ella en relación con su carácter químico. Pero no hay necesidad de violar de esta manera nuestros principios de la química para explicar ciertas apariencias naturales, en especial si éstas pueden ser explicadas de otra forma, en coherencia con las leyes conocidas de la naturaleza.

SI suponemos también que la estructura disgregada y porosa de los estratos se ha consolidado por fusión mediante el calor, entonces se elimina de una vez toda la dificultad que existía en el razonamiento sobre el poder o la acción del agua. La masa disgregada y discontinua de un estrato puede compactarse por medio de una débil compresión; la estructura porosa de [230] los materiales puede consolidarse, de forma similar, por la fusión de sus componentes; y una materia extraña puede introducirse en la estructura abierta de los estratos en forma de vapor o de exhalación, o en estado líquido por fusión; en consecuencia, el calor es un agente competente para la consolidación de los estratos, cosa que no es el agua por sí sola. Por lo tanto, si encontramos un agente como éste que actúa en el lugar natural de los estratos, debemos afirmar que es el adecuado para llevar a cabo dicho fin.

EL examen de la naturaleza sanciona esta suposición, en cuanto a que los estratos están consolidados por todo tipo de sustancias, y por casi todas las mezclas posibles de dichos componentes; consecuentemente, por difícil que pueda parecer que el calor tenga esta aplicación para el propósito de la consolidación de los estratos formados en el fondo del océano, no podemos suponer, a partir de apariencias naturales, alguna otra causa que haya actuado realmente para producir los efectos que se han examinado.

EN relación con los medios de consolidación de los estratos, la cuestión es de la mayor importancia para la historia natural, y es esencial en la teoría que se propone ahora para el sistema mineral. Por tanto, es necesario que se discuta con cierto grado de precisión al examinar los detalles; a este respecto, existe un campo tan extenso, y el tema es tan complicado en su naturaleza, que se podrían escribir muchos volúmenes sólo sobre este particular, sin llegar a agotar lo que podría decirse sobre este asunto; porque la prueba, aunque firme en muchos aspectos, está impuesta principalmente por multitud de observaciones, que conspiran de muy diversas formas para señalar la verdad, y por la imposibilidad de reconciliar todos estos hechos, excepto por medio de una suposición.

MAS como es necesario dar alguna prueba de lo que será más adelante un principio en nuestro razonamiento, me esforzaré ahora en generalizar el tema tanto como sea posible, para contestar a esa idea, y al mismo tiempo señalar el método particular de investigación. [231]

ENTRE los diversos estratos del globo terrestre se encuentran cuerpos formados por dos especies diferentes de sustancias, los cuerpos silíceos y aquéllos que pueden denominarse sulfúreos. Con cualquiera de ellos, o con ambos tipos de sustancias, cada estrato del planeta consolidado de forma diferente se en-

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(32) El término *flúor* (del latín, *fluo*, *fluir*) se refiere al nombre dado por Georgius Agricola en el *Bermannus* (1530), a diversos minerales parecidos a las gemas (*lapides gemmarum simili*), pero de menor dureza, que se fundían con facilidad por la acción del fuego; véase Agricola, G. (1546). *De ortu & causis subterraneorum lib. V. De natura eorum quae affluunt ex terra lib. IIII. De natura fossilium lib. X. De uteribus & nouis metallis lib. II. Bermannus; siue, de re metallica dialogus. Interpretatio Germanica uocum re metallicae*. M. Tramenzzino, Venecia (trad. italiana 1550, p. 465). [Universidad Complutense, Madrid]. [Dover Publ. (Mineola, N.Y., 2004) ha editado la trad. inglesa de *De natura fossilium* (ed. 1546)]; véase, además, Hoover, H.C. y Hoover, L.H. (1912). Nota 8 (p. 115) y Nota 15 (p. 381), en: Agricola, G. (1556). *De re metallica*. Dover Publ., Nueva York (trad. inglesa 1912, ed. 1986). [De esta última obra de Agricola (ed. 1561), Círculo Científico (Madrid, 2004), en su colección Biblioteca Alquímica Escorialense, ha editado un facsímil en dos volúmenes, uno de los cuales contiene la traducción castellana].

contrará tan íntimamente mezclado, o tan estrechamente conectado, que puede concluirse que los estratos deben haber estado afectados de forma similar por la misma causa, cualquiera que sea ésta por la que dichos cuerpos silíceos o sulfúreos han cambiado desde un estado líquido a otro concreto.

POR lo tanto, estas dos especies de cuerpos, silíceos y sulfúreos, deben examinarse ahora en relación con las causas de su concreción, con la idea de determinar cuál ha sido la fuerza que ha provocado la concreción o consolidación, que ha actuado universalmente en el planeta, y en particular para mostrar que los estratos se han consolidado en general, o que dichas sustancias particulares no se han cristalizado o concretado por medio de alguna solución líquida.

LA materia silícea, en términos físicos, no es soluble en agua, es decir, es imposible por ningún procedimiento probar que el agua tiene la capacidad para disolver esta sustancia.

PARECE que muchas otras sustancias, que son tan poco solubles en agua que su solubilidad no podría detectarse de otro modo a partir de ellas mismas, se hacen solubles por la acción de la materia silícea; éste es el caso feldespato, uno de los componentes del granito.

EL feldespato es un componente de la tierra silícea, arcillosa y calcárea, íntimamente unidas. Este cuerpo de composición silícea, cuando se expone durante un tiempo a la acción del clima, disuelve la parte calcárea, quedando la parte silícea en forma de un polvo blanco y suave. Pero quizás podamos dudar de esto si la disolución se lleva a cabo en agua pura, o también por medio de un ácido. No obstante, es cierto que debemos considerar las sustancias silíceas como insolubles en agua. [232]

EL agua de Giezer, en Islandia, contiene indudablemente esta sustancia en disolución, pero no hay razón alguna para creer que aquí está disuelta por algún otro medio que no sea natural, esto es, una sustancia alcalina que pueda interpretarse como causante de la disolución en el agua de los cuerpos silíceos.

SE puede afirmar, por lo tanto, que sólo por fusión se han podido formar los cuerpos silíceos que tengan la dureza del sílex, o algunos cristales de esa sustancia. En el caso de que, por algún procedimiento, dicha sustancia se disolviera en agua pura, o cristalizase a partir de una disolución, podría desmentirse la afirmación anterior. Mas donde no existe vestigio ni prueba alguna que nos permita la suposición de que la materia silícea es disuelta por el agua, o cristalizada a partir de esa disolución, no se puede admitir una hipótesis como ésta, en oposición a apariencias generales y evidentes.

ADEMÁS de esta prueba indirecta para la fusión de los cuerpos silíceos, y a partir su insolubilidad en el agua, existe otra, más directa, y que se encuentra en apariencias que son claramente incoherentes con cualquier otra suposición, excepto con la simple fluidez inducida por el calor. La prueba que quiero indicar es la penetración de sustancias silíceas en muchos cuerpos que, de acuerdo con cualquier circunstancia colateral, debe haberse realizado con la materia silícea en un estado líquido puro, y no a través de una disolución.

EXISTEN cuerpos silíceos perfectamente aislados en los estratos tanto de creta como de arenisca. Para convencernos de esto sólo necesitamos inspeccionarlos. Es imposible que la materia silícea pudiera ser transportada hacia el centro de dichos estratos por un menstroo en el que estuviera disuelta, y depositarse así, en ese lugar, sin la menor traza de sedimentación en las partes circundantes.

ADEMÁS de este argumento que se deriva de la ausencia de hechos, la forma en que se encuentran actualmente las masas silíceas demues-[233]-tra, *primero*, Que se han introducido entre los estratos en un estado líquido, por inyección desde algún otro lugar. *Segundo*, Que se han dispersado de muy diversas formas entre aquellos estratos, sumergidos posteriormente a gran profundidad en el fondo del mar; y *por último*, Que se han solidificado allí a partir de un estado de fusión, y han permanecido en esa situación mientras esos estratos pasaban desde del fondo del océano a la superficie de la tierra firme actual.

PARA poder describir estas apariencias generales, este artículo debería sobrepasar los límites de un ensayo. Por lo tanto, debemos remitirnos a aquéllos que han investigado con mayor detalle en este tema, para examinar las regiones calcáreas de Francia e Inglaterra, en la que se encuentra el sílex con formas muy variadas, entre las que hay intercaladas areniscas, que también se han inyectado a partir de sílex fundido, y pudingas de Inglaterra, que yo no he visto en su emplazamiento natural. Yo recomendaría, de una forma más específica, el examen de las masas pedregosas aisladas, que se hallan en las areniscas de la ciudad de Bruselas, unas piedras que están formadas por inyección de sílex entre la arenisca, parecido a las masas de grava que formaron las pudingas de Inglaterra^(d).

NOTAS DEL TEXTO ORIGINAL DE HUTTON:

(d) Sería muy valiosa la existencia de descripciones precisas sobre estas apariencias, incluyendo esquemas.

SE necesitaría que todos estos ejemplos fueran examinados sobre el terreno, puesto que, en mi opinión, gran parte de las pruebas para la fusión de las sustancias silíceas proviene de la forma en que se encuentran esos cuerpos, y del estado de las partes circundantes. Hay muestras de lugares muy diferentes que contienen, por sí mismas, las huellas más evidentes de la penetración de una sustancia silícea en estado líquido. Existen piezas de madera fósil con intrusiones de una sustancia silícea, que proceden de Inglaterra, Alemania, y Lochneagh en Irlanda.

ALGUNAS veces, a partir de estas muestras parece que ha existido una penetración anterior en la madera, bien con [234] materia ferrosa, o con una sustancia calcárea. En otras, como en el caso de Lochneagh, no parece que haya existido penetración alguna de estas dos sustancias. La sílice inyectada parece haber penetrado la estructura de esta madera, sumergida en el fondo del mar, bajo una inmensa presión de agua. Esto se observa en la madera que ha sido penetrada parcialmente, puesto que mantiene intactas algunas de sus partes.

EN los límites entre estas dos partes, tenemos hoy en día la prueba más convincente, es decir, el hecho de que el sílex ha penetrado en la madera en estado líquido y no a través de una disolución.

Primero, PORQUE aunque una pequeña porción de la madera ha quedado libre de intrusiones, siempre se distingue entre la parte inyectada por el sílex líquido de la que no lo está. En este caso, la materia silícea ha avanzado una cierta longitud, que ha quedado marcada, y más allá de este límite no existe impregnación parcial ni gradación de la operación de silicificación, como debería ocurrir si la materia silícea se hubiera depositado a partir de una disolución. *En segundo lugar*, La interrupción de la impregnación silícea ha adoptado precisamente la forma tal y como habría ocurrido en estado natural a partir de la inyección de sílex líquido en esa estructura.

EN otras muestras de esta operación de mineralización, la madera fósil, más o menos con incrustaciones de sustancias ferruginosas y calcáreas, ha sufrido posteriormente la penetración de una sustancia silícea. En este caso, suponiendo que el cuerpo leñoso haya sido penetrado con cualquiera de aquellas sustancias en un estado de disolución acuosa, se habría mantenido aún la estructura regular de la planta, con sus poros rellenos de forma muy diversa con sustancias petrificantes, separadas del menbruo acuoso, y depositadas en su estructura vascular.

NO puede haber duda en relación con la verdad de esta proposición, puesto que con frecuencia encontramos restos de madera consolidada que conserva perfectamente [235] la forma natural y mantiene su estructura vascular; mas si hubiese sido una solución acuosa quien hubiera penetrado y consolidado la madera, se debería hallar toda la estructura con la misma forma natural y en la misma situación.

SIN embargo, esto está lejos de ser el caso, porque mientras en algunas partes, la estructura vascular se conserva totalmente, es también evidente que, en general, la estructura leñosa se rompe y se deshace de una forma muy diversa por la fusión y cristalización del sílex. Existen muchos ejemplos convincentes, y muy variados, sobre esto, pero el intentar describirlos excedería los límites prescritos para esta disertación, aunque poseo dichas muestras, y están disponibles para la inspección de cualquier persona que quiera estudiarlas.

PROCEDEMOS a continuación a considerar las sustancias sulfúreas, en relación con su solubilidad en el agua, y en qué medida estos cuerpos han actuado en la consolidación de los estratos del globo.

LO que consideramos aquí como sustancias sulfúreas, son sustancias insolubles en agua, hasta donde sabemos, pero sí se funden, y se inflaman por medio del calor y del aire vital³³. Estas sustancias son de dos tipos, uno simple y otro compuesto.

LA especie más simple se compone de sustancias diferentes, a saber, de flogisto³⁴ con sustancias ácidas o metálicas, de la que resultan, por un lado, azufre, y por otro, metales, en ambos casos llamados así con propiedad. La forma compuesta, es materia grasa, producida por los vegetales, y que da lugar a cuerpos bituminosos.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(33) El *aire vital*, o *aire desflogisticado*, es el oxígeno (véase la nota siguiente).

(34) El término *flogisto* (del griego, *phlogisten*, combustible), fue introducido a principios del s. XVIII por G.E. Stahl (1660-1734) y sustituyó al de *terra pinguis* (tierra grasa) de J.J. Becker (1635-1682). La teoría del flogisto consideraba a éste como el principio de inflamabilidad, o materia de fuego, es decir, la sustancia o principio hipotético que se suponía existía en combinación con todos los cuerpos combustibles, y que se desprendía en el proceso de combustión. La teoría del flogisto sería sustituida por la nueva química lavoisieriana, y tuvo su influencia en la emergente ciencia geológica durante el s. XVIII; véase Oldroyd, D.R. (1974). Some phlogistic mineralogical schemes illustrative of the evolution of the concept of "Earth". *Annals of Science*, 31, 269-305; sobre las ideas de Hutton y el flogisto, véase Hutton, J. (1794). *A dissertation upon the philosophy of light, heat, and fire*. Strahan & Cadell & Davis, Edimburgo [British Library, Londres]; Allchin, D. (1992). Phlogiston after oxygen. *Ambix*, 39, 110-116; Allchin, D. (1994). James (Continúa en la página siguiente)

EL *primero* de éstos se encuentra combinado de forma natural con casi todas las sustancias metálicas, y se dice de ellas que están mineralizadas con azufre. Actualmente es bien conocido que esta operación de mineralización se realiza mediante la fusión por acción del calor, y no existe persona alguna experta en química que pretenda decir que esto puede hacerse por medio de una disolución acuosa. La combinación de hierro y azufre, por ejemplo, puede realizarse fácilmente por fusión, [236] pero en disolución acuosa esta combinación concreta se descompone y forma un ácido metálico, es decir, una sustancia vitriólica, después de que el flogisto (que rehúsa dicha disolución) se ha separado de la composición, por medio de la operación de unión del aire vital.

LA variedad de estas sustancias sulfuro-metálicas, en cuanto a su composición, es casi infinita, y a menos que todas fueran solubles en agua, esto no podría haber ocurrido por la acción de ese disolvente. Si aceptamos que alguno de estos cuerpos se forma por la fusión térmica, deben haberse formado todos de la misma manera, porque existe una estrecha conexión entre dichos cuerpos en los yacimientos minerales tal que todos deben haberse constituido, por un lado, bien por solución acuosa, o, por otro, por la fusión mediante el calor.

POR ejemplo, se concentran cristalizados, *primero*, *Piritas*, que contienen azufre y cobre ferroso; *en segundo lugar*, *Blenda*, una mezcla de hierro, azufre y calamina; *tercero*, *Galena*, que consta de plomo y azufre; *cuarto*, *Marmor metallicum*³⁵, que es la *terra ponderosa*³⁶ saturada de ácido vitriólico³⁷, una sustancia insoluble en agua; *quinto*, *Flúor*, una mezcla, también insoluble en agua, que consiste en una saturación de tierra calcárea con un ácido particular denominado ácido espático³⁸; *sexto*, *Espato calcáreo*, de diferentes tipos, con tierra calcárea saturada con aire petrificado³⁹, que, algunas veces además, forma una sustancia distinta; *por último*, *Substancias silíceas*, o *Cristales de cuarzo*. Todos estos cuerpos, cada uno con su propia forma, se mezclan de tal manera que sería interminable su descripción, pero que pueden ser expresados en general diciendo que están contenidos mutuamente unos en otros.

POR lo tanto, a menos que cada una de estas sustancias diferentes pueda disolverse en agua y cristalizarse a partir de ella, es en vano buscar la explicación de estas apariencias en las operaciones de la naturaleza por medio de una solución acuosa. [237]

POR otro lado, puesto que el calor es capaz de fundir todas estas sustancias, con la mayor simplicidad pueden ser transportadas de un lugar a otro, y llegar a mezclarse, al mismo tiempo, y separarse perfectamente en algún lugar. Por consiguiente, para la explicación de unas apariencias naturales tan generales como éstas, no se quieren otras condiciones que la suposición de un fuego o calor subterráneo⁴⁰ con intensidad suficiente, y un grado de compresión adecuado sobre dichos cuerpos, que están sometidos a ese calor intenso, sin calcinación o cambio. Puesto que esta suposición no es gratuita, explica así estas apariencias de la naturaleza.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(Continuación de la nota 34).

Hutton and phlogiston. *Annals of Science*, 51, 615-635; Allchin, D. (2002). James Hutton and coal: From finessing phlogiston to interpreting the natural economy. *En: Crossing Borders (Chemists and Chemistry in Early Modern Europe)*. History of Science Society, Annual Meeting, 7-10 noviembre/2002, Milwaukee (Wi.); Donovan, A.L. (1978). James Hutton, Joseph Black, and the chemical theory of heat. *Ambix*, 25, 176-190; Partington, J.R. y McKie, D. (1938). Historical studies on the Phlogiston Theory-III. Light and heat in combustion. *Annals of Science*, 3, 366-370; Sicca, N.A.L. y Gonçalves, P.W. (2002). História da química e da geologia: Joseph Black e James Hutton como referências para educação em ciências. *Química Nova*, 25(4), 689-695.

(35) *Marmor metallicum* (mármol metálico) era el nombre que se le daba a una especie de yeso parecido al espato, químicamente sulfato de bario.

(36) *Terra ponderosa* (tierra pesada) se aplicaba al espato pesado o sulfato de bario nativo, e impropriamente, para algunos autores, al carbonato de bario nativo (la *witherita* de Werner). Según las ideas químicas de la época, su saturación con el ácido vitriólico lo transformaba en *marmor metallicum*.

(37) El ácido vitriólico es el antiguo nombre del ácido sulfúrico.

(38) Se refiere al ácido fluorhídrico (antiguamente ácido fluórico), llamado también "aire sueco".

(39) El *aire petrificado* o *aire fijo* (*fixed air*, en el original) es el dióxido de carbono (ácido carbónico); véase p. [244], nota 47.

(40) La existencia de un *fuego subterráneo* como motor de los procesos geológicos es la base de la filosofía plutonista de la que Hutton es el máximo exponente. Sin embargo, no fue Hutton el primero en hacer explícita la idea de un mundo interior donde se almacenaba este fuego o calor. Sin duda, el autor más relevante con anterioridad a Hutton en torno a esta idea, aunque no el único (véase, por ejemplo, p. [279], nota 70), fue Athanasius Kircher (1602-1680) en *Mundus Subterraneus* (1665), su obra más importante; véase Ellenberger (1994), *op. cit.*, pp. 19-21, 71-76; Sequeiros, L. (2001). *El Geocosmos de Athanasius Kircher: un encuentro con la filosofía y con la teología desde las ciencias de la naturaleza en el siglo XVII*. Facultad de Teología, Universidad de Granada; y Sierra Valentí, E. (1981). El Geocosmos de Kircher. Una cosmovisión científica del siglo XVII. *GeoCrítica*, 33/34, 1-81.

MENCIONARÉ sólo un espécimen que será la prueba más contundente sobre este tema. Procede, según creo, de una mina húngara. En esta muestra, sílex, pirritas y cinabrio están mezclados y cristalizados conjuntamente, lo que hace imposible concebir que alguno de estos cuerpos haya tenido su fluidez y concreción a partir de una causa que no hubiera afectado a los otros dos. Dejemos ahora, a aquéllos que niegan la fusión de esta masa silícea, que expliquen cómo podría disolver el agua estos tres cuerpos distintos, y depositarlos con la forma actual. Si, por el contrario, no tienen la menor sombra de duda para una suposición gratuita como ésta, deberían admitir nuestro argumento a toda costa.

EL azufre y los metales se encuentran comúnmente combinados en muchos yacimientos minerales. Pero esta regla no es universal, porque frecuentemente también se encuentran por separado. Quizás no exista un metal, entre los numerosos que se han descubierto hasta ahora, que no pueda encontrarse nativo, tal y como se denominan, o en su estado metálico.

DE esta forma, las substancias metálicas también se encuentran en alguna proporción dispuestas como metales aislados, que resisten las operaciones de mineralización, por su facilidad de ser metalizados por el fuego y la fusión. El oro, cuya mineralización es incompatible con [238] el azufre, se encuentra por lo general en su estado nativo. El hierro, también, que no se mineraliza ni se reduce a escoria con facilidad, casi nunca se encuentra en su estado maleable. Todos los demás metales se hallan más o menos mineralizados, aunque algunos de ellos raramente en su estado nativo.

ADEMÁS de encontrarse en circunstancias que se corresponden así con su carácter natural, o con los impedimentos que tienen que ver con la metalización de estas diferentes cales, los metales nativos se encuentran también con una forma y con unas marcas tan determinadas, que sólo concuerdan con la fusión de dichas masas, es decir, esas apariencias son totalmente irreconciliables con algún tipo de disolución y precipitación.

EN defensa de esta afirmación, entre miles de otros ejemplos, recurro a la famosa mena de hierro nativo descubierta por Mr. PALLAS⁴¹ en Siberia. Puesto que esta masa es tan bien conocida por todos los mineralogistas de Europa, será innecesario cualquier comentario sobre su forma y su estructura^(e). [239]

TRATEMOS ahora de la *segunda* especie de cuerpos llamados oleaginosos o bituminosos. Estas substancias también se encuentran mezcladas de forma muy diversa con minerales, constituyendo asimismo estratos; por lo tanto, son un tema apropiado para examinarlo en detalle.

LOS procesos vegetales producen substancias oleaginosas y resinosas, y algunos estratos se han for-

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(41) Peter Simon Pallas (1741-1811), zoólogo y geólogo alemán, sus trabajos más importantes los realizó en Rusia, como profesor de la Academia de Ciencias de San Petersburgo desde 1768. Hutton se refiere al nuevo *mineral* descubierto por Pallas en Krasnoyarsk, en 1772, y que posteriormente (1794) sería reconocido como un meteorito al que se denominó, en su honor, *pallasita*.

NOTAS DEL TEXTO ORIGINAL DE HUTTON:

(e) Desde que se escribió esta Disertación, M. DE LA PEYROUSE⁴² ha descubierto manganeso nativo. Las circunstancias de este mineral se adaptan tan bien para la ilustración de la presente doctrina, y está tan bien relatada por M. DE LA PEYROUSE, que no desearía otra cosa que, en interés del conocimiento mineral, referir aquí esa parte de su Memoria.

“LORSQUE je fis insérer dans le journal de physique de l’année 1780, au mois de Janvier, une Dissertation contenant la classification des mines de manganèse, je ne connoissois point, à cette époque, la mine de manganèse native. Elle a la couleur de son régule: elle salit les doigts de la même teinte. Son tissu paroît aussi lamelleux, et les lames semblent affecter une sorte de divergence. Elle a ainsi que lui, l’éclat métallique; comme lui elle se laisse applatir sous le marteau, et s’exfolie si l’on redouble les coups; mais une circonstance qui est trop frappante pour que je l’omette, c’est la figure de la manganèse native, si prodigieusement conforme à celle du régule, qu’on s’y laisseroit tromper, si la mine n’étoit encore dans sa gangue: figure très-essentielle à observer ici, parce qu’elle est due à la nature même de la manganèse. En effet, pour réduire toutes les mines en général, il faut employer divers flux appropriés. Pour la réduction de la manganèse, bien loin d’user de ce moyen, il faut, au contraire, éloigner tout flux, produire la fusion, par la seule violence et la promptitude du feu. Et telle est la propension naturelle et prodigieuse de la manganèse à la vitrification, qu’on n’a pu parvenir encore à réduire son régule en un seul culot; on trouve dans le creuset plusieurs petits boutons, qui forment autant de culots séparés. Dans la mine de manganèse native, elle n’est point en une seule masse; elle est disposée également en plusieurs culots séparés, et un peu applatis, comme ceux que l’art produit; beaucoup plus gros, à la vérité, parce que les agens de la nature doivent avoir une autre énergie, que ceux de nos laboratoires; et cette ressemblance si exacte, semble devoir vous faire penser que la mine native a été produite par le feu, tout comme son régule. La présence de la chaux argentée de la manganèse, me permettoit de croire que la nature n’a fait que réduire cette chaux. Du reste, cette mine native est très-pure, et ne contient aucune partie attirable à l’aimant. Cette mine, unique jusqu’à ce moment, vient, tout comme les autres manganèse que j’ai décrites, des mines de fer de Sem, dans la vallée de Viedersos, en Comté de Foix.” *Journal de Physique*, Janvier 1786⁴³

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(42) Picot de la Peyrouse (1744-1818), naturalista francés, fue profesor e inspector de la École de Mines de París.

mado por la acumulación de dichas sustancias en el fondo del océano, y que han sido modificadas vigorosamente como consecuencia de los efectos del calor, en la medida en que se producía el avance de la destilación de las partes más volátiles de dichos cuerpos.

PARA comprender esto, debe considerarse que mientras se sumergían en el agua y bajo una compresión insuperable, las sustancias oleaginosas y resinosas vegetales parecían estar inalteradas por el calor; y puesto que sólo tienen lugar, en proporción, ciertas separaciones químicas, estos cuerpos inflamables cambian su composición cuando se les aplica calor. Actualmente, el cambio más general de este tipo es una consecuencia de la evaporación o de la destilación de sus partes más volátiles, por lo que las sustancias oleaginosas se transforman en bituminosas, y éstas a su vez en carbonosas.

EXISTE sobre este punto una cierta gradación que se comprenderá mejor al comparar los casos extremos. [240]

POR un lado, sabemos por la experimentación que las sustancias oleaginosas y bituminosas pueden fundirse y convertirse parcialmente en vapor por el calor, y que se hacen más duras y densas conforme van perdiendo por evaporación los componentes más volátiles. Por otro lado, las sustancias carbonosas no se pueden fundir ni volatilizar, conforme se exponen proporcionalmente a un grado mayor de calor, y a otras circunstancias que favorecen la disipación de sus partes más volátiles y líquidas.

POR lo tanto, si encontramos en los minerales los dos estados opuestos de este combustible, y también los estados intermedios, o bien debemos concluir que esta operación del calor en concreto ha sido la empleada realmente por la naturaleza, o debemos explicar estas apariencias por algún otro medio, de una forma satisfactoria, que debe ser a su vez coherente con otras observaciones.

EN este caso, no se podrá recurrir a la falsa analogía del agua para la disolución y cristalización de las sales, que se han empleado tanto para la explicación de otras apariencias minerales. La operación aquí en cuestión es de naturaleza diferente, y necesariamente requiere tanto la fuerza del calor como las condiciones apropiadas para la evaporación.

POR consiguiente, para averiguar cuál es la fuerza que actúa en la solidificación de los minerales, no tenemos más que encontrar una sustancia bituminosa completamente en estado de carbón, en íntima relación con alguna otra sustancia, por lo general mucho más consolidada en los estratos, y que ayuda a la concreción de los minerales. Y poseo la prueba más indudable de esta especie. Es una vena⁴⁴ mineral, o cavidad, en la que se mezclan el carbón totalmente petrificado, el cuarzo y el *marmor metallicum*. Pero esto

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(43) CUANDO había publicado en el diario de física, en enero del año 1780, una Disertación que contenía la clasificación de las minas de manganeso, no conocía, en ese momento, la mina de manganeso nativo. Tiene el color de su régulo: los dedos se manchan con el mismo matiz. Su tejido también parece laminado, y las láminas parecen desarrollar un tipo de divergencia. Posee además brillo metálico; puede ser aplastado con el martillo y se exfolia si se aumentan los golpes; pero un carácter que es muy llamativo para ser omitido, es la figura del manganeso nativo, tan prodigiosamente relacionada con la del régulo que se podrían confundir, si el mineral no estuviera aún mezclado con su ganga: es esencial observar la figura aquí, porque se debe a la propia naturaleza del manganeso. En efecto, para reducir todos los minerales en general, es necesario utilizar flujos apropiados. Por el contrario, para la reducción del manganeso, lejos de usar este medio, se debe abandonar todo flujo, y producir la fusión, con la única energía y rapidez del fuego. Y es tal la propensión natural y prodigiosa del manganeso a la vitrificación, que no se ha podido aún reducir su régulo a un simple residuo; se encuentran en el crisol diversos botones pequeños, que forman otros tantos residuos aislados. En la mina de manganeso nativo, no existe una sola masa; se dispone igualmente en numerosos residuos aislados, un poco aplastados, como los que se producen artificialmente; mucho más grandes, es verdad, porque los agentes naturales deben tener una energía distinta que la de nuestros laboratorios; si esta semejanza es exacta, nos lleva a pensar que el mineral nativo ha sido producido por el fuego, igual que su régulo. La presencia de cal plateada en el manganeso me lleva a creer que la naturaleza ha reducido sólo esta cal. En cuanto al resto, este mineral nativo es muy puro y no contiene parte alguna que sea atraída por un imán. Esta mina, única hasta este momento, procede, como los demás manganesos que he descrito, de las minas de hierro de *Senn*, en el valle de *Viedersos*, en el Condado de *Foix*". *Journal de Physique*, Enero de 1786.

(44) El término inglés *vein* lo hemos traducido en su significado mineralógico de *vena*, acepción que ya existía en el idioma inglés al menos desde finales del s. XIV. En ocasiones, también se utilizaba el término *vena* para referirse a los *diques* (nombre derivado de *dykes*, como se conocían en Escocia), y que se definían como toda separación en la continuidad de una roca, de una determinada anchura, que se extiende indefinidamente en profundidad y longitud, y está rellena de minerales, distintos a la propia roca; [véase Playfair, J. (1802). *Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth*. Dover Publ., Nueva York (facsimil, 1956), pp. 57 y 67].

No se debería relacionar aquí este término con su significado *anatómico*, por una posible *visión organicista* de Hutton, que, como se sabe, se doctoró en medicina con una tesis sobre la circulación de la sangre [Hutton, J. (1749). *Dissertatio physico-medica inauguralis de sanguine et circulatione microcosmi*. W. Boot, Lyon. Existe trad. inglesa en: Donovan y Prentiss (1980). *op. cit.*, pp. 1-57; facsimil original pp. 48-57]. Sin embargo, en el contexto en el que se encuentra, el término *vena* siempre hace referencia claramente a la mineralogía (véase, incluso, más adelante, p. [259]; recuérdese también lo dicho en la p. [216], nota 17).

no es todo, porque el espécimen al que nos referimos está contenido en una roca que pertenece a ese tipo que cualquier naturalista hoy en día reconocerá que se ha consolidado a partir de un estado fundido. Poseo también muestras similares del mismo lugar, en las que el [241] carbón no es de la clase que se petrifica o no se funde, que arde sin desprender llamas ni humo, sino que es carbón bituminoso o inflamable.

HASTA ahora hemos basado el argumento en una observación sencilla, con el propósito de simplificar o clarificar la teoría, y no por el deseo de hallar esas circunstancias que la corroboren. Se encuentran estratos de carbón fósil en casi todos los estados intermedios, así como en los de betún y de carbón vegetal. Del primer tipo es el carbón fósil que se funde o licúa al estar afectado por el calor; la especie de carbón que se encuentra tanto en Gales como en Escocia es del otro tipo, perfectamente infusible por la acción del fuego, y se quema como el coque, sin desprender llamas ni humo. El primer tipo abunda en la materia oleaginosa, el otro se destila por el calor, hasta que se convierte en *caput mortuum*⁴⁵, o carbón perfecto.

LAS partes más volátiles de estos cuerpos bituminosos se encuentran en ocasiones por separado. Existe un estrato de caliza en Fifeshire, cerca de Raith, que aunque sólo está ligeramente teñido de negro, contiene materia bituminosa, como la brea, en muchas cavidades alineadas con cristales de espato calcáreo. Poseo una muestra de dicha cavidad, en la que el betún está en esferículas o gotas redondeadas, inmersas en el espato.

OBSERVAREMOS ahora que si la cavidad de la caliza sólida o del mármol, que está alineada con los cristales calcáreos que contienen pirita, poseen incrustaciones que proceden de la filtración de agua, ésta debe haber disuelto el espato calcáreo, las piritas y el betún. Pero estas apariencias naturales no podrían explicarse incluso mediante una disolución y la supuesta filtración de dichas sustancias. Para ello también se requiere, *primero*, una causa para la separación de estas sustancias diferentes del menstreo acuoso en el que habían estado disueltas; *segundo*, una explicación sobre cómo se habría formado el betún disuelto dentro de los cuerpos duros redondeados con la estructura más sólida; y, *por último*, algún medio probable por el que se des-[242]-arrollara esta complicada operación, en el fondo del mar, en una cavidad cerrada de un estrato de mármol.

DE esta forma, la prueba adicional de los hechos que relacionan las sustancias bituminosas con los de los fenómenos de otros cuerpos, ofrece la corroboración más firme sobre la idea de que las diversas concreciones halladas en las partes internas de los estratos no han sido ocasionadas mediante una solución acuosa, sino por la fuerza del calor y la operación de la fusión simple, que prepara estas diferentes sustancias para su consolidación y cristalización al enfriarse.

LOS argumentos que se han empleado ahora para probar que los estratos se han consolidado por la fuerza del calor, o por medio de la fusión, se han extraído principalmente de la naturaleza insoluble de esas sustancias que se han consolidado, en relación con el agua, que es el único menstreo general que podría darse en los yacimientos minerales. Pero en el reino mineral se han encontrado muchas masas de sal gema, que es una sustancia insoluble. Podemos preguntarnos ahora cuántas de esas masas, que no son infrecuentes en la tierra, tienden a confirmar la presente teoría, o, por el contrario, aceptan aquélla que supone que el agua es el principal instrumento en la consolidación de los estratos.

LA formación de sal en el fondo del mar, sin la asistencia del fuego subterráneo, no es algo insostenible, como a primera vista podría parecer. Supongamos una zona rocosa que cerrara el estrecho de Gibraltar (algo totalmente natural); en este caso, el fondo del Mediterráneo debería estar casi seguro cubierto de sal, porque la evaporación superficial de ese mar excede la medida de sus aportes.

PERO sería muy difícil que los estratos salinos formados de esta manera en el fondo del mar se consolidaran por medio de una solución acuosa, como un estrato arenoso en idéntica situación; no podemos explicar la consolidación de un estrato salino como ése por medio del agua, sin suponer la actuación del calor subterráneo, [243] para evaporar la salmuera que ocuparía sucesivamente los intersticios de los cristales de sal. Pero puede observarse que esto procede igualmente de la operación natural del agua, como medio para la consolidación de los sedimentos oceánicos, como si imaginásemos que lo mismo ha hecho el calor y la fusión. Porque la cuestión no es si el calor subterráneo posee la intensidad suficiente para el propósito de la consolidación de los estratos por fusión de sus componentes, sino si por medio de este agente, el calor subterráneo, o por el agua sola, sin la operación de un calor de fusión, se han consolidado dichos materiales de una forma tan diversa.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(45) La expresión latina *caput mortuum* (literalmente, *cráneo o cabeza de muerto*) era el nombre que, en alquimia, se le daba al *residuo seco* que quedaba después de la destilación o sublimación de una sustancia; también hacía referencia, en ocasiones, al azufre en bruto.

EL ejemplo que vamos a considerar ahora, el de consolidación de la sal mineral, servirá para arrojar alguna luz sobre el tema, porque como se mostrará que este cuerpo salino se ha consolidado perfectamente por fusión, y no por medio de una solución acuosa, es posible confirmar totalmente, por coherencia con las apariencias naturales, que la consolidación de los estratos de sustancias solubles se ha producido por efecto de la fusión.

LA sal de roca⁴⁶ de Cheshire se encuentra en estratos de marga roja. Posee dirección horizontal. No conozco su grosor, pero se ha excavado hasta una profundidad de treinta o cuarenta pies. La masa de esta roca es perfectamente sólida, y la sal, en muchos lugares, es pura, incolora, y transparente, y al romperse da una estructura cúbica semejante al espato. La mayor parte está teñida por adición de marga, y en grado diverso, va desde el rojo más ligero a la opacidad más perfecta. La roca aparece, así, como si hubiera sido una masa de sal líquida con una cierta cantidad de intrusiones de marga, como una mezcla heterogénea, que fue separándose y hundiéndose totalmente a partir de la sal pura.

TAMBIÉN se podrá observar una cierta regularidad a la hora de diferenciar la substancia teñida de la incolora, ya que, a una distancia adecuada, proporciona una forma reconocible estructuralmente mediante una sección perpendicular. Observando, pues, esta apariencia cerca de la base de la roca, al principio, se me pre-[244]-senta estratificada con regularidad, pero examinando toda la formación, encuentro que la estratificación de este afloramiento sólo tuvo lugar en la base, y que en la parte superior se podrá observar una forma muy hermosa y regular, opuesta completamente a la de una estratificación. Se compone totalmente de círculos concéntricos, que parecen ser la sección de una masa compuesta de esferas concéntricas agrupadas, como esos hermosos sistemas que configuran las ágatas frecuentemente pero en miniatura. A unos ocho o diez pies de la cima, los círculos aumentan de tamaño, se difuminan juntos, y gradualmente pierden su aspecto regular hasta que a mayor profundidad, vuelven a adquirir un aspecto estratificado.

ESTA disposición regular de la intrusión de marga en la masa de sal, cuya estructura se asemeja a la de un guijarro recubierto, o a esferas concéntricas, es totalmente inexplicable por cualquier otro supuesto que no sea la fluidez perfecta o la fusión de la sal, y por las atracciones y repulsiones de las substancias que contiene. En vano se podrá buscar en las operaciones de la disolución y la evaporación lo que sólo puede explicar la fluidez perfecta o la fusión.

ESTE ejemplo de sal mineral consolidada a partir de un estado fundido, puede confirmarse por otra muestra suministrada y sugerida por el Dr. BLACK⁴⁷. Se trata de una sal alcalina⁴⁸ hallada en estado mineral, y descrita en las *Philosophical Transactions*, del año 1771. Para comprender esta muestra se deben establecer algunas premisas en relación con la naturaleza del álcali fósil⁴⁹.

EL álcali fósil cristaliza a partir de una disolución, en combinación con una gran porción de agua, en forma de alumbre; y en este caso, el agua es esencial para la constitución de ese cuerpo cristalino transparente, porque tras evaporarse el agua, la sal transparente pierde su solidez, y se convierte en un polvo blanco. Si en lugar de estar ligeramente pulverizada, [245] la sal cristalina se expone repentinamente a un grado de calor suficiente, es decir, algo superior al de ebullición del agua, comienza su fusión acuosa, hierve, perdiendo el agua que permitió su cristalización en frío, y termina por fundirse. No es posible cristalizar esta sal alcalina a partir de una disolución, sin la combinación de esa cantidad de agua, ni separar ni extraer esta última, sin destruir su estado cristalino.

EN este espécimen mineral tenemos una sal cristalizada, con una estructura que, por fractura, parece ser semejante al espato y brillante, algo parecida a la de la zeolita. No contiene agua en su cristalización, pero se funde con el calor suficiente, sin mezclarse con el agua. Por lo tanto, esta sal debe haberse encontrado en un estado fundido, inmediatamente antes de su consolidación y cristalización.

SERÍA interminable dar ejemplos de hechos particulares, con tantas apariencias naturales como existen, y atendiendo a la gran variedad de circunstancias diferentes.

SIN embargo, existe uno que es particularmente distinto, admite una descripción suficientemente segura, y contiene circunstancias de las que es posible extraer con claridad algunas conclusiones. Se trata del depósito ferrífero⁵⁰, muy común entre los estratos arcillosos, que se deposita sobre el carbón fósil, tanto en Escocia como en Inglaterra.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(46) *Sal de roca* es el término que se aplicaba a la *halita*.

(47) Joseph Black (1728-1799), químico y médico escocés, íntimo amigo de Hutton, reconocido como descubridor del dióxido de carbono, al que denominó *aire petrificado* o *aire fijo*, y por sus trabajos en calorimetría. Fue el introductor y divulgador de la nueva química lavoisieriana en Edimburgo.

(48) *Sal alcalina* se refiere al carbonato de potasio.

(49) El *álcali fósil*, conocido también como *álcali mineral*, *soda* o *natrum*, es el carbonato de sodio.

(50) *Depósito ferrífero* (*iron-stone*, en el original) hace referencia a una mena de hierro con mezclas de arcillas y silicatos.

ESTA roca se encuentra generalmente entre esquistos bituminosos o estratos arcillosos negros, bien como masas independientes de diversas formas y tamaños, o formando sus propios estratos, aproximadamente con la misma dirección, entre las capas de arcillas o esquistos.

ESTE mineral contiene en general entre un 40 y un 50 por ciento de hierro, y pierde casi un tercio de su peso por calcinación. Antes de ésta, es de un color gris, impermeable al agua, y está pulida. En este estado, por tanto, es perfectamente sólido, pero cuando se calcina, se vuelve rojo, poroso y blando. [246]

EN relación con este depósito ferrífero probaremos el siguiente hecho: que ha adquirido su estado sólido a partir de la fusión, y que no se ha concretado por medio de una solución acuosa.

PARA abreviar esta disquisición no se tomará argumento alguno de circunstancias contingentes (que, sin embargo, abundan tanto aquí como en los mármoles); éstas sólo se emplearán en tanto que se corresponden con todo el tema, y proceden necesariamente de la naturaleza de la operación.

PARA describir un tipo de estas rocas se precisa que sea extraordinariamente regular en su forma, como la que se encuentra en Aberlady, en East Lothian.

LA forma de estos depósitos ferríferos es la de una esfera achatada por los polos o muy comprimida, y su tamaño varía entre dos o tres pulgadas y más de un pie de diámetro. En una sección circular u horizontal, presenta un *septarium*^(f).⁵¹ de gran belleza, y a partir del examen de esta estructura concreta se extraen las siguientes conclusiones.

Primero, QUE los septos se han formado por la contracción uniforme de las partes internas de la roca, disminuyendo el volumen de las zonas centrales más que en la superficie; así, las separaciones de la roca disminuyen progresivamente desde el centro hacia la parte externa.

En segundo lugar, EXISTEN sólo dos formas por las que el espato ha llegado a rellenar más o menos los septos, primero, por haberse introducido en la cavidad de los septos después de que éstos se formaran, o, segundo, por separación a partir de la sustancia de la piedra, al mismo tiempo que los septos se estaban formando.

SI la primera suposición fuera cierta, se observarían las apariencias que muestran que se ha permitido la entrada del espato, bien a través de la estructura porosa de la piedra, o a través de aberturas apropiadas que comunican con el exterior. Pero si alguno de éstos hubiera sido el caso, y la roca no se hubiese consolidado por otra causa que la concreción a partir de una [247] disolución, tras un cuidadoso examen debe aparecer actualmente la estructura particular de la roca que permitió la penetración del espato.

SIN embargo, éste no es el caso, y debemos basar el argumento sobre este punto. Los septos no alcanzan la superficie de la roca, que es totalmente sólida y uniforme, y no existe característica alguna del espato en la capa arcillosa que rodea la piedra.

EN consecuencia, se sigue necesariamente que la contracción del depósito ferrífero, para formar los septos y rellenar sus huecos con el espato, ha ocurrido *pari passu*⁵², y dicha operación debe haberse provocado por medio de la fusión, o por solidificación a partir de una simple fluidez y de la expansión.

SÓLO queda por observar que aquí se verifican los argumentos ya utilizados sobre las concreciones minerales a partir de un estado líquido sencillo, o de fusión. Poseo *septaria* de este tipo, que junto a pirritas, menas de hierro, espato calcáreo y otro que es ferruginoso y complejo, contiene cristales silíceos, cosa que no es muy habitual. Los he observado también con huellas de concreción y cristalización que, aunque extremadamente raros, son igualmente curiosos e interesantes.

EXISTE un hecho más que vale la pena que llame nuestra atención, ya que es uno de esos que abundan en los yacimientos minerales. Se trata de las cristalizaciones que se encuentran en fisuras de la mayoría de los cuerpos sólidos.

NADA es más común que esta apariencia. Los huecos se encuentran por todas partes revestidos con los cristales de las diferentes sustancias que pueden imaginarse en esos lugares. Estas concreciones son

NOTAS DEL TEXTO ORIGINAL DE HUTTON:

(f) Lámina I. Explicación: Fig. 1. Sección del *septarium* de un depósito ferrífero, corte horizontal, tal y como se encuentra en su yacimiento. Fig. 2. Otro *septarium*, en sección horizontal y perpendicular. Fig. 3. Parte de un *septarium*, cuyas divisiones están más en líneas rectas. Las tres poseen las mismas dimensiones en los especímenes. Fig. 4. Parte de la fig. 3 representa la porción incluida dentro de *a, b, c, d*, aumentada, para mostrar la cavidad cristalizada de los *septa*.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(51) El término *septarium* (pl. *septaria*; del latín, *septum*, *vallado*, *barrera*), hace referencia a nódulos de ciertas rocas, como calizas o porcelanas, cuyas partes más internas poseen planos de fractura que han sido rellenados o cementados por algún tipo de mineral.

(52) *Pari passu* (literalmente, *al mismo paso*) es una expresión latina que significa *paso a paso, con igualdad, sin preferencia*.

bien conocidas por los naturalistas, y forman parte de las hermosas muestras que se conservan en los gabinetes de los coleccionistas, y que los mineralogistas alemanes denominan *Drusen*⁵³. Sólo pomenorizaré una especie que es posible describir en principio, y por tanto puede ser un tema adecuado para razonar, determinando el orden de producción en ciertos cuerpos. El objeto que vamos a examinar ahora es una especie de ágata.

HEMOS estado considerando los medios empleados por la naturaleza para la consolidación de los estratos que originalmente fueron una estructura dilatada; aunque los estratos son perfectamente sólidos, encontramos masas de ágata que evidentemente se han formado en ese lugar donde los encontramos actualmente. Sin embargo, este hecho no forma parte todavía de lo que en concreto vamos a investigar. Trataremos sólo de las cavidades en el interior de las ágatas, y cualquiera que haya sido el origen del ágata misma, demostraremos, a partir de su contenido, que las cristalizaciones que encontramos aquí proceden sencillamente de un estado de fluidez, y no de alguna otra forma de disolución.

LAS ágatas ahora en cuestión, llamadas guijarros, están recubiertas y son muy frecuentes en este país. Muchas de ellas están rellenas de cristales silíceos, que evidentemente han penetrado desde el exterior hacia el centro. Otras también son huecas. Estas cavidades están tapizadas por diversos y variados cristales, y constituyen el objeto del presente estudio.

PERO antes de describir cuál es su contenido, es necesario ocuparnos de una circunstancia concreta, a saber, que la cavidad está perfectamente recubierta con muchas capas sólidas, impermeables al aire o al agua, aunque la parte cortical externa, extremadamente dura, está bien pulida y es de una perfecta solidez, y permite tan sólo el paso de la luz y del calor.

DENTRO de estas cavidades encontramos, *primero*, una capa de cristales que siempre tapiza estos huecos, y esto es válido para todas las substancias que se consolidan, en circunstancias similares, a partir de un estado fundido, porque cristalizan así en la naturaleza libremente. *En segundo lugar*, encontramos con frecuencia una cristalización posterior, sobre la primera, más o menos inmersa en ella. *En tercer lugar*, algunas veces existe [249] también una tercera cristalización, relacionada con la segunda, y consecuentemente con la primera. Mencionaré algunos casos concretos.

POSEO un espécimen en el que los cristales primarios son silíceos; los secundarios son cristales foliáceos delgados de mineral de hierro de un rojo intenso aunque transparente, que adquieren formas elegantes parecidas a las rosas. La cristalización terciaria es un esmerilado de pequeños cristales silíceos sobre los bordes de los cristales foliáceos.

EN otros especímenes existe una primera capa de cristales silíceos incoloros, y posteriormente una de cristales de amatista, y a veces en su interior, cristales negruzcos. Sobre éstos y los de amatista abundan las esferículas o hemisferas de mineral de hierro, rojas y compactas, como las hematitas.

TAMBIÉN en otros, los cristales primarios son silíceos y los secundarios calcáreos. De esta clase poseo un ejemplar que tiene hermosos cristales silíceos transparentes sobre cristales calcáreos, y esferículas de hierro encima de los primeros.

Por último, TENGO un ágata formada de varias capas rojas y blancas, perfectamente configurada. Su cavidad interna está completamente llena, primero, de cristales silíceos incoloros; en segundo lugar, con cristales negruzcos, y por último, con espató calcáreo blanco o incoloro. Pero entre el espató y los cristales existen muchas esferículas, semejantes al hierro, medio hundidas en cada una de estas dos substancias distintas.

DE estos hechos podemos extraer las siguientes conclusiones:

Primero, QUE la concreción ha ido penetrando desde la superficie del ágata hacia el interior. Esto se deduce necesariamente de la naturaleza de estos cuerpos, cuya figura externa determina siempre la forma interna, y nunca al contrario, es decir, que la parte interna influya sobre la externa.

Segundo, QUE cuando se formó el ágata, la cavidad contenía ya todo lo que ahora se encuentra en su interior, y nada más. [250]

Tercero, QUE las substancias que contenía deben haber estado líquidas, para su cristalización.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(53) Los mineros alemanes, especialmente en Sajonia, y también los de Bohemia, llamaban *druse* o *druza* (pl. *drusen*) a la pirita común. Sin embargo, los mineralogistas alemanes utilizaban el mismo término para denominar a la cavidad de una roca revestida de pequeños cristales de algún tipo de mineral. De este último concepto derivó también el término actual de *drusa*, tal y como lo emplea Hutton.

Por último, QUE este estado líquido, puesto que no ha sido el efecto de una solución en un menstruo, debe haber alcanzado su fluidez por la fusión mediante el calor.

ESTA última conclusión puede extraerse con bastante certeza y precisión de muchas otras apariencias que existen en los jaspes y las ágatas, aunque es de esperar que lo que se ha establecido por ahora sea suficiente para comprobar esa suposición sin la más mínima duda.

NO puede objetarse sobre este punto el hecho de que existan frecuentemente cristales silíceos y amatistas que contienen agua, y que es imposible confinar el agua incluso en un vidrio fundido. Es cierto que en la superficie de la tierra no puede fundirse un vidrio, en circunstancias ordinarias, para captar y contener agua condensada; pero supongamos sólo un grado de compresión suficiente en la masa del vidrio fundido, y podremos imaginar con facilidad que capta y almacena agua o cualquier otra substancia. Pero si incluso en nuestras operaciones, podemos hacer que el agua, por medio de la compresión, resista el calor al rojo vivo sin que se convierta en vapor, ¿qué es lo que no pueden realizar las fuerzas de la naturaleza? Las operaciones minerales no tienen lugar en la superficie terrestre, y con nuestra estupidez no podemos limitar la naturaleza, o estimar sus fuerzas en comparación con las nuestras.

PARA concluir esta extensa disquisición químico-mineral, diré que poseo muestras en la que pueden observarse mezclas de substancias calcáreas, silíceas y metálicas, en casi todas las especies de concreciones que existen en los minerales, y en las que se exhiben, en miniatura, casi todas las especies de transacciones minerales que se encuentran en la naturaleza a una escala mayor en grandiosidad y magnificencia. Éstos nódulos están contenidos en *whinstones*⁵⁴, en pórfidos, o en basaltos de Calton-Hill, en Edimburgo, una masa que cuando se examine más adelante, [251], se verá que ha estado líquida o fundida, por la operación del calor subterráneo⁵⁵.

AUNQUE esta prueba es más concluyente en relación con la aplicación del calor subterráneo como medio para alcanzar la fusión de todas las substancias diferentes que se encuentran consolidadas en los estratos, no es una prueba directa de que los estratos se han consolidado por la fusión de sus propias substancias. Fue necesario ver la naturaleza general de esta prueba, para aplicar de una forma universal el calor subterráneo a la fusión de cada tipo de mineral. Una vez hecho esto, podemos proporcionar ejemplos de estratos consolidados sin añadir materias extrañas, simplemente ablandando o fundiendo sus propios materiales.

DEBEMOS considerar para este propósito dos clases diferentes de estratos, tal y como se encuentran de una forma muy simple en la naturaleza, formados por substancias muy distintas, y cuyo origen se comprende perfectamente, y en consecuencia, podemos discutir con seguridad y claridad sobre sus cambios posteriores. Estamos hablando de estratos silíceos y calcáreos, las dos substancias más abundantes en el globo terrestre, en comparación con las demás, porque exceptuando los estratos bituminosos o carbonosos, es difícil hallar otro que no contenga necesariamente más o menos una cualquiera de estas dos substancias. Por lo tanto, se puede demostrar que ambos tipos de estratos generales se han consolidado por la fusión simple de sus componentes, sin que reste *desideratum*⁵⁶ o duda alguna con relación a la naturaleza de esa operación que se ha producido a grandes profundidades de la tierra, lugares a los que se ha denegado todo acceso a los ojos de los mortales.

DEMOSTRAREMOS ahora, *primero*, Que los estratos se han consolidado por fusión simple; y, *segundo*, Que esta operación es universal, en relación con los estratos de la tierra, habiéndose producido los más diversos grados de solidez y dureza en estos cuerpos.

OBSERVARÉ en primer lugar que los depósitos fortuitos de cuerpos duros, como la grava y la arena, sólo pueden tocarse puntualmente, y [252] mientras permanecen en ese estado, no pueden hacerse corresponder con precisión con la forma del otro conforme se consolida la masa. Mas si estos cuerpos duros

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(54) El término anglosajón *whinstone* engloba diversos tipos de rocas duras, de color oscuro, como los basaltos, areniscas cuarzosas, o sílex.

(55) En esos años, y bajo la confluencia de las tres grandes tendencias que enfrentaban a neptunistas, vulcanistas, y plutonistas, existió un intenso debate sobre la naturaleza de diversas rocas, como las citadas por Hutton. Una obra fundamental, que contribuyó a zanjar en gran medida la controversia sobre el origen ígneo de ciertas rocas como el basalto, fue Faujas de Saint-Fond, B. (1778). *Recherches sur les Volcans Etaints du Vivarais et du Velay, avec un discours sur les Volcan brûlans, de Mémoires analytiques, sur les Schorls, la Zéolite, le Basalte, la Pouzzolane, les Laves et les différentes Substances qui s'y trouvent engagées*. Grenoble-París, Cuchet-Nyon y Née et Masquelier. [Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid]. Más adelante (p. [279]), Hutton recurrirá a otra obra también fundamental de este mismo autor sobre la mineralogía volcánica en apoyo de su teoría.

(56) *Desideratum* (del latín, *desidero*, desear), literalmente *lo deseado*; en inglés, además, tiene el significado de *error*, con el que es usado aquí.

se ablandaran, o alcanzaran un cierto grado de fusión, podrían adaptarse mutuamente, y consolidar así la estructura expuesta. Por lo tanto, para demostrar este punto, no tenemos sino que exhibir especímenes de estratos silíceos o calcáreos que se han consolidado evidentemente de esta manera.

DE esta primera clase aparecen grandes variedades en este país. En consecuencia, es superfluo describir estas particularidades. Son estratos de grava y arena consolidados, que contienen a menudo abundante feldespato, parecido al granito, un cuerpo, a este respecto, perfectamente similar a los estratos más regulares que vamos a examinar ahora.

EL segundo tipo no es tan común en este país, a menos que consideremos las conchas y los cuerpos corales de nuestras calizas, como de hecho se muestran en el mismo ejemplo. Tengo un espécimen de mármol de España que puede describirse, y que proporcionará la prueba más satisfactoria del hecho en cuestión.

EL mármol español puede considerarse una especie de pudinga formada por grava calcárea, una especie de mármol que, según Mr. BOWLES⁵⁷, en su *Natural History*, parece ser muy común en España. La grava de la que se compone este mármol consta de fragmentos de otros mármoles de diferentes tipos. Entre éstos, existen especies distintas de mármol de *oolitas*, algunos mármoles de conchas, y otros en cuya composición entran sustancias como la creta, o de partes indiferenciadas. Parece que todos estos mármoles distintos se han consolidado o endurecido, y posteriormente fragmentado, rodado y erosionado por desgaste, y depositados luego, aglomerados, junto con algo de arena o algunos cuerpos silíceos pequeños. *Por último*, esta masa es la prueba más clara [253] de que su consolidación ha sido causada por fusión mediante el calor.

LA prueba que tengo es la siguiente: Además de la conformación general de esos cuerpos duros, en cuanto a estar cada uno perfectamente adaptado a la forma del otro, existe, en algunos lugares, una hendidura mutua de cada una de las diferentes piezas de grava dentro de las otras, una mella que se asemeja perfectamente a la unión de los diferentes huesos del cráneo, llamadas suturas, y que necesariamente deben haber requerido una mezcla de dichos cuerpos mientras se encontraban líquidas o blandas.

LA existencia de esta hendidura no es, en forma alguna, singular ni está limitada a un espécimen particular. Poseo diversas muestras de diferentes mármoles en los que pueden percibirse finos ejemplos de esta especie de mezcla. Pero en el caso particular de la pudinga española, donde se presenta una hendidura común entre dos piezas de roca dura, erosionada a su alrededor, no se interpreta como probable el ablandamiento o fusión de estos dos cuerpos, sino que está demostrado.

HABIENDO sido probado que esos estratos se han consolidado por fusión simple, tal y como se había sugerido, procederemos ahora a mostrar que esta operación mineral no había sido sólo general, como se han encontrado en todas las regiones del globo terrestre, sino universal, consolidando toda la tierra en los grados más diversos, desde las conchas sueltas e incoherentes, hasta los cuerpos más sólidos de las sustancias silíceas y calcáreas.

SERÍA interminable y superfluo ejemplificar esto en los diversos depósitos de arenas, gravas, conchas y corales. Tomaré sólo como ejemplo un cuerpo homogéneo y simple, que exhibe diversos grados de consolidación, desde el estado de tierra simple e incoherente al de mármol más sólido. Evidentemente, se trata de la creta, una tierra calcárea blanda en su estado natural, pero que también puede encontrarse consolidada en diferentes grados.

A lo largo de toda la zona central de la isla de Wight, se encuentra un sistema montañoso compuesto de creta endurecida. Este sistema se extiende desde esta isla [254] directamente hacia el oeste en Dorsetshire, y por Corfcastle hacia Dorchester, y quizás más allá de ese lugar. El mar ha destruido estas colinas en el extremo oeste de la isla, donde quedan algunas columnas de creta endurecida, denominadas agujas, las mismas apariencias que se encuentran sobre la costa opuesta en Dorsetshire.

EN este campo encontramos toda una gradación de esta creta, desde una forma terrosa y blanda hasta la masa más consolidada y endurecida, que no es mármol solidificado, pero que ha perdido sus propiedades originales y ha adquirido la dureza de una roca.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(57) Guillermo (William) Bowles (1705-1780), abogado y naturalista irlandés, fue Director General de Minas al servicio del rey Carlos III; realizó informes sobre las minas de Almadén y Gistain, entre otras. Hutton se refiere a la versión inglesa de su obra: Bowles, G.(W.) (1775). *Introducción a la historia natural y a la geografía física de España*. Francisco Manuel de Mena, Madrid. [Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid], que está incluida en: Dillon, J.T. (ed.) (1780). *Travels through Spain, with a view to illustrate the natural history and physical geography of that kingdom*. G. Robinson, Londres. [Biblioteca Nacional, Madrid]. Existen diversos facsímiles de la edición castellana: Ed. Poniente, Madrid (1982, de la 1ª ed. 1775), Pentalfa Eds., Oviedo (1989, de la 2ª ed. 1782), y Librería "París-Valencia", Valencia (2003, de la 3ª ed. 1789).

SI deseamos ver una muestra más de esta sustancia cretácea en su estado de mayor dureza y consolidación, la encontramos en el norte de Irlanda, cerca de la Calzada de los Gigantes. He examinado cargamentos de esta caliza traídos hasta el oeste de Escocia, y para mí es del todo evidente que esta masa fue en otro momento creta, y que ahora es un mármol sólido.

ASÍ, pues, si los estratos de numerosos lugares de la tierra se han consolidado por medio de la fusión, debemos concluir que los diversos grados de consolidación, que son infinitos, se han producido aproximadamente por los mismos medios.

A partir de los estratos que hemos examinado, por ahora es un hecho el que no podamos ofrecer aquí prueba alguna sobre el grado en que se han consolidado todos los estratos de las diferentes regiones, pero debemos someterlo a la experiencia y a la investigación; sin embargo, en tanto que se pueden considerar con algún nivel de consolidación, que en general es cierto que lo tienen, hemos investigado los medios que se habrían empleado en esa operación mineral.

HEMOS considerado las concreciones de algunos casos particulares, y la consolidación general de los estratos; pero es posible afirmar que existe una buena parte de la masa sólida de la tierra que no está comprendida adecuadamente entre dichos cuerpos que, según se ha probado, han sido consolidados por la fusión. Nos referimos aquí al granito, un cuerpo que por lo general no está estratificado, que es perfectamente sólido, y [255] que forma una parte de la estructura de la tierra que merece tener en cuenta.

LA naturaleza del granito⁵⁸, como parte de la estructura de la tierra, es un tema bastante complicado para ser considerado aquí, donde sólo intentaremos probar la fusión de una substancia a partir de las huellas evidentes que se observan en un cuerpo. Por lo tanto, sólo consideraremos por ahora una especie concreta de granito, y si pareciera que éste ha estado fundido, nos permitiría extender esta propiedad a todas las demás clases.

LAS especies que se van a examinar proceden del norte del país, a unas cuatro o cinco millas al oeste de Portsoy, en la carretera de Huntly. No he estado en el lugar, pero me han informado que esta roca se relaciona directa e ininterrumpidamente con el granito común del país. Este hecho aparece en los especímenes que yo poseo, en algunos de los cuales se percibe una gradación que va desde la clase regular a la irregular.

ES más, esta roca puede considerarse, en algunos aspectos, un pórfido, porque tiene una característica evidente, el feldespato, en su estado espático, y está, a simple vista, claramente contaminado con cuarzo, que es transparente, aunque algo oscuro^(g).

CONSIDERADO como un pórfido, este espécimen no es menos singular que un granito. Porque, además de su tierra silíceo, contaminada con feldespato rómbico, que es el estado habitual de los pórfidos, esta masa está cristalizada uniformemente, o bien es un feldespato homogéneo y regular, contaminado con substancias silíceas transparentes. Pero puede llamarse con propiedad granito, porque además del feldespato y el cuarzo, que son los constituyentes de esta roca, en algunos lugares también existe mica.

LA singularidad de este espécimen no consiste en la naturaleza o proporciones de sus componentes, sino en la uniformidad de la base espática, y en la forma regular de la mezcla de cuarzo. La substancia silíceo, observada en una dirección, o longitudinalmente, puede considerarse columnar, prismática, [256] o con unas líneas que se prolongan casi paralelas. Estos cuerpos columnares de cuarzo poseen hermosas impresiones de figuras a los lados, donde entran en contacto con el espato. Estas figuras son surcos o canales, perfectamente paralelos, y recorren toda la dirección del cuarzo en longitud, como se representa en la fig. 4. La figura estriada sólo se ve cuando, por fractura, se separa el cuarzo del espato contiguo.

PERO lo que se debería representar aquí con mayor concreción, es la sección transversal de dichos cuerpos silíceos. Éstos se ven en las figs. 1, 2 y 3. No sólo tienen por separado la forma de ciertos caracte-

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(58) La naturaleza y el origen del granito han constituido una interesante controversia geológica durante varios siglos. Algunas importantes contribuciones en el entorno de Hutton fueron: Hall, J. (1790). Observations on the formation of granite. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh*, 3, 8-12; y Hutton, J. (1794). Observations on granite. *Trans. R. Soc. Edinburgh*, 3(2), 77-81; véase, además, Hall, J. (1805). Experiments on whinstone and lava. *Trans. R. Soc. Edinburgh*, 5, 43-75. Un excelente análisis de las ideas petrológicas de Hutton y Hall se encuentra en Wyllie, P.J. (1998a). Hot little crucible are pressured to reveal and calibrate igneous processes. En: G.Y. Craig y J.H. Hull (eds.). *James Hutton - Present and future*. Geological Society, London, Spec. Publ., 150, 37-57; y Wyllie, P.J. (1998b). Hutton and Hall on theory and experiments: the view after 2 centuries. *Episodes*, 21(1), 3-10; véase, además, Gilluly, J. (ed.) (1948). *Origin of granites*. Geological Society of America, Memoir no. 28; y Read, H.H. (1957). *The granite controversy; geological addresses illustrating the evolution of a disputant*. Intersciences Publ.-Thomas Murby & Co., Nueva York-Londres.

NOTAS DEL TEXTO ORIGINAL DE HUTTON:

(g) Lámina II, fig. 1. 2. 3.

res tipográficos, sino que colectivamente dan la apariencia lineal regular de un conjunto de letras de imprenta.

ES evidente, después de inspeccionar este fósil, que las sustancias silíceas y espáticas se han mezclado juntas en estado líquido, y que la cristalización de la substancia espática, que es rómbica, ha determinado la estructura regular del cuarzo, al menos en algunas direcciones.

LA substancia silícea se considera incluida en el espato, y configurada de acuerdo con las leyes de la cristalización propias para la tierra espática; pero el espato también se encuentra incluido en el cuarzo. De hecho, no está siempre perfectamente incluido o englobado por todos lados, aunque esto es así en ocasiones, o parece serlo en una sección. Las Figs. 5, 6, 7, 8, 9 y 10 muestran estos casos ampliados, y representan la diferente configuración del cuarzo que engloba al feldespató. En uno de ellos, el feldespató que está contenido en el cuarzo, contiene también un pequeño triángulo de cuarzo, que lo engloba. Actualmente, no es posible concebir otra forma para que se pudieran haber solidificado estas dos substancias, que la concreción a partir de un estado líquido, en el que estaban mezcladas.

EXISTE otra cosa más digna de observación en relación con esta curiosa especie de granito. Es el orden o la diferente disposición de la cristalización, es decir, la estructura interna de la masa de feldespató, en dos partes contiguas de la misma masa. Esto [257] se percibirá en la superficie pulida de la roca, mediante la reflexión de la luz.

OBSERVANDO la roca cuando la luz incide con una inclinación adecuada, existe una cierta dirección en la que vemos una reflexión luminosa desde las partes internas de la roca. Esto procede de las superficies de reflexión de la estructura espática o diminutas grietas, giradas todas en una dirección, lo que provoca, consecuentemente, ese aspecto luminoso sólo en un punto de la visión.

ACTUALMENTE, todas las partes de la roca en las que las piezas de cuarzo están dirigidas de la misma forma, o situadas regularmente en relación con las demás, presentan ese aspecto brillante a la visión a un tiempo, o en el mismo punto de la dirección. Pero existen partes de la masa que, aunque son totalmente contiguas o se continúan debidamente, tienen una disposición diferente del cuarzo incluido, y estas dos masas diferenciadas, en la misma superficie de la roca pulida, dan al ojo su aspecto brillante en direcciones muy diferentes. La Fig. 3 muestra dos de estas masas incluidas y brillantes, en el mismo plano o superficie pulida.

ES evidente, pues, que como la cristalización de la estructura espática es la causa que incluye los cristales de cuarzo, puede observarse una cierta correspondencia entre estas dos cosas, la alineación (si se me permitiera esa expresión) del cuarzo, y el brillo de la tierra espática. Parece también que, en el momento de la solidificación del espato líquido, ambas porciones contiguas se dispusieron de forma diferente en la cristalización de sus compuestos. Ésta es una observación que he tenido la oportunidad de hacer con frecuencia, en relación con masas de espato calcáreo.

SI pudiéramos considerar, por lo tanto, en su conjunto al granito como un estrato o masa irregular, bien como una colección de diversos materiales, o como la separación de substancias que habían estado mezcladas, hay prueba suficiente de que este cuerpo se ha consolidado por medio de la fusión, y no de otra manera. [258]

HEMOS de suponer que la fuerza del calor y la operación de fusión deben haberse empleado en la consolidación de estratos de materiales sueltos, depositados y acumulados en el fondo del océano. Por lo tanto, es adecuado considerar qué aspectos de los estratos consolidados procederían de forma natural, por un lado, de la fluidez que se habría provocado por medio del calor, y, por otro, de los intersticios que se han rellenado mediante una disolución; así se podrán comparar dichas apariencias en cualquiera de los dos supuestos, para saber con cuál de ellos son coherentes.

SE ha encontrado, pues, que la consolidación de los estratos con substancias muy diferentes es incoherente con la suposición de que el medio empleado para este propósito haya sido una solución acuosa. Por el contrario, esta apariencia es perfectamente consistente con la idea de que la fluidez de dichos cuerpos ha sido causada por el calor; porque si suponemos la introducción de materia extraña en la masa porosa de un estrato para su consolidación, o si los materiales de la masa adquieren un grado de debilidad por medio del cual, junto a una inmensa compresión, el cuerpo poroso podría convertirse en sólido, es la fuerza del calor igualmente apropiada y perfectamente competente como causa de la fluidez y de la vaporización. Por tanto, las apariencias sobre este punto están tan decididamente a favor de la última suposición, como incongruentes lo son con la primera.

SI los estratos se han consolidado por medio de una solución acuosa, estas masas se encontrarían precisamente en el mismo estado que cuando se depositaron originalmente a partir del agua. La sección perpendicular de dichas masas debería mostrar la compresión de los cuerpos incluidos en ellos, o de sus

componentes, pero la sección horizontal no podría contener separación alguna de las partes de un estrato a partir de otro.

SI, además, los estratos se han consolidado mediante el calor, que actúa de tal manera que debilita sus componentes, posteriormente, durante [259] el enfriamiento, deben haberse formado roturas o separaciones entre éstos, por el desigual grado de contracción que debieron sufrir los estratos contiguos. He aquí la huella decisiva que permitirá determinar la presente cuestión.

NO existe en la naturaleza otra característica más definida que el de las fisuras perpendiculares o separaciones de los estratos. Éstas son conocidos generalmente por los obreros como venas o juntas e intersecciones, y no existe estrato consolidado alguno que carezca de estas características. Por lo tanto, hay una clara decisión sobre esta cuestión: la consolidación de los depósitos de materiales sueltos en el fondo del mar, hasta convertirse en rocas más duras y mármoles más perfectos, ha ocurrido bien por medio del calor, o mediante una solución acuosa.

EL error nunca puede ser consistente, ni la verdad carecer de apoyo, a partir del examen preciso bajo cualquier circunstancia. No es suficiente haber encontrados aspectos decisivos de la cuestión, en relación con las dos suposiciones que se han considerado hasta ahora. Debemos buscar una mejor confirmación de ese supuesto que sea coherente con los hechos.

SI los estratos se hubieran consolidado por medio de la fusión por calor, entonces, en proporción al grado de consolidación que han sufrido a partir de su estado original, abundarían más, *caeteris paribus*⁵⁹, la separación de sus estructuras. Esta conclusión es coherente con los hechos. En un estrato de arenisca porosa no abundan mucho las venas y los cortes como en otro similar de mármol, o incluso en un estrato parecido de rocas similares que esté más consolidado. Por lo tanto, conforme los estratos se van consolidando lentamente, aparecen en general venas y cortes que los intersectan, y conforme se profundiza poco a poco en una sección vertical, sus venas van siendo más anchas y se sitúan a mayores distancias. De la misma forma, cuando los estratos son finos, las venas son más abundantes, pero en proporción más estrechas.

SE ha demostrado, pues, por principios químicos, que todos los estratos sólidos del globo terrestre se han condensado [260] por efecto del calor, y se han endurecido a partir de un estado de fusión. Pero es posible mantener esta misma suposición a partir de principios mecánicos. Los estratos del planeta, además de contener otras tierras, están compuestos de arena, grava y fragmentos de cuerpos duros, es decir, todos los que podemos considerar, por su naturaleza, como simples; pero dichos estratos también contienen cuerpos que no son simples, sino fragmentos de estratos anteriores, que estuvieron consolidados y posteriormente se fragmentaron y se erosionaron, hasta que se convirtieron en grava. Los estratos compuestos así también se han consolidado; y ahora podemos preguntarnos ¿por qué procedimiento?

SI los estratos con tal variedad de cuerpos se hubieran consolidado por alguna forma de concreción, a partir de la fluidez de una disolución, los cuerpos duros y sólidos se deberían conservar intactos, mientras se producía el relleno de los intersticios entre los constituyentes de un estrato. No se pueden concebir fracturas parciales conforme se introducen en medio de una masa sólida y dura, sin que exista comunicación con las partes que las circundan. Pero estas separaciones parciales se encuentran en medio de estas masas; por lo tanto, estos componentes deben haberse consolidado por un medio distinto de concreción a partir de una disolución.

EL mármol español descrito antes, y muchos estratos consolidados de grava silíceas, de los que poseo especímenes, ofrecen una prueba muy clara de este hecho. Estos cuerpos duros están perfectamente unidos, formando una masa bastante sólida; las partes contiguas de algunos de los fragmentos de alrededor están intercalados, como ya hemos observado, y se dan contracciones parciales de la masa formándose venas que atraviesan diversos fragmentos, pero que están rellenas perfectamente de substancia espática de la masa, y algunas veces, con partes de piedras que se intruyeron claramente en la masa transparente del espato. En la actualidad, no existe, además del calor o la fusión, otra fuerza conocida en la naturaleza que pudiera producir los mismos efectos. Pero tales efectos son generales para todas [261] las masas consolidadas, aunque no siempre estén bien ilustradas en las muestras de una colección.

DE esta forma hemos descubierto una verdad que está confirmada por multitud de observaciones, y que la naturaleza admite sobre el tema que hemos examinado. Volvamos ahora a la operación general de la formación de los continentes con los materiales que se han depositado en el fondo del mar.

NOTAS DEL TRADUCTOR:

(59) *Caeteris paribus* (literalmente, *en cosas equivalentes*), expresión latina que significa *en iguales condiciones*.