

DISCURSOS

LEÍDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

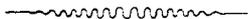
EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCIÓN PÚBLICA

DEL

SR. D. DANIEL DE CORTÁZAR

el día 1.º de Junio de 1884



MADRID

IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO

Calle de Postojos, 8

—
1884

Señores:

No es una fingida modestia la que en momento tan solemne de mi vida me hace reconocer la falta de condiciones ó servicios para haber conseguido el honor de que en adelante mi insignificante voto figure al par de los de las eminencias del saber en España. Considero que la indulgencia de la Academia es el premio en el hijo de los méritos del padre, que elegido también Académico, hace ya bastantes años, no pudo por falta de salud ocupar un puesto entre tan docta Asamblea; y mi reconocimiento es tanto mayor cuanto que ajenos trabajos logran galardón en mi persona.

Es costumbre en todo el que aquí llega, celebrar la ciencia y el saber del Académico á quien sustituye; y no sería por cierto difícil la tarea, tratándose ahora de quien ya por sí sólo, ya en unión con otros reputados botánicos, dió á luz diversas obras por todos estimadas. Pero como el elogio del Illmo. Señor D. Esteban Boutelou se hizo, cuando vino á formar parte de la Academia, por persona muy competente en el ramo que aquel de preferencia cultivaba, y como no ha faltado quien también

le consagre, en nombre de esta Corporación, honroso recuerdo, me bastará consignar en este momento, que aquel era un distinguido naturalista, sabio ingeniero y eminente botánico.

Dicho esto procuraré, para cumplir con un precepto reglamentario, desarrollar un punto de ciencia, y al efecto, dadas mis aficiones y mi profesión, creo que como menos puedo molestaros es tratando de exponer ciertos resultados de los estudios más modernos referentes al estado de lo interior de nuestro planeta, los cuales pueden ayudar á deducir, que la vida de la tierra no sólo se manifiesta sobre ella, á sus espensas y en los parásitos que la pueblan, sino en su interior, en su esencia y en los jugos que, por decirlo así, la nutren y alimentan; estudios que además sirven para comprender las circunstancias de la embriogenia del globo que habitamos y de su desarrollo biológico: es decir, las manifestaciones de la materia y de la fuerza en lo interno del mundo.

La unidad de origen de todos los cuerpos, y particularmente de los que constituyen el sistema solar, se ha impuesto de tal suerte, según han progresado las ciencias, que ya Buffon á mediados del siglo pasado emitió la idea de que los planetas procedían de un torrente de materia flúida, proyectada en el espacio y arrancada del sol por el choque de un cometa; teoría que pronto fué sustituida por las de Herschel y Laplace, que admiten como origen del sol, de la tierra y de los demás planetas, la condensación de una nebulosa; si bien para agrupar la materia difusa fija el primero la existencia de centros de atracción simultáneos en la sustancia cósmica, y el segundo considera concentraciones sucesivas desde todo el ámbito hacia un sólo centro.

Los descubrimientos astronómicos recientes contradicen la teoría de Laplace, y para comprender el movimiento retrógrado de algunos planetas, hay necesidad de suponerlos con di-

versos orígenes debidos á múltiples centros de atracción, independientes unos de otros, y según Hr. Mayer, ocasionados por el choque mecánico de los elementos cósmicos de las nebulosas originales.

La resolución de muchas de estas, con auxilio del telescopio y los estudios referentes á los aerolitos, son nuevas contradicciones de la teoría; pero de cualquier manera que sea, producido el primer núcleo, sobre él han ido precipitándose ó condensándose, que es igual, más y más elementos de sustancia nublosa, hasta obtener cuerpos primeramente líquidos, y después sólidos, que por sucesivas adiciones han podido llegar á constituir los astros de nuestro sistema y presentarse en desigual, aunque homogéneo estado de concentración por diversas causas, que ahora no habría para qué investigar, pero entre las cuales es tal vez la principal el diferente volumen.

Esto se opone á la idea generalmente admitida de considerar la tierra como un cuerpo cubierto por una binza sólida y formado en lo interior por una pasta flúida y candente; mas son tantas las razones que se pueden dar para negar semejante hipótesis y confirmar la sencilla teoría de la atracción ó condensación continuada y sucesiva del centro á la periferia, que sólo enunciarlas consumiría el tiempo de que podemos disponer, y para nuestro objeto nos bastará hacer las indicaciones siguientes:

1.^a Que si se supone una masa flúida diversa del agua ó el bismuto, y en su superficie llega á formarse una cutícula sólida, no será sin verificarse una contracción, es decir un aumento de densidad, con lo cual si dicha cutícula está libre se precipitará al fondo ó interior de la masa, observación que para el caso de la esfera terrestre ha señalado el sabio físico inglés William Thomson ¹.

¹ Proceedings of the Royal Society. T. XII, p. 103.

2.^a Que si bien al penetrar en lo interior de la tierra, ya sea con minados, sondeos, etc., se ha observado en ciertos casos que el calor aumenta un grado, próximamente, por cada treinta metros de profundidad, y suponiendo un crecimiento gradual se llega á una temperatura elevadísima para el centro de nuestro planeta, no es posible admitir que éste sea gaseoso ni aun líquido, como quieren muchos autores, pues entre otras cosas sería necesario demostrar que, á cualquier profundidad, se verifica la ley de crecimiento de temperatura antes enunciada, cosa muy problemática y no confirmada en los grandes sondeos de Sprenberg, Buda-Pest y Vitoria: habría además que admitir, que el punto de fusión de los cuerpos no varía con la presión, lo que es contrario á cuanto se sabe en física y ha sido sintetizado por los experimentos de Fairbairn ¹; y por fin, sería indispensable negar los estudios de Hopkins y Thomsom respecto al espesor que debería tener la corteza terrestre para resistir las mareas que el sol y la luna producirían en un interior líquido, incompatible además con los fenómenos existentes de precesión y nutación.

3.^a Que si consideramos el sol y aun los cometas como cuerpos de análogo origen y vida que la tierra, podremos convencernos que en lo íntimo de todos ellos la densidad domina sobre la de las envolventes. El sol, en efecto, según los estudios de los eminentes físicos Kirchoff, Bunsen, Herschel y Daubrée, consiste en un núcleo esférico líquido al exterior, grueso en lo interno y rodeado por la fotósfera ó atmósfera gaseosa candente, y los cometas, admitiendo el parecer de Prazmowski, fundado en más de veinte años de observaciones hechas con el espectroscopio y el polariscopio, si bien los hay de dos clases, aparecen constituidos los unos por una porción material con-

¹ Tyndall, *La Chaleur*.—Traducción de Moigno, p. 104.

densada en un núcleo rodeado por una atmósfera luminosa, acompañada de una especie de nube de materia desagregada, no sujeta á la atracción del astro, aunque con él se mueva, al paso que otros cometas, que apenas polarizan la luz, han de tener una estructura comparable á la de las ráfagas de nuestra atmósfera, pero aun en semejantes cuerpos la materia se halla más condensada hacia lo interior.

4.^a Que si, como ha hecho Roche ¹, se consideran los datos relativos al aplanamiento polar á la vez que los de precesión, los resultados que se obtienen por la aplicación del cálculo son incompatibles con la idea de que lo interno del globo sea completamente flúido, y por el contrario se deduce que casi todo él es de naturaleza metálica, con peso específico de 7 á 7.50, existiendo además una capa exterior pétreo con densidad poco diferente de 3 y un espesor que se aproxima al sexto del radio terrestre.

La tierra, así, viene á ser una enorme piedra meteórica, cuyo interior representa la clase de las ferruginosas que Daubrée denomina polysideritos, mientras que la corteza no es más que un aerolito ordinario con ganga aluminosa ó peridótica. De esta manera, además de explicarse multitud de condiciones y datos geológicos recientes ², se justifica más y más la unidad de composición y de origen entre todos los cuerpos de nuestro sistema solar.

No es esto negar, ni mucho menos, que en lo íntimo de la tierra hay ciertas partes flúidas debidas á causas posteriores á la formación del planeta, y causas que trabajan á no muy lejana profundidad de la superficie, estando estas regiones ya en comunicación, como supone el eminente geólogo

¹ Mémoire sur l'état intérieur du globe terrestre.

² Daubrée.—Études synthétiques de Géologie expérimentale, p. 555.

norte-americano T. Sterry Hunt, ó ya en zonas más ó menos independientes, pero multiplicadas, como algunos han deducido del estudio de los fenómenos volcánicos.

Por todas partes resulta, dada la observación suficiente, al par que la unidad de constitución del sistema solar, la clara evolución sideral que desde la nebulosa pasa por cuerpos candentes y luminosos á los de exterior é interior opacos, por más que en unos la temperatura propia sea elevadísima y en otros armónica con la del espacio en que vertiginosamente caminan.

Si desde el origen y manera de ser de nuestro globo pasamos á considerar las fuerzas que en él actúan, podemos desde luego separar las internas de las exteriores, ó las endógenas de las exógenas, como dice el gran geólogo italiano Stoppani, fuerzas que, por su sorprendente constancia y por más que obren moderadamente, son bastantes, con el trascurso del tiempo, para determinar y producir efectos gigantescos, siendo naturalmente diversos los resultados que, correspondiendo á la dinámica que podemos llamar externa, se estudian por medio de la meteorología ordinaria, y los que refiriéndose á la endodinámica terrestre, si se comparan con cuidado, se ve encajan en un cuerpo de doctrina, para el que un físico eminente, Rossi, ha propuesto, aun no hace cinco años, el nombre de meteorología endógena, que ha sido aceptado universalmente para la nueva ciencia creada en Italia, y completada después por las observaciones diarias hechas en diversos países.

En la naturaleza, todas las fuerzas, las acciones todas, se suman y se coligan de tal suerte, que es casi imposible, para un hecho dado, establecer diferencias completas de origen, y así es que, al estudiar los fenómenos que corresponden á la meteorología endógena, á primera vista hay tal confusión, y observando con cuidado tanta dependencia, que sólo con una clasificación artificial es posible penetrar en el vasto laberinto

de las imponentes manifestaciones de la vida interna de nuestro globo.

El volcanismo, los terremotos, las oscilaciones lentas de la superficie, la marcha subterránea del agua y de los gases, son los factores de la endodinámica telúrica, cuyos fenómenos pueden clasificarse, según los autores italianos, en las cuatro series siguientes¹: 1.^a Circulación del agua y de los gases en lo interior de la tierra. 2.^a Fenómenos eruptivos. 3.^a Terremotos y oscilaciones del suelo. 4.^a Fenómenos eléctricos y magnéticos.

La importancia de la marcha subterránea del agua se comprende al ver que con ella pueden tener explicación los más grandiosos fenómenos que ocurren en lo íntimo del globo, y es además interesantísima, porque, como ha dicho un célebre autor, esa agua puede muy bien considerarse como un termómetro introducido en la tierra á una profundidad infinitamente mayor que á la que el hombre ha podido llegar hasta el día.

A semejante hondura el agua experimenta y produce reacciones multiplicadas, que pueden afirmarse cuando vuelve á la superficie en forma de manantiales variadísimos en temperatura, nivel, mineralización, constancia, etc., circunstancias que justifican la actividad química de lo interior de nuestro planeta, en relación con la circulación del agua, siempre acompañada por gases, y entre ellos principalmente el ácido carbónico; pudiendo decirse que la actividad telúrica está alimentada por el concurso de combinaciones producidas entre los flúidos de lo interior de la tierra, añadidas á la circulación de las aguas que se introducen desde lo exterior.

¹ M. S. de Rossi.—La meteorología endógena. Volume. I. p. 18.

Si los volcanes, que son la manifestación más sensible de los fenómenos endógenos, están relacionados con la circulación de los flúidos en lo interior del globo, es evidente que su mayor ó menor desarrollo, es decir, su actividad, estará íntimamente ligada á la facilidad de afluencia de aquellos, y podrá comprenderse la estrecha unión, no sólo de todos los volcanes propiamente dichos, sino de las demás manifestaciones del volcanismo, como las fumorolas, las mofetas, las moyas, los geisers, los manantiales de petróleo y nafta, y aun las simples emisiones de gas y de vapor de agua.

Para demostrar la evidente relación que existe entre la circulación interna y los volcanes, así como la de todos los fenómenos eruptivos que acabamos de mencionar, basta estudiar la disposición que guardan las zonas volcánicas con la topografía general de nuestro planeta, y ver que todos los centros de actividad se hallan situados en una red general de quiebras producidas por convulsiones telúricas: quiebras que, como de magnitud ú orden distinto, dan lugar á manifestaciones volcánicas también distintas; pues mientras en las principales se establecen con facilidad comunicaciones entre lo interior y lo exterior, y pueden salir á la superficie verdaderos torrentes de rocas fundidas; en las quiebras de importancia secundaria, por regla general perpendiculares á las primeras, sólo llegan hasta el suelo que pisamos las emanaciones de azufre, el fango, los carburos de hidrógeno líquidos, las aguas minerales, y por fin, los gases, ya que sucesivamente dichas quiebras van teniendo menos amplitud hasta ser capilares, en muchos casos.

Fenómenos eminentemente endógenos, y también eminentemente relacionados con el volcanismo son los terremotos; que no ha faltado quien considere como tentativas fallidas de erupciones volcánicas; pero si esta relación es evidente para

aquellos movimientos sísmicos que se han denominado perímetros, por comprender sólo las regiones comarcanas de los volcanes, para los temblores de tierra que en ocasiones se extienden en vastos territorios y actúan, ora violentamente, ora de una manera que puede llamarse micro-sísmica, se revela una acción endógena tan general, que dados sus efectos es fácil comprender no son otros que los del movimiento de circulación subterránea del agua y de los gases.

Con estos mismos elementos podremos establecer la base de los fenómenos eléctricos y magnéticos de la tierra, ya que no sólo se ha observado que los terremotos van acompañados de perturbaciones magnéticas, y que los grandes períodos sísmicos corresponden con el incremento de las auroras boreales, sino que como los fenómenos telúricos engendran multiplicadas reacciones químicas, hay en ellas indefectiblemente desarrollo de calor, y por tanto, representaciones eléctricas que acompañen á los temblores de tierra, á las fases volcánicas, al cambio de nivel de la superficie planetaria, etc., etc.

La relación ó la dependencia entre todas las acciones telúricas es tal, que jamás se ocasiona una de ellas sin que en mayor ó menor escala aparezcan las demás; y así puede comprenderse cómo Rossi ha llegado á decir que los terremotos vienen á ser para los fenómenos de lo interior de la tierra, lo que es la fiebre en las enfermedades de los animales, que siempre se presenta cualquiera que sea la causa morbosa actora.

Además, los fenómenos internos se unen con los exteriores por varias relaciones, siendo la más característica el cambio de la presión barométrica, repetidamente comprobada, no sólo para los grandes terremotos y las violentas erupciones volcánicas, sino puesta fuera de duda por las observaciones más concienzudas y más seguidas en los establecimientos me-

por montados, para el análisis de los menores cambios atmosféricos y terrestres ¹.

Compréndese que el dinamismo telúrico producido por causas de lo interior del planeta, que hasta estos últimos años no han sido objeto de un análisis especial y ordenado, no haya podido, por eso mismo, formar un cuerpo de doctrina, pues los terremotos y las erupciones volcánicas considerados siempre como fenómenos accidentales, no han sido apreciados sino aisladamente, y puede decirse que tan sólo por los geólogos; los manantiales termales y minerales se analizaban exclusivamente por los químicos y los médicos; el régimen de las aguas subterráneas era jurisdicción privativa de los ingenieros; la electricidad terrestre se estudiaba únicamente por los meteorologistas, y aun cuando se habían reunido multitud de hechos, jamás se pensó someter el conjunto á un examen cotidiano y comparativo para ver si estaban todos relacionados, y llegar á comprender sus leyes y sus variantes, como se practica con los que constituyen la meteorología externa, pues nadie había creído que se hallasen datos de comparación y relaciones recíprocas entre tan diversos fenómenos subterráneos, y mucho menos de éstos con los atmosféricos.

A la iniciativa del eminente físico italiano Rossi se debe, como ya hemos indicado, la organización del estudio de tan diversos agentes, y en menos de ocho años ha conseguido que no sólo en su país, sino también en Suiza, en Alemania y hasta en Portugal, se lleven á cabo observaciones asiduas y seguidas, y una obra interesantísima publicada en Italia ha sintetizado cuanto hasta hoy va hecho ² referente á la meteorolo-

¹ Della influenza tellurica sull' atmosfera dal Prof. Francesco Nannaja. *Annuario della Società meteorologica Italiana*. Vol. I. p. 208.

² *Meteorologia endogena* del Prof. Michele Stefano de Rossi. Milano. 1879-82.

gía endógena, que aparece como una nueva rama científica cuya novedad, más que en la esencia, estriba en el método y en el objeto de las investigaciones.

Procuremos nosotros darnos cuenta de esta síntesis, y si lo logramos, podremos, á mi modo de ver, considerar como bien empleado el tiempo.

Los numerosos terremotos que durante el año 1873 se observaron en diversos países, y principalmente en Italia, dieron origen á que por muchas personas se hicieran las dos preguntas siguientes:

1.^a ¿La multiplicación de los terremotos en la época actual es un hecho positivo, ó sólo depende del mayor cuidado con que se hacen los estudios que se refieren á las ciencias naturales?

2.^a ¿Los terremotos están en relación evidente con las erupciones volcánicas, ó dependen de otras causas menos conocidas?

Preguntas ambas que pueden resumirse en la siguiente: ¿Cuál es el estado actual del volcanismo, cuál su importancia entre las fuerzas telúricas, y cuál ha sido el estado de estas mismas fuerzas en los años y en los siglos trascurridos?

A tal demanda la ciencia nada podía responder categóricamente, ya que desconocía las leyes que rigen los fenómenos endógenos, pues aun cuando desde la más remota antigüedad habían sido estudiados y descritos con gran cuidado y exactitud los terremotos y las erupciones volcánicas, siempre había sido como hechos excepcionales.

Observando que el estudio de la meteorología, si bien venía siendo cultivado por los físicos desde tiempos muy remotos, no se había convertido en ciencia, y sobre todo en ciencia de aplicación, hasta que se han multiplicado, organizado y coordinado las observaciones, se supuso, y no sin razón, que

los resultados obtenidos con este método señalaban el que debía seguirse para apreciar debidamente los fenómenos endotélúricos y llegar á responder concretamente al problema referente al estado presente, pasado y aun futuro de las fuerzas endógenas.

Con este objeto comenzaron los estudios y observaciones en Italia, primeramente por Palmieri en su Observatorio del Vesubio, después por Bertelli en Florencia, y Monte en Lior-na, á los que siguieron Denza, Serpieri, Rossi, Galli y algunos otros en diversas localidades de la Península italiana, provistos de instrumentos adecuados para señalar, no sólo las erupciones y terremotos ordinarios, sino multitud de pequeñas variaciones en el nivel de la superficie terrestre, ya lentas, ya instantáneas, y que se podían anotar ó determinar en dirección y forma, según que el instrumento que para ello se empleaba fuese un sismómetro ó un sismógrafo.

A semejantes observadores vino á unirse el Sr. Lorenzini, químico de Porreta, localidad célebre para los geólogos, el cual se había dedicado á estudiar los terremotos que con frecuencia agitan las vertientes de los Apeninos en el territorio boloñés, fijándose, entre otras cosas, en las variaciones de nivel que con aquellas se producían en el agua del pozo de su laboratorio. Este fenómeno se había ya observado en mil ocasiones, y estaba comprobado que los grandes temblores de tierra unas veces han aumentado, otras han dejado en seco, enturbiado, colorido ó mineralizado las aguas, ya de los manantiales, ya de los pozos. Completando su idea el Sr. Lorenzini, emprendió una serie de estudios cotidianos, hubiera ó no terremoto en la localidad, á fin de juzgar si á la aparición de éstos era cuando únicamente se notaban cambios de nivel en las aguas subterráneas, y teniendo en cuenta, por supuesto, las variaciones de régimen ocasionadas por la afluencia de las filtra-

ciones de los hidrometeoros, según las estaciones, no tardó en poder afirmar que semejantes observaciones proporcionan un medio de conocer constantemente el estado de la endodinámica telúrica.

Por este tiempo Perrey, coordinando sus datos de más de treinta años, referentes á los terremotos, llegó á establecer como ley «que los temblores de tierra siguen en su desarrollo las fases de la luna, lo que parece indicar, decía, proceden del movimiento de las mareas de los flúidos en lo interior de la tierra».

Bertelly, sin discutir las ideas de Perrey, multiplicó sus indagaciones recogiendo y coleccionando multitud de noticias históricas referentes al movimiento espontáneo del péndulo, y al propio tiempo sus observaciones le condujeron á entrever una ley de oscilación continua del suelo, semejante á la de la atmósfera y apreciable por el péndulo, como ésta se aprecia por el barómetro.

Nació así la microsismología, cuyo campo de investigaciones se ha ido agrandando de tal suerte, que hoy sirve para comprender las variaciones de los manantiales, de las erupciones de vapores y gases, de los pseudo volcanes, tales como las fumorolas y moyas, y aun señalar las fases de actividad de los volcanes principales.

El profesor Serpieri, al estudiar el terremoto de 12 de Marzo de 1873 y examinar los fenómenos eléctricos que le acompañaron en Italia, y que fueron observados por algunos telegrafistas, concibió la idea de que con medios é instrucciones adecuados, las estaciones telegráficas podrían, siempre que fuese necesario, trasformarse instantáneamente en observatorios sísmicos, sobre todo en los casos de grandes temblores de tierra. Semejante proyecto fué aceptado por la Dirección general de Telégrafos de Italia, y su realización ha dado ópimos

frutos; sucediendo otro tanto con una circular del Conde de Malvasia, que dirigida primeramente á los Alcaldes y Párrocos de la circunscripción de Bolonia, se ha comunicado después á los de todo el reino italiano, para completar los medios de observación de los fenómenos endógenos.

Hoy, con los datos recogidos, queda fuera de duda la correlación de todas las fuerzas endotelúricas, y se han alcanzado resultados muy importantes, que ligeramente vamos á exponer.

Dedúcese en primer lugar, que las variaciones electromagnéticas, no sólo acompañan á los terremotos y á las erupciones volcánicas principales, sino que en ocasiones pueden hacer sus veces y ser sólo la representación de la actividad interna de nuestro globo. Otro tanto puede decirse de la circulación subterránea del agua y, como relacionada con ella, el cambio de su nivel, no sólo en los pozos, sino en algunos lagos¹; á estos hechos deben añadirse las emanaciones de gases, y principalmente de ácido carbónico, cuya acción puede considerarse como universal y función indispensable para la economía de la tierra en los fenómenos eruptivos y sísmicos, y aun para proveer á la atmósfera de agente tan indispensable.

Desde este punto de vista, otros desprendimientos de gases que salen á la superficie de la tierra, y que se acusan ya por nieblas, olores especiales, aumento de burbujas en los manantiales, etc., así como la alteración del régimen de las fuentes, el enturbiamiento de sus aguas y el cambio de temperatura en las mismas, son elementos que si bien habian venido pasando inadvertidos, revelan hoy, no sólo lo complejo de las microerupciones terrestres, sino la esencia misma de éstas.

Resultados de más valía, si cabe, se han obtenido para los

¹ Le piene del Garda ed i terremoti di monte Baldo, per A. Goiran.

fenómenos verdaderamente sísmicos, pues ha podido desecharse la idea, generalmente admitida, que representaba una sacudida ó temblor de tierra cual un golpe producido en un punto único de la corteza terrestre, y cuyos efectos se extendían desde allí como las ondas concéntricas producidas en un estanque al arrojar una piedra dentro del agua, y no ha aparecido menos desprovisto de fundamento el representar con una lámina vibrante cubierta de arena, en que se dibujan figuras extrañas, la imagen de los ondas sísmicas: hoy desechadas estas ideas, basta establecer el concepto de una explosión general transmitida á las diversas partes del suelo, que se agitan cual mallas de una cota, que así pueden considerarse los continentes, al verlos divididos por multitud de quiebras de más ó menos extensión y desarrollo.

En tales condiciones, la ley mecánica de los terremotos puede formularse diciendo que «al sacudimiento en una línea de fractura, ó falla, como dicen los geólogos, suceden las vibraciones transversales de sus labios», pues la experiencia demuestra, que en los temblores de tierra el suelo se mueve según ondas sucesivamente paralelas y perpendiculares á los ejes de las quiebras geológicas.

Semejante ley, establecida por Rossi, ha sido comprobada en la práctica, y ha podido traducirse en utilísimo precepto arquitectónico para aquellos países sujetos á frecuentes movimientos sísmicos, señalando como perjudicial la posición de los edificios con bóvedas paralela ó perpendicularmente situadas á las líneas topográficas, es decir, á las fracturas terrestres, y por tanto, á las ondas sísmicas, mientras que las dispuestas diagonalmente á las mismas podrán resistir mejor las sacudidas, y esto se confirma con lo que la experiencia enseña para monumentos que cuentan diez, quince y hasta veinte siglos de existencia y que, merced á estar sus arcos fundamentales co-

locados casualmente en la disposición que hoy se recomienda, se han conservado incólumes, mientras han desaparecido, hundidos por los terremotos, los que fuera de semejante posición se encontraban á su alrededor.

Consecuencia de esta ley que revela el aparato sísmico terrestre, es que á través de la complicada red de quiebras que surcan la superficie de nuestro planeta, y que se presentan análogamente en sentido vertical, se hace no sólo posible, sino necesaria la comunicación subterránea de las masas líquidas y gaseosas de lo interior de vastas regiones, pudiendo así moverse, concentrarse ó dilatarse según los casos, á todo lo que corresponderán las series de sacudidas representantes de una borrasca sísmica, cuyo principio se señala por movimientos microscópicos, siguiendo calmas más ó menos duraderas, hasta que por fin aparecen repetidos sacudimientos que indican el máximo del terremoto, que por regla general va á localizarse donde se manifiesta una depresión barométrica.

Hay, pues, hoy, en muchos casos, elementos para predecir un temblor de tierra, como por la marcha de los ciclones se predicen las tempestades.

Los hechos comprueban además que el volcanismo no se halla en la actualidad en un período de disminución comparado con su actividad en cada una de las épocas geológicas, sino que hay en la tierra una virtualidad que se reproduce por medio de reacciones químicas fácilmente apreciables en sus manifestaciones de calor y electricidad, obteniéndose así una verdadera fuerza vital, por más que el punto de aplicación cambia de una parte á otra para reproducirse y equilibrarse trasportando y determinando en diversos lugares la manifestación de las acciones endógenas.

En todo este cambio tan complejo de las borrascas, ya microsísmicas, ya de los grandes temblores de tierra, resalta la

comparticipación evidente de vastísimas regiones en unas mismas acciones subterráneas, mientras otros hechos localizados pueden considerarse como dependientes de un centro de actividad próximo y circunscrito.

Demuestran también los datos recogidos que hay ciertas horas en que se acumulan los movimientos de cada borrasca sísmica, cuyos máximos se suceden con el intervalo de una década, al propio tiempo que se acentúan las erupciones de los volcanes correspondientes á la región conmovida.

En suma, como dice Rossi, tres datos fundamentales y enteramente nuevos resultan del estudio de la meteorología endógena.

1.º Que las quiebras ó fracturas geológicas son, así puede decirse, el aparato para la trasmisión de las acciones mecánicas del volcanismo.

2.º Que como resultado de dichas acciones se presentan borrascas periódicas diversamente localizadas.

3.º Que los movimientos microsísmicos hacen conocer la vida y desarrollo de aquellos fenómenos que hasta ahora no eran apreciados sino cuando llegando al máximo de intensidad, se acusaban con inesperados y violentos terremotos.

Con estos tres datos, y principalmente con el último, hay mucho camino andado para la previsión de los temblores de tierra, no olvidando el asociar los comprobantes de las erupciones, de las perturbaciones magnéticas y variación de las corrientes electro telúricas, las anomalías de la circulación de los manantiales minerales y los cambios de la presión barométrica.

A resultados de tanto interés como los que vamos indicando hay que añadir los que ha venido á proporcionar la aplicación del micrófono á las indagaciones sismológicas, idea del autor Rossi, que tantas veces hemos ya citado.

El micrófono ha llegado á demostrar que la tierra vibra por efectos sísmicos, produciendo ondas de diversa velocidad, y por tanto comparables con las sonoras de los diversos tonos de la escala musical, que el aparato citado puede registrar y hacer perceptibles en los movimientos telúricos pequeñísimos, reproduciendo todos los ruidos que repetidamente se han consignado en la historia de los terremotos y erupciones volcánicas, cuando la grandiosidad del fenómeno permitía apreciarlos naturalmente.

Por otra parte, los sonidos micrófono-telúricos son tan semejantes á los que produce el vapor de agua al salir de las calderas de las máquinas, que inmediatamente nace la idea de considerar las vibraciones terrestres como consecuencia del paso de vapores con tensión variable, ó lo que es lo mismo, que la energía endógena reside principalmente en las reacciones que se originan por la acumulación de gases en lo interior de nuestro Globo, y principalmente por la acción del agua vaporizada.

El agua que penetra por los estratos terrestres, mucho más de cuanto ordinariamente se cree, hasta el punto de poderla considerar como impregnando todas las rocas y originando vapores que después de circular por las grietas, y aun á través de los poros, reaparecen otra vez en la superficie, ya con las erupciones volcánicas ó pseudovolcánicas, ya en los manantiales termo-minerales, y muchas veces y en muchos sitios en emanaciones por las fracturas y por la superficie misma del suelo.

Y no hay que dudarle, al paso que progresan los estudios del volcanismo, pronto llegará el día en que una parte, y no pequeña, de los fenómenos que en la actualidad se consideran como puramente atmosféricos se reconocerán como originados en las entrañas de la tierra. Así podrá explicarse en lo suce-

sivo no sólo el origen, sino los accidentes de los temblores de tierra, siendo ya hoy fácil comprender su modo de ser y el desarrollo de fenómenos que mal estudiados se habían venido considerando como independientes del volcanismo; teniendo que recurrir, para explicar sus efectos, á suposiciones y teorías más ó menos complicadas y de mayor ó menor valer.

Probaremos este aserto con algunos ejemplos, que darán fin á nuestro trabajo.

El gran terremoto de Lisboa ocurrió el 1.º de Noviembre de 1755, y sus efectos se extendieron en un área enorme, de forma próximamente elíptica, que comprendió desde el Canadá y las Antillas hasta la costa de Africa, y de aquí por Italia y la Bohemia hasta Inglaterra.

El punto primero en que se manifestó el movimiento sísmico, se señaló como situado en el Océano en una región rodeada por los picos volcánicos de las Azores y Canarias; al llegar el temblor á Lisboa se percibió bajo tierra un ruido semejante al del trueno y la sacudida fué tan violenta que en menos de tres minutos se hundió la mayor parte de aquella capital y perecieron 60000 personas ¹.

En las montañas más altas de Portugal se produjeron grandes derrumbamientos y se desprendieron de las más empinadas cimas humos, vapor de agua y aun llamas, que se consideraron como de naturaleza eléctrica ².

El régimen de los ríos y lagos de España, Francia, Italia é Inglaterra sufrió grandes perturbaciones, que se acusaron también en los manantiales termales de Töplitz, al propio tiempo que se acentuaban las erupciones volcánicas de la región mediterránea.

¹ Ansted, *Physical geography*, Fifth edition., p. 346.

² *Principes de Géologie*, par. Sir. Ch. Lyell, ouvrage traduit par M. J. Ginestou. T. 2.º p. 189.

Prescindiendo de otros hechos, tales como la gran ola de traslación, el hundimiento del muelle de la capital portuguesa, los desastres de Marruecos, etc., pues no es nuestro objeto describir el terremoto más notable del siglo pasado, con sólo lo que hemos apuntado hay lo suficiente para comprender como hechos estrechamente relacionados con el temblor de tierra que citamos, las erupciones volcánicas, la variación de régimen en las aguas subterráneas, el desprendimiento de gases y la presencia de fenómenos eléctricos, es decir, todo cuanto hoy se reconoce como inherente al volcanismo; y téngase en cuenta que no hemos citado para este caso nada que no esté consignado en las obras de Lyell, Ansted, Michell, etc '.

En el verano de 1841 se notó en Huelva un temblor de tierra, cuyas circunstancias, sin ser extraordinarias, son curiosísimas, habiéndonos facilitado su conocimiento un testigo presencial.

Sintióse primero un ruído análogo al que producen los carros marchando sobre un empedrado, y siguió una serie de trepidaciones bastante fuertes para hacer mover los cuadros y objetos pendientes de las paredes. El nivel del agua de los pozos subió considerablemente, pues en alguno en que aquél se hallaba de ordinario á unos 7 metros por bajo del piso, se derramó el agua por la boca, siendo además esta agua caliente; y aun cuando el nivel bajó pronto, no se alcanzó el antiguo en varios días.

Por más que faltan datos referentes á la relación que este suceso tuviera con erupciones de volcanes, y no se sabe tampoco si hubo desprendimiento de gases ni acciones eléctricas, aunque algo quiere indicar el malestar que notaron algunas

' Mallet. Report on the Facts and Theory of Earthquake movements. Final Report in British Association Reports for 1858.

personas, es lo cierto que la dependencia mutua entre el temblor de tierra y la circulación subterránea de las aguas se puso completamente en evidencia para este caso, lo mismo que para el que vamos á referir.

En 10 de Junio de 1863 comenzó una serie de movimientos sísmicos en la provincia de Almería ¹, que, extendiéndose después por Murcia y Granada, llegaron á acusarse en las Baleares, Italia, Grecia y Argelia, y estos movimientos, si bien con diferente intensidad, continuaron durante tres meses.

El hecho fué tan notable, que en 21 de Julio se comisionó de Real orden al sabio ingeniero del Cuerpo de Minas Sr. Don Casiano de Prado para estudiar aquellos terremotos, y del brillante informe que, en cumplimiento de la comisión recibida, presentó al Gobierno, entre otros muchos particulares, resulta:

Que en la región agitada por los temblores en España, y que fué de extensión considerable, si bien no se hallan volcanes en actividad, hay rocas y terrenos volcánicos que alcanzan gran desarrollo en el cabo de Gata.

Apenas comenzaron las trepidaciones sísmicas se alteró el régimen de los manantiales del país, hasta tal punto que en Huerca-Overa las aguas de una fuente se enturbiaron á consecuencia de los movimientos ocurridos en 19 de Junio y, cuando al cabo de seis horas cesó la turbia, las aguas aumentaron en más de dos terceras partes. Junto al río Almanzora desapareció por aquel tiempo otra fuente, que volvió á manar al cabo de quince días á 40 metros de distancia, observándose que las plantas que con sus aguas se regaron se secaron en seguida, lo que no pudo proceder más que de gases que traían en diso-

¹ En 3 del mismo mes y año hubo en Filipinas uno de los terremotos más extraordinarios, no sólo por los daños que ocasionó, sino por el número de víctimas que hubo que lamentar.

lución: varios molinos harineros hubieron de parar un corto tiempo por una especie de retroceso que sufrieron las aguas que les daban movimiento, al par que crecían las de las minas del barranco Jaroso.

Los ruidos subterráneos fueron imponentes, si bien de intensidad diversa, y con el período sísmico coincidió la aparición de tempestades originadas por nieblas, que se levantaban en diversos puntos del horizonte y que paulatinamente se reunían hasta constituir espesas nubes, iluminadas con las chispas eléctricas que, entre los estampidos del trueno, se sucedían sin parar, haciendo mil quiebras y dirigiéndose ya del cielo á la tierra, ya en sentido inverso.

No escasearon los fenómenos que pudiéramos llamar biológicos, es decir, las sensaciones experimentadas por diversas personas y animales, y que sólo es concebible explicar por manifestaciones eléctricas ó por la presencia en el medio ambiente de cuerpos extraños, probablemente gases.

Que estos se desprendieron del interior de la tierra, cuando los terremotos de Almería, no puede caber duda al saberse que por las muchas grietas que se abrieron en el país, aunque cortas y de poca anchura, pues la mayor que se vió, á lo largo de una calle de Cuevas, sólo se extendía unos 30 metros y un ancho de 10 centímetros, antes de que se cerraran se notaron ciertas corrientes gaseosas, cuyo efecto fué tal, que mataron la mayor parte de los gatos de Huercal-Overa, y los que no perecieron, quedaron flacos y extenuados. Fué también notable la mortandad de gallinas, los gorriones se ahuyentaron por algún tiempo, y las golondrinas, que ordinariamente no emigran del país hasta 1.º de Setiembre, desaparecieron antes de acabarse el mes de Junio.

Dentro de las minas; que hay en abundancia en toda la región sujeta á aquellos movimientos sísmicos, se notaron es-

tos menos que al exterior; mas los gases que se acumulan en las labores de algunas de ellas se removieron completamente, como se comprobó en la llamada *San Antonio*, sita en el barranco Pinalbo de Sierra Almagrera, donde á la profundidad de 200 metros había un sitio de excavación en que no se podía trabajar sin el auxilio de un ventilador de mano; y es indudable que se desalojaron los gases que allí se acumulaban, cuando después se pudo penetrar y permanecer largo tiempo en el minado sin necesidad de aparato alguno de ventilación.

No tenemos necesidad de describir ni la forma de los movimientos, ni el número de las sacudidas, ni ninguna de las fases del terremoto, que se hallan magistralmente expuestas en el informe del Sr. Prado ¹, pues para nuestro objeto hemos allegado los datos suficientes, que prueban la íntima relación entre el movimiento de las aguas y gases subterráneos con el temblor, la presencia de fenómenos físicos, ó, mejor dicho, eléctricos, la relación de las tempestades producidas con el desprendimiento de los vapores subterráneos y, por fin, la existencia en la localidad de volcanes, por más que estos estén apagados en la actualidad.

Si saliendo de nuestro país citamos el terremoto de Casamicciola, no es más sino porque lo reciente del caso y sus numerosas descripciones permiten fácilmente cualquier comprobación.

En la noche del 28 de Julio último, á las 9 y 30 minutos, un ruido subterráneo, semejante al de un espantoso trueno, una formidable sacudida y una nube de polvo espesísima, fueron para la Isla de Ischia manifestaciones tan intensas de la actividad

¹ Los terremotos de la provincia de Almería, por D. Casiano de Prado, individuo de la Sociedad meteorológica de Francia, etc. Revista minera, T. XIV p. 549.

endotelúrica, que bastaron quince segundos para dejar transformados en un montón de ruinas á Lacco-Ameno, Forio y sobre todo Casamiciola, donde perecían cinco mil habitantes. El temblor de tierra que se extendió hasta Nápoles fué precedido y seguido de movimientos sísmicos en toda la cuenca del Mediterráneo, con la particularidad de que, á la mañana siguiente del terremoto, la atmósfera apareció cubierta, y antes de las diez una lluvia torrencial, acompañada de relámpagos y truenos, cayó en todo el golfo napolitano, después de tres meses de sequía.

La Isla de Ischia es de formación volcánica y debida á las lavas que han arrojado en muy diversas épocas los cráteres del Epomeo que, apagado hace 580 años, se eleva hoy á 792 metros sobre el nivel del mar.

Siguiendo dos grandes fallas, próximamente orientadas de E. á O. y N. N. O. á S. S. E., abundan en la Isla los manantiales termales y los surtidores de gases con temperaturas variables entre 40 y 100 grados centígrados, siendo de notar, que días antes del desastre se advirtieron sacudimientos y ruidos subterráneos; algunas fuentes termales presentaron irregularidades en su gasto y temperatura; por ciertos sopladeros, casi inactivos ordinariamente, salieron fuertes chorros de vapor de agua y ácido sulfuroso, y en algunos pozos cambió el nivel del agua, creciendo notablemente la temperatura.

Hay, pues, en este caso, como en los anteriores, manifestaciones endógenas diversas, relacionadas todas entre sí y también con las de la metereología general.

Si en vez de buscar, entre los fenómenos considerados como accidentales en los terremotos, los que demuestran la exactitud de las teorías que hemos bosquejado, estudiamos otros casos, en que los movimientos de las aguas y gases subterráneos se hayan puesto de manifiesto y resulte como accidental el movi-

miento del terreno, podremos al mismo tiempo justificar más y más la íntima relación entre las diversas manifestaciones del volcanismo, y ampliar el concepto de este.

En Puigcercós, pueblo de la cuenca de Tremp, en la provincia de Lérida, ocurrió en la noche del 13 de Enero de 1881 un hecho que llenó de consternación á los habitantes, y que puede sintetizarse diciendo ¹, que después de un fuerte estruendo y una violenta sacudida, al par que se esparcía en la atmósfera un pronunciado olor sulfuroso se desprendió una parte considerable del cerro en que estaba asentada la población, produciéndose, no un embudo, sino un tajo de más de 50 metros de altura y 200 de longitud.

Para explicar este fenómeno se acudió á la suposición del hundimiento del techo de una caverna subterránea; ² pero quedaron sin justificar el olor sulfuroso que se percibió cuando el desplome, la forma rectilínea de éste, las grietas que hay en el cerro del pueblo por donde y desde muy antiguo salían vapores de vez en cuándo y la existencia de una fuente mineral que allí mismo manaba, con no escaso caudal.

Si consideramos que, prescindiendo de tiempos antiguos, en 3 de Mayo de 1857 y en 16 de Agosto de 1863, se produjeron en Puigcercós movimientos análogos al de que hablamos; si se tiene presente que en las montañas de Tremp hay abundantes manantiales termales, y no se olvidan los sopladeros que hemos citado como existentes en las cercanías del pueblo, podremos atribuir el hecho, con todas sus manifestaciones, á un fenómeno de máxima actividad endógena, perfectamente justificado.

¹ D. de Cortázar. El hundimiento de Puigcercós. Bol. de la Com. del M. Geológico de España. T. VIII p. 349.

² Luis M. Vidal. Nota acerca de los hundimientos ocurridos en la Cuenca de Tremp. Loc. cit. p. 113.

Oportuno será observar, que el hundimiento de 13 de Enero de 1881 se anunció el día 11 en Roma, con extraordinarios ruidos en el micrófono sísmico, y todo el día 13 los sismómetros registraron un movimiento casi continuo de la península italiana, lo mismo que ocurrió en las otras dos fechas citadas para los derrumbamientos de Puigcercós, pues al hecho de 3 de Mayo de 1857 sucedió el día 4 un fuerte terremoto en Graechen, en Suiza, y un aumento de actividad en el Vesubio, siguiendo á los pocos días temblores de tierra en Grecia é Italia; y cuando en 16 de Agosto de 1863 ocurría el hundimiento de la cuenca de Tremp, ya había sido acusado la víspera con un terremoto en Graechen, y casi simultáneamente se notaban fuertes temblores en Grecia, que se repetían poco después en Cosenza, Palmi, Argelia, y los vertientes septentrionales de los Pirineos ¹

En resumen, los tres casos de Puigcercós han correspondido con tres máximos de actividad endógena de toda la cuenca del Mediterráneo.

Bien pudiera añadir otros ejemplos, como el del pozo artesiano que se estaba abriendo en Apenrade (provincias Rinianas) en el mes de Mayo del pasado año, y donde, al llegar con la sonda á la profundidad de 147 metros, hubo una proyección de arenas, arcillas y aun trozos de roca, seguida de un desprendimiento de gases que, encendidos con una luz, siguieron ardiendo con intensa llama varios días; todo lo que justifica la acumulación de sustancias gaseosas entre las capas subterráneas como un fenómeno mucho más frecuente de lo que ordinariamente se cree, y que en casos determinados pueden producir movimientos sísmicos.

Como hechos exclusivos de nuestro país podemos citar des-

¹ Bullettino del vulcanismo Italiano. T. IX, p. 45.

prendimientos de gases y aguas, relacionados con terremotos, y un caso curiosísimo se registra como acaecido en Hinojosa de San Vicente, pueblo del partido de Talavera, en la provincia de Toledo, en 24 de Febrero de 1788. La publicación que dió cuenta de él, y que se titulaba *El Memorial Literario*, señalando ciertos temblores de tierra ocurridos en las vertientes de los Pirineos, y apuntando las erupciones de agua de Hinojosa, concluía diciendo: «Vemos aquí los efectos de los terremotos de Cataluña, y continuados sus fenómenos y resultas. Los físicos atentos, si recogieran estas y otras observaciones semejantes, podrían con el tiempo acercarse al conocimiento de sus causas.» ¹

¡Cuánto más sensato y adelantado aparece este autor español del siglo pasado, que los redactores del periódico francés *Le liberateur des âmes du Purgatoire*, que, aun cuando ha llegado el vigésimo año de su publicación, ha acogido en el número 1.º del pasado un artículo de un franciscano, donde con toda formalidad se afirma que «Los volcanes son los respiraderos del infierno, y su fuego el mismo en que consumen los condenados.»

Para no molestar más vuestra atención, concluiré haciendo un resumen de las fases porque ha pasado en la geografía física la idea de la tierra.

En los tiempos más antiguos, los astros se consideran

¹ La *Gaceta de Madrid* de 26 de Diciembre de 1836, refiere el siguiente hecho: «Pontevedra 14 de Diciembre de 1836. En la falda oriental de la cordillera de la Franqueira (monte del Paradanta) sobre las parroquias de Parada y Luneda, se abrió el monte el 11 del corriente y arrojó por dos grandes bocas tanta agua cuanta puede llevar el Miño, percibiéndose al mismo tiempo, en la propia comarca, un olor á azufre. Como unos cinco minutos duró este fenómeno singular, y el torrente, en medio del espanto y alaridos de los habitantes, arrastró más de 1600 árboles, hizo desaparecer muchas casas y molinos, y arruinó muchos terrenos de gran valor. El monte presenta ahora las dos grandes bocas, y muchas fuentes antes desconocidas.»

como apagándose al ponerse, encendiéndose de nuevo al aparecer en el horizonte y es la tierra un disco plano que sostiene la bóveda celeste.

Tres mil años antes de Jéscristo, crece el firmamento para dar albergue á los astros y á los dioses, y se ensancha más y más la tierra.

Esta se aprecia ya, al comenzar nuestra era, como una esfera inmóvil, colocada en el centro del universo, también esférico, que con las estrellas, el sol y la luna da vueltas al redor de nuestro globo.

A principios del siglo XVI se fija la inmovilidad del sol, y se comprende que todos los planetas giran á su alrededor.

Se señala el siglo XVIII por la independeneia del sistema solar dentro del universo, y se considera á las nebulosas como mundos en vías de formación.

Por fin, en estos últimos años se explica la candencia del sol y las estrellas; se descubre la identidad química de los astros con elementos terrestres, y la cosmogonia del sistema solar viene á ser el punto de partida para la historia geológica de la tierra, que aparece como llena de fuerza y vida, lo mismo en lo exterior que en lo interior.

Se señala en estos descubrimientos una marcha, que si quiéramos representarla como se hace en matemáticas, fijando el lugar geométrico del progreso obtenido, veríamos que marcando con ordenadas la importancia de las invenciones, y tomando por abcisas los diversos tiempos, resultaría hasta comenzar el siglo XVI una curva, que corriendo casi paralela y á poca distancia del eje de las x , comienza entonces á apartarse de él rápidamente más y más y en dirección de que ya nunca retrocederá, porque el carácter esencial de la verdadera ciencia reside en que sus adelantos ó descubrimientos crecen y se acumulan indefinidamente.

He llegado al fin del camino que me había propuesto recorrer, y si por falta de condiciones he defraudado esperanzas que tal vez alguno hubiese concebido, por lo menos quédame el consuelo de haber sido tal vez el primero que en España haya fijado públicamente el concepto que, merced á los trabajos de los sabios italianos, hoy se tiene del volcanismo terrestre y la marcha que sigue al estudio de la Meteorología endógena.

Permitidme que, como conclusión, repita con un malogrado poeta contemporáneo al celebrar las conquistas diarias del saber:

¡Gloria á la ciencia! ¡á sus trabajos gloria!
Vedla cómo camina,
Santificando el libro de la historia,
Tras su ideal eterna peregrina,
Tántalo sin delito,
Que se abrasa en la sed de lo infinito.

HE DICHO.

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. MANUEL FERNÁNDEZ DE CASTRO

Señores:

Designado por la Academia para contestar al notable discurso que acaba de pronunciar el académico electo D. Daniel de Cortázar, la primera idea que asalta mi mente es el recuerdo del momento en que tuve la honra de ser recibido entre vosotros, y me parece ver la fisonomía de cuantos estuvieron presentes en aquel acto. Seis años han trascurrido, y en ese tiempo he podido evidenciar con dolor que no pasa uno sin que tengamos que deplorar la muerte de dos ó tres de nuestros queridos compañeros: larga es ya, por tanto, la lista de los que he tenido el sentimiento de ver desaparecer, y tócame hoy el triste honor de consagrar algunas palabras á la memoria de D. Esteban Boutelou, distinguido naturalista, cuya modestia era tan grande como sólidos sus conocimientos, y á quien cupo la suerte de pertenecer á una de esas familias privilegiadas, en que no parece sino que el apellido lleva en sí el germen que las ha de hacer ilustres en un ramo especial del saber humano. Desde que con Felipe V vinieron á establecerse en España los antecesores del Sr. Boutelou, todos ó casi todos los de

este nombre se han dedicado al estudio y á la enseñanza de las ciencias naturales y agronómicas, habiendo servido á sus Reyes y á la Nación; ya como directores de los jardines y bosques reales; ya como profesores de Botánica y Agricultura, en Madrid, Alicante y Sevilla; ya como autores de obras clásicas por todos conocidas, y de trabajos especiales en los mismos ramos.

El profundo conocimiento que de ellos tenía le abrieron las puertas de esta Academia al Sr. Boutelou, después de haber resumido, por decirlo así, los méritos de sus antepasados, distinguiéndose personalmente como catedrático, como director de los bosques del Real patrimonio y como individuo del Cuerpo de Ingenieros de Montes, en el cual ocupaba el alto puesto de Inspector general de primera clase, cuando lleno todavía de entusiasmo por la ciencia le arrebató la muerte.

Pero si uno después de otro están condenados á ir desapareciendo todos los amantes del saber que constituyen esta Academia, causando con su pérdida hondo sentimiento en los que quedan; como la Ciencia no perece, antes bien siempre progresa y de día en día se ensanchan sus horizontes; los que oficialmente la representan y hoy se congregan para llenar el vacío abierto en sus filas, prescindiendo de los sentimientos del hombre y de las afecciones de la amistad, no pueden menos de experimentar viva satisfacción al considerar que cada vez que aquí sucumbe un adalid del trabajo, aparecen fuera de este recinto nuevos campeones dignos de sustituirle; y que al entrar en él nos traen, con su saber, el ardor de la juventud algunas veces, el entusiasmo del neófito las más de ellas y casi siempre la savia de nuevas ideas, sin la cual no se mantendrían, como deben constantemente mantenerse estos cuerpos, á la altura de los conocimientos de la época. De aquí, Señores, que un acto solemne, que tiene por origen un suceso desgra-

ciado; que empieza por dedicar un recuerdo de tristeza al compañero que nos deja; acabe por ser un acontecimiento fausto, que todos celebramos, dando la bienvenida al nuevo académico, sobre todo cuando reúne las condiciones que concurren en D. Daniel de Cortázar.

Es este, ya lo habéis oído de sus labios, hijo del insigne matemático D. Juan, á quien la falta de salud y una muerte prematura no permitieron traspasar las puertas de esta Academia que de par en par le abristeis, y por las cuales, más dichoso en esto, penetra el Sr. Cortázar, joven aun, y en disposición de prestar á la ciencia servicios tan relevantes como los que ya habéis apreciado y le han valido el honor de congregarnos en este acto, que seguramente formará época en su vida; porque la ha dedicado toda al estudio y al trabajo, y no cabe para el que así la emplea mayor recompensa que la que aquí recibe.

Herederero del saber de su padre en las ciencias exactas, el nuevo académico cuenta entre sus méritos el de haber sabido mantener la importancia de los libros con que aquel difundía el conocimiento de las Matemáticas en todas partes donde se habla nuestra lengua; habiendo conseguido que, á pesar de las alteraciones que en esta parte de la enseñanza se han introducido en los últimos años, puedan seguir figurando dignamente entre los primeros que eligen los profesores para que sirvan de consulta á sus discípulos.

Su competencia en las ciencias físicas, que se revela en la «*Memoria acerca de la Exposición Universal de Filadelfia*», publicada de Real orden, queda plenamente demostrada en la «*Historia, Descripción y Crítica de los sistemas empleados en el alumbrado de las excavaciones subterráneas: nuevo método de iluminación en las minas*»; libro escrito en colaboración con D. Amalio Gil y Maestre, y premiado en concurso

público por la Escuela especial de Ingenieros de Minas: tribunal cuya severidad en los fallos que emite al juzgar, todos los años las obras que aspiran al premio del legado Gómez Pardo, ha llegado á considerarse excesiva.

Pero donde el Sr. Cortázar se ha distinguido más y ha prestado mayores servicios al país, ha sido en las Ciencias Naturales, y muy particularmente en la Geología; pues sin tomar en cuenta multitud de trabajos que ha desempeñado durante los doce años que lleva en la Comisión del Mapa Geológico de España, algunos de los cuales se han publicado y ha tenido presente la Academia para llamarle á su seno, no pueden menos de citarse en este lugar:

La «*Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca*», impresa en 1875, y acerca de la cual emitió un brillante informe en el Real Consejo de Agricultura, Industria y Comercio, el eminente hombre público D. Fermín Caballero.

La «*Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valladolid*», impresa en 1877, y también favorablemente juzgada en el mismo Real Consejo por uno de nuestros más distinguidos compañeros de esta Academia.

La «*Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valencia*», que ha visto la luz recientemente, como las anteriores, entre las Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España. Y por último, para no cansaros con la enumeración de otras varias que pudiera hacer, la «*Reseña físico-geológica de la provincia de Ciudad-Real*», que, á pesar de no ser más que un esbozo de la Memoria que más adelante publicará la antedicha Comisión, ha merecido ser citada con encomio por geólogos renombrados, como Barrois y Lapparent.

Con semejantes títulos ¿es acaso necesario que el académico encargado de recordarlos haga por su parte comentario

ninguno? Ciertamente que no; así como tampoco, después del profundo discurso que acaba de pronunciar el Sr. Cortázar, parece natural que moleste vuestra atención con otro que tenga la pretensión de ampliarlo ó encarecerlo; porque para esto basta haberlo escuchado y mis fuerzas no alcanzan á lo primero, tratándose de una materia tan nueva, en que el Sr. Cortázar ha hecho estudios especiales, antes y después de haber tenido la fortuna de oír de boca del mismo profesor Rossi, uno de los más ilustres promovedores de la Meteorología endógena, no sólo los fundamentos de esta nueva rama de la Física del Globo y la historia de sus rápidos progresos, sino también sus más recientes descubrimientos, y hasta pudiera decirse, el porvenir que la aguarda; porque le es dado presentirlo con probabilidades de acierto, al que ha concebido la idea primera, que en ella trabaja noche y día, y con ella ocupa su imaginación las horas en que el sueño mismo parece que no se atreve á interrumpir la meditación del hombre de genio.

Pero como es ineludible el precepto reglamentario, y como debo corresponder en cuanto mis fuerzas alcancen al honor que la Academia me dispensa, encargándome de contestar á mi amigo y compañero el Sr. Cortázar; aun cuando sea defraudando vuestras esperanzas en una parte del programa y molestando algunos minutos vuestra atención, voy á hacer algunas consideraciones encaminadas á poner de manifiesto, qué es lo que tiene de común la teoría del profesor Rossi, base de su Meteorología endógena, con las más admitidas por los geólogos que ocupan un lugar eminente en la ciencia; cuáles son las circunstancias esenciales en que difiere de ellas; y cuáles las ventajas que de adoptarla pueden resultar para el progreso de la Geología y para bien de la humanidad: permitiéndome intercalar algunas ideas propias acerca de aquellos puntos en que más se apartan unos de otros.

Según habéis podido ver en el discurso á que contesto, la novedad de la Meteorología endógena, no estriba en el asunto que estudia, sino en el método y en el fin de las investigaciones; y aun cuando Rossi dice que las fuerzas endodinámicas, que se manifiestan por una multitud de fenómenos externos, no habían sido hasta que él lo ha hecho objeto de un estudio ordenado y de conjunto, no puede esta afirmación tomarse en absoluto; porque el examen de algunas obras de Geología, desde el Manual escrito por De-La-Beche, hasta el moderno Tratado publicado por Lapparent, hace ver que en ellas se estudian todos ó casi todos los fenómenos debidos á las fuerzas internas del Globo, y en varias hasta se encuentra consignada la identidad de causa que les da origen; por más que esa causa la explique cada cual de distinta manera.

Mas, á pesar de esta salvedad, que he creído deber hacer, es, en el fondo, exacto lo que dice Rossi; no sólo en cuanto al derecho que tiene á considerarse fundador de la Meteorología endógena, sino á la prioridad que reclama por haber planteado el estudio de todas esas manifestaciones, relacionadas entre sí, tales como actúan en el momento presente en la superficie ó en el interior de la Tierra, al alcance de nuestros sentidos, ayudados por los admirables instrumentos que se deben á la inventiva de los modernos físicos. Es verdad que Stoppani, el geólogo que con más método y profundidad ha discutido en un libro didáctico las cuestiones relacionadas con la dinámica interior del globo, establece la unidad de origen de esos fenómenos y los explica todos por la acción combinada del calor y del agua, como la mayoría de los geólogos modernos, cuya explicación toma Rossi por base de sus trabajos; pero también es cierto lo que éste alega: que Stoppani sólo se propuso instituir las bases de la Geología y se limita, por tanto, á examinar las fuerzas endodinámicas en cuanto á su manera de actuar,

modificando el planeta en que se desarrollan. Porque al geólogo, en efecto, le basta el conocimiento de la acción moderada que tienen esas fuerzas en la época presente, para deducir su carácter y reconocer sus huellas en los gigantescos resultados que han producido en la inmensidad de los tiempos geológicos: el estudio de la marcha actual y diaria de la actividad telúrica, sus incidentes, sus mutuas relaciones para deducir de cada caso particular leyes generales que permitan establecer, con respecto á las fuerzas internas, una rama de la Física del Globo, semejante á la que ya existe en cuanto se refiere á las fuerzas externas; en una palabra, crear la Meteorología endógena, como ya se había creado la Meteorología atmosférica ó exógena, no lo había hecho Stoppani, ni le correspondía hacerlo á nadie en un tratado de Geología.

Lo primero en que conviene Rossi con todos los geólogos y físicos modernos, es en admitir que el calor aumenta á medida que se profundiza en la corteza terrestre: hecho innegable que sirve de base á cuantas teorías se han expuesto para explicar los fenómenos de la Dinámica terrestre interna. Pero, si bien están conformes todos en el aumento de temperatura, no sucede así en cuanto á la marcha que sigue, en cuanto al límite de este aumento, y sobre todo en cuanto al origen del *calor central*: así llamado, sin duda, porque todos reconocen que no puede provenir del Sol, cuya acción, como se sabe, no pasa de la capa de igual temperatura, que en cada punto del globo varía con la latitud, la altitud y la configuración y naturaleza del terreno.

No temáis que os moleste con el relato de las observaciones que sobre esta materia han venido haciéndose desde mediados del siglo pasado, entre otros muchos, por Gensanne, Laplace, d'Aubuisson, Cordier, Fox, Reich, Arago, y más recientemente

por Dunker y Zsigmondy, en Sperenberg y Budapest: baste recordar que durante largo tiempo se ha admitido que la temperatura aumenta un grado centígrado por cada 30 ó 35 metros, según los resultados obtenidos, principalmente, en Freyberg, Cornouailles y París; que después se creyó poder afirmar que el *grado geotérmico medio* tiende á aumentar con la profundidad; y últimamente, las irregularidades observadas son tales, que en el sondeo de 1269 metros, hecho en Sperenberg, en las inmediaciones de Berlín, el grado geotérmico ha variado entre 21^m y 140^m; mientras que en el pozo de 970 metros, abierto en Budapest, en las orillas del Danubio, el grado geotérmico medio ha sido de 12^m,61; sólo en tres cortísimos espacios, que apenas suman 100 metros, fué de más de 30^m, y en el resto de la perforación los cambios de temperatura tuvieron lugar tan rápidamente, que el grado geotérmico ha fluctuado entre 26, 17, 16, 13, 12, 9 y hasta menos de 5 metros: dándose el caso extraordinario de que entre los 930 y los 945 metros, es decir, en unos 15 metros, haya ido subiendo rápida y gradualmente la temperatura desde 43°,35 C. hasta 71°, para moderar su marcha y subir sólo de 71° á 73°87 en los 25 metros restantes hasta los 970,48 metros que tiene el pozo. Esto después de haber tenido un descenso repentino desde 80°9 á 43°35 entre los 900 y los 930 metros: fenómeno que no tiene explicación posible con la teoría del fuego central y la pérdida constante de calor por irradiación; mientras que sí la da, y bastante plausible, el desarrollo de calor por las acciones moleculares de que trataré más adelante. *

* De los datos publicados acerca del pozo artesiano que empezó á perforarse en Vitoria (provincia de Alava), en Noviembre de 1877, y se suspendió en Setiembre de 1881, cuando tenía 1021 metros de profundidad, resulta: que la boca del pozo se halla á 513 metros sobre el nivel del mar, y su fondo á 508 por bajo del mismo. La temperatura media en Vitoria es

Las cifras referentes al sondeo de Sperenberg, donde el grado geotérmico fluctúa entre 28 y 37 metros, desde los 408 á los 1064 de profundidad; después de haber sido más arriba de 140 y de volver á ser de 132 más abajo, en los 200 metros últimos, han dado lugar á las más extrañas conclusiones. Un autor moderno (1) dice, en vista de ellas, que tanto en los pozos artesianos como en las minas, hay que atenerse sólo á los resultados de conjunto; porque al fijarse en las cifras parciales se tropieza con anomalías que hacen sospechar de la exactitud de las observaciones. Dunker, aplicando el método de los mínimos cuadrados, ha creído poder deducir que la temperatura aumenta hasta los 1621 metros, á cuya profundidad se obtendrían 50°87, y que en seguida disminuiría constantemente para llegar á 0 grados á los 3420 metros, y seguir con signo negativo de allí en adelante. Carlos Vogt declara que con semejante resultado no es posible admitir el calor central, que califica de mito, verdadera reminiscencia de la fábula del Tártaro.

Rectificados, sin embargo, los cálculos de Dunker por Henrich, hoy generalmente se admite que el aumento del calor debe considerarse como continuo y capaz, por consiguiente, de llegar al grado de fusión de las rocas; pero como las observaciones se han hecho, ya en minas situadas en montañas elevadas, ya en otras abiertas al nivel del mar, y la temperatura no ha presentado diferencias sensibles, no obstante hallarse las

próximamente de 13°, igual á la observada en el pozo á los 40 metros; á los 800 el termómetro marcó 34°, 25, por consiguiente el grado geotérmico medio resulta ser de unos 37^m,66; pero á diferentes niveles se observaron notables irregularidades, pues entre los 80 y 100 metros, el grado geotérmico aparece de 80^m mientras que entre los 100 y 120 es sólo de 26^m; pasa de 50^m entre los 500 y 600 metros, y no llega á 20^m entre los 600 y 650. El pozo está abierto en una caliza arcillosa cretácea, que según parece no ha variado en todo el sondeo.

unas más cerca del centro de la tierra que las otras, se ha deducido que las zonas de igual temperatura no son concéntricas sino hasta cierta distancia de la superficie, desde donde empiezan á diferenciarse más y más, á medida que se aproximan á los continentes, y sobre todo á las altas montañas; opinando alguno que cerca de las cumbres cubiertas de nieve desaparece realmente el grado geotérmico.

Sea como quiera, la teoría más generalmente admitida acerca de la elevación continua de la temperatura á medida que se aumenta la profundidad, conduce al supuesto de que á los 3218 metros debe de encontrarse el punto de ebullición del agua; que el de la fusión del hierro se hallará á los 54716 metros; y que á los 40 kilómetros la temperatura sería muy superior á la que basta para fundir los cuerpos más refractarios que se conocen: en cuyo caso, como dice Lyell, á profundidades más considerables, pero lejanas aun del centro de la tierra, el calor debería tener una intensidad 160 veces mayor que la del punto de fusión del hierro, con la cual sería imposible concebir cómo puede la delgadísima costra sólida resistir su acción sin fundirse.

Estas consideraciones y otras muchas que pudieran hacerse, de las que tal vez tenga necesidad de citar algunas más adelante, prueban que, si es innegable el hecho de que la temperatura aumenta con la profundidad, no todos admiten que ese aumento sea continuo y mucho menos que no tenga límite. Y esta es la ocasión de recordar que á la fuerza disolvente del calor se opone su antagonista la presión, que puede mantener los cuerpos sólidos á temperaturas superiores al del punto de fusión*.

* Teniendo en cuenta el grado de compresibilidad del agua, duplicaría la densidad de ésta á una profundidad de 149.666 metros; le haría ad-

Pasemos ahora á otro orden de ideas relacionadas con el origen de ese calor central.

Constituyen la Dinámica terrestre interna una serie de manifestaciones tan variadas y complejas, que á primera vista han podido considerarse distintas unas de otras, sin relación ninguna entre sí, ó como fenómenos puramente concomitantes: así es que los manantiales termales, las fuentes de petróleo, las emanaciones gaseosas, las fumorolas ó solfataras, los geysers, los volcanes de lodo ó moyas, los verdaderos volcanes, los temblores de tierra y las oscilaciones lentas del suelo, se han atribuído durante algun tiempo á causas distintas, dando lugar cada uno de estos fenómenos á multitud de teorías á cual más contradictorias.

Posteriormente han creído muchos que estos hechos pueden provenir de la misma causa y hallarse tan íntimamente ligados, que, aun cuando varién para algunos las causas determinantes, debe de haber para todos ellos una primera y principal; y ya unánimemente se admite que existe una potencia ó actividad interna, de carácter universal, puesto que en todas las latitudes, en las más apartadas regiones de la tierra tienen lugar las manifestaciones de la energía endo-telúrica, si bien son más poderosas y frecuentes en unos sitios que en otros.

Pero aun cuando todos están conformes en la universalidad y poder inmenso de las fuerzas internas, que son capaces de producir un volcán, por ejemplo, donde puede decirse que se hallan asociadas todas ó la mayor parte de las manifestaciones que constituyen la endología, los geólogos se han dividido en cuanto á apreciar el origen y naturaleza de esa fuerza; vinién-

quirir la del mercurio á los 582,477 metros; y en el centro mismo de la tierra reduciría el acero á una cuarta parte de su volumen, y el granito á la octava del suyo (2).

do á reproducirse con motivo de la teoría del volcanismo la antigua lucha entre neptunistas y plutonistas, cuando Werner y Hutton querían explicar la formación de los terrenos por la acción exclusiva del agua ó del fuego.

Sostienen unos, en efecto, y hay que reconocer que hasta el presente son los más, las teorías de Descartes, Leibnitz, Fourier, Laplace, Leopoldo de Buch, Humboldt, Elie de Beaumont y Bischof; mantenidas hoy por Dana, Contejean, Credner, Lapparent y otros; las cuales se fundan en la existencia del calor central, producido por el estado de fluidez candente, no del núcleo, sino de casi toda la masa del globo, puesto que la parte sólida se halla sólo constituída por una delgadísima cutícula, que apenas llega á tener 20 kilómetros de espesor, cuando el radio terrestre pasa de 6000.

Al calor que de ese núcleo irradia hacia la superficie, disminuyendo un grado por cada 30 ó 35 metros, atribuyen los partidarios de esta teoría casi todos los fenómenos endógenos; admitiendo, pero sólo como poderoso auxiliar para ciertos casos, la acción del agua que circula entre las rocas de la corteza, y que unas veces por su contacto con las materias candentes que salen del interior, y otras por el simple efecto del calor que suministran á la costra sólida, dan origen á la mayor parte de los fenómenos de la Dinámica terrestre interna.

Otros, que si todavía son los menos, van creciendo en número, y cuentan partidarios tan autorizados como Ampère, Davy, Arago, Herschell, Poisson, Hopkins, Daubeny, Lyell, Tyndall, Sterry-Hunt, Thomson, Stoppani, Roche y Rossi, niegan ó no consideran necesaria la existencia de un núcleo líquido candente en el globo terráqueo para que tengan lugar los fenómenos del volcanismo, aunque todos ó casi todos reconocen que la temperatura aumenta con la profundidad: atribuyendo también una acción principalísima, casi exclusiva,

algunos, al agua que de la superficie se infiltra ó penetra por los poros de las rocas ó por canales naturales, á las regiones profundas.

No hay duda que la teoría del fuego central es al parecer la más natural y sencilla para darse cuenta de los fenómenos del volcanismo; porque teniendo á su disposición los geólogos ese depósito inagotable de materia fundida, bástales ponerla directamente en comunicación con la atmósfera terrestre para explicar el origen de los volcanes; con sólo que haya contacto entre dichas masas candentes y el agua que circula por la corteza, al convertirse ésta en vapor, produce, ya los terremotos cuando no encuentra salida, ya los geysers y pseudo-volcanes cuando consigue asomar á la superficie, aunque sin fuerza bastante para empujar y arrastrar las lavas y cenizas; el hecho solo de surgir las aguas subterráneas, después de haber circulado por las regiones profundas, da lugar á los manantiales termales y minerales; y para que salgan cargadas de petróleo ó para que se desprendan gases hidro-carburados ó moftetas, basta que los depósitos de sustancias vegetales y animales que yacen sepultadas en la corteza terrestre sufran la acción de los gases que del mismo núcleo líquido se desprenden, ó que las atraviesen las aguas por él caldeadas; en fin, las oscilaciones de la corteza, que dan origen á las montañas, encuentran también su explicación con los dislocamientos y fuertes presiones que las capas del terreno experimentan al hundirse en unos sitios, por la contracción de la masa flúida que va enfriándose, y al levantarse en otros empujadas por la misma masa. Todos los fenómenos del volcanismo, tienen, pues, al parecer, pronta y natural explicación con el fuego central: lo que no se explica tan fácilmente, lo que ha dado lugar á fundadas objeciones, es la existencia misma de ese núcleo líquido en el centro de la Tierra y el origen del inmenso calor que en él se

supone: lo que niegan muchos y no se comprende es cómo se mantiene sin fundirse la delgada costra que lo cubre.

No me permite el tiempo exponer, aun cuando sea en breves frases, las principales razones que se han aducido en pro y en contra de la existencia del fuego central, ó de lo que impropiamente suele denominarse el núcleo líquido (porque mal puede llamarse núcleo á lo que, si existiera, constituiría la casi totalidad del globo terráqueo); pero no puedo menos de apuntar por qué se ha supuesto que existe ese núcleo; por qué constituiría la mayor parte ó casi toda la masa del Globo; y por qué niegan su existencia los geólogos de la nueva escuela, entre ellos Rossi, cuya Meteorología endógena se funda en la teoría sustentada por Stoppani, radicalmente opuesta á la de un núcleo líquido y á cuantas de ella se derivan, para darse cuenta de las manifestaciones de la dinámica terrestre interna.

Atribúyese á Descartes la primacía de la idea de considerar la Tierra como un astro cuya superficie ya fría conserva un fuego central, causa de todos los fenómenos internos; idea de la cual participaron Newton y Leibnitz. Pero el que ha formulado la cosmogonía de la Tierra, tal como la admite hoy la mayoría de los geólogos, ha sido Laplace, quien, al proponer la existencia de una nebulosa en el máximo grado de rarefacción como origen de la Tierra, supuso, y adviértase que no es sino una suposición, que ese estado era debido al poder de un *calor inicial*.

Fundada esta teoría en la consideración de lo que se supone que son las nebulosas, el Sol, los planetas y la Luna en nuestro sistema sidéreo, en el que parece escrita la historia pasada y futura de la Tierra, se dedujo como consecuencia lógica, que en su centro debía residir el máximo de la temperatura que aún le queda, y que va disminuyendo hacia la superficie, por donde se pierde gradualmente en el espacio. Esta

idea parecen confirmarla hechos irrefutables, como el aumento constante de calor que se ha observado al penetrar por medio de pozos en la corteza terrestre; la alta temperatura con que surgen los manantiales minerales y las aguas de los pozos artesianos; y principalmente por las lavas que arrojan los volcanes, y que se cree sea la materia misma que constituye el núcleo líquido de la Tierra. No es extraño, pues, que Fourier, Arago, Poisson, Bischof y otros, partiendo de la hipótesis de Laplace, y fundados en los experimentos á que antes nos hemos referido para fijar el grado geotérmico, hayan llegado á deducir que el calor que aún conserva la Tierra en la época actual, aumenta hacia el centro de tal manera, que á una distancia de la superficie igual á la centésima parte del radio sería de 2.000° , y en el centro mismo pasaría de 200.000° C.: evaluándolo por medio de las fórmulas ordinarias que se refieren á los cuerpos sólidos homogéneos (3). Otros cálculos, consecuencia de los deducidos por Poisson, y partiendo de los mismos datos acerca del grado geotérmico, han conducido á Elie de Beaumont á establecer que la pérdida del calor central por irradiación equivale al que se necesitaría para fundir una capa de hielo que cubriera todo el globo con un espesor de $0^{\text{m}}00\ 65$; con lo cual puede llegarse á fijar la época en que la Tierra quedará helada (4).

Nada tan curioso como la relación de los argumentos que Herschell, Hopkins, Poisson, Lyell, Thomson, Stoppani y otros han opuesto para combatir ambas consecuencias, las dos á cual más importantes, de la teoría plutónica. Darlas á conocer, aun en resumen, no es posible: el Sr. Cortázar en su discurso las ha condensado en breves frases; yo tendré que emplear algunas más, porque necesito señalar el punto débil que presentan á la crítica y la razón con que las ha rechazado el autor de la Meteorología endógena.

Partiendo de la teoría de Laplace, como ya lo habían hecho Ampère y De La Beche, que admitieron que la Tierra debía su origen á una nebulosa, Poisson considera que los planetas pudieron ser porciones de la atmósfera solar; que las moléculas que constituyen la tierra, sometidas en un momento dado á su atracción mutua, en razón inversa al cuadrado de las distancias, produjeron sobre todas las capas de la masa flúida una presión creciente de la superficie al centro, donde debió de ser más de cien mil veces superior á la de la atmósfera; y á esta presión, y no á la baja temperatura del exterior, atribuye la solidificación de la masa, que debió empezar por el centro. No habiéndose verificado esta reducción de una manera instantánea, tanto el calor inicial como el originado por el cambio de estado, fué abandonando la masa por radiación, y ni en la época actual ni en otra muy anterior ha debido quedar rastro de él: la elevación de temperatura que hoy se observa en las regiones profundas, la atribuye á la que reina en las regiones del espacio por donde atravesó la Tierra al moverse con el Sol y todo el sistema planetario. M. Daubrée trató de conciliar las teorías de Fourier y de Poisson; pero De la Rive y d'Archiac han rechazado las del último, alegando que se fundan en suposiciones gratuitas, y que es más complicada que la del primero.

Menos fácil les ha sido á los plutonistas rebatir las ideas de Hopkins, profesor de la Universidad de Cambridge, que se ha valido de otra serie de consideraciones para negar la existencia y, sobre todo, la magnitud del núcleo líquido.

Fundado en que los cuerpos se enfrían por *conducción* ó por *circulación*, según sean sólidos, imperfectamente flúidos, ó de una fluidez perfecta, dedujo que la Tierra empezó á enfriarse por *circulación* y después por *conducción*, en cuyo caso debió de comenzar por el centro. Teniendo en cuenta los fenó-

menos de la precesión y nutación, calculó que, aun cuando la presión de la masa terrestre no hubiese dado lugar á que el enfriamiento empezase por el centro, el espesor mínimo de la corteza terrestre no podría bajar de la cuarta ó quinta parte del radio, ó sea de 1.287 á 1.609 kilómetros. Consecuencia también de sus cálculos fué el afirmar que la temperatura que conserva la Tierra no puede ser debida á su calor inicial, porque bastaría á fundir todas las rocas de la parte sólida: la atribuye á la presión á que se halla sometida la masa; y opina, en fin, que no puede existir comunicación ninguna entre los orificios volcánicos y la superficie del núcleo fluido interno.

Sir Roberto Mallet ha expuesto una teoría, según la cual el calor interno es debido á la presión, ó más bien á la fuerza que sobre cada partícula de la masa ejercen las superiores, que al contraerse por el enfriamiento tienden á aplastarla; cuya fuerza desarrolla una cantidad de calor considerable. Basta, dice, tener en cuenta que una capa esférica homogénea, con una densidad igual á 3 y un radio como el de la Tierra, soportaría una presión quinientas veces superior á la necesaria para aplastar la roca más resistente; y que el aplastamiento de un metro cúbico de roca puede producir calor bastante para fundir 300 kilogramos de hielo. Aplicando estas cifras al Vesubio, teniendo en cuenta el calor latente de fusión de toda la masa, y el trabajo necesario para elevar á la superficie, desde una profundidad de 18 kilómetros, la lava y las escorias arrojadas por él durante diez y ocho siglos, Mallet saca en conclusión que todo el calor que resulta de esta valuación no equivaldría al desarrollado por el aplastamiento de 0,0025 de kilómetro cúbico de roca. Y si la actividad total del volcanismo en la Tierra se supone que es actualmente igual á cien veces la del Vesubio, bastaría el aplastamiento de 0,25 de kilómetro cúbico para alimentarla.

Contra esta teoría, favorablemente acogida en Inglaterra, se han opuesto argumentos más ó menos fundados: dicese que si bien puede ser una solución del problema del volcanismo, *mecánicamente considerado*, se desatienden completamente los fenómenos químicos, tan importantes en los volcanes; que no se explica la localización del fenómeno, siendo así que la causa á que la atribuye es universal; y por último, que habiendo emisiones de lava tan considerables como la de Scaptar Jokull, que debió de producir en las regiones profundas un vacío de más de 100 metros de alto por 110 kilómetros cuadrados de superficie, este volumen, insignificante cuando se reparte en toda la masa del Globo, es enorme cuando se supone localizado en una región, y debe dar lugar á grandes hundimientos. Lo que acaba de suceder con la desaparición de la isla Krakatoa, en el Estrecho de la Sonda, puede servir de respuesta á la última objeción; en cuanto á las otras, no es del momento analizarlas, pues mi objeto ha sido sólo poner de manifiesto algunas de las teorías en que no se admite que el aumento de temperatura que se observa á medida que se avanza en profundidad se deba al calor inicial, y que éste sea la causa de los fenómenos endógenos.

Otros, como Volger, atribuyen el calor interno, no sólo á la presión que las capas superiores de la Tierra ejercen sobre las inferiores, sino al roce ó frotamiento de las aguas con las rocas al infiltrarse por la corteza del Globo, y á las trasformaciones químicas que éstas mismas aguas ejercen por la acción del oxígeno y del ácido carbónico que contienen; pero Pfaff, teniendo en cuenta los datos experimentales acerca de la compresibilidad de las rocas, ha demostrado que la primera de dichas causas no bastaría por sí sola á desarrollar á 800 metros de profundidad una temperatura superior en 11, de grado á la de la superficie. Y en cuanto al calor mecánico producido por

las infiltraciones, sería aun mucho menor. Con respecto á las oxidaciones que pueden tener lugar en el interior de la Tierra por efecto de las aguas procedentes de la superficie, el mismo Pfaff sostiene que, aun admitiendo que todo el oxígeno que dichas aguas contienen fuese absorbido en los primeros mil metros, y se combinase en las condiciones más favorables, no resultaría una elevación de temperatura de un grado.

A las acciones químicas, sin embargo, y no al calor central, han atribuído los fenómenos del volcanismo el célebre Humphry Davy y Daubeny. El primero, en una memoria que es modelo en su género, publicada en inglés en 1828 y en francés en 1832, con el título de *Fenómenos de los Volcanes*, después de recordar la teoría que emitió por los años de 1807 y 1808, cuando descubrió que los álcalis y las tierras se componían de una materia combustible combinada con el oxígeno, describe de una manera admirable los caracteres de las erupciones del Vesubio, que presencié en 1814 y 1819, y la serie de observaciones y experimentos que en el mismo volcán verificó; entra luego en algunas consideraciones acerca de la teoría de estos fenómenos, y refutando las que más en boga estaban entonces, hace notar que el ruido subterráneo que se oye á grandes distancias es casi una demostración de la existencia de grandes cavidades, por donde circula vapor de agua y aire atmosférico; «y si se admite, dice, que los metales térreos son susceptibles de transformarse en lavas en el interior del Globo, el fenómeno completo puede explicarse fácilmente por la acción del agua del mar y del aire sobre los metales».

No desconocía Davy la teoría de los plutonistas que atribuye al fuego central los fenómenos volcánicos, porque termina su memoria con estas notables palabras, que revelan su buena fe científica: «Admitida la hipótesis de que los fuegos volcánicos son resultado de una acción química, si se razona

con arreglo á hechos conocidos, no creo que se descubra ninguna causa capaz de producir este fenómeno, como no sea la oxidación de los metales que forman las bases de las tierras y de los álcalis. No negaré, sin embargo, que las consideraciones deducidas de los experimentos termométricos hechos en las minas y en los manantiales termales, ponen de manifiesto, con alguna probabilidad, que el interior del Globo posee una temperatura muy alta: ahora bien, *si se admite* que el núcleo de la Tierra es líquido, la explicación de los fuegos volcánicos será aún más sencilla que la que acabo de desarrollar.» (5)

No admitía, pues, Davy la existencia del núcleo líquido, y seguramente no habría llegado á admitirla nunca, aunque hubiese vivido, poniendo en frente de las razones alegadas por los plutonistas, los trabajos de Poisson, Hopkins y William Thomson; declara, sin embargo, Poulett Scrope, al manifestarse contrario á la idea de que el calor interior del Globo se deba á la oxidación de un núcleo metálico, por la influencia del agua ó de la atmósfera que hayan podido penetrar hasta él, que esta hipótesis de Sir Humphry Davy fué abandonada por su mismo autor. (6)

Otro geólogo eminente, á quien se debe uno de los mejores tratados de Geología que de poco tiempo á esta parte se han publicado, el abate Antonio Stoppani, disertando acerca del mismo punto, después de algunas consideraciones para probar que es errónea la idea de que existe en el centro del Globo un calor inicial que va disminuyendo, y que, por el contrario, debe reproducirse el calor interno á medida que se pierde, preguntase á sí propio: Pero ¿cómo explicar esta reproducción ó, mejor dicho, este desarrollo continuo? Existe la hipótesis de Davy, que, aunque parecía abandonada para siempre, ha vuelto á tomarse en consideración por Daubrée; el cual supone que, en general, el interior del Globo está compuesto

de metales alcalinos, y que su oxidación y acidificación activadas por el agua que circula á grandes profundidades, bajo fuertes presiones y elevadas temperaturas, debe considerarse como la causa permanente y muy activa de un desarrollo continuo de calor (7). No obstante esta afirmación de Stoppani, no me atrevería á decir que Daubrée rechaza de una manera categórica el calor inicial y la existencia del núcleo flúido en el interior de la Tierra; porque si bien en todos sus escritos parece evitar con estudio las frases *calor central*, *núcleo flúido* y demás tan frecuentemente usadas por los geólogos de la escuela francesa, deja comprender que admite el estado de fusión total ó parcial á cierta profundidad, á donde llega el agua procedente de la superficie: resultando de su mutua acción el vapor acuoso, con un grado de tensión capaz de producir los efectos que caracterizan las manifestaciones de la actividad interna del Globo. (8)

Lo cierto es que hay geólogos para quienes el volcanismo, según los términos en que lo expone un autor moderno alemán, es «el conjunto de fenómenos que produce en la superficie de la Tierra la masa central en ignición» (9), y de este concepto tan exclusivo participan todavía muchos geólogos, como lo prueba un tratado de Geología que acaba de dar á luz en Francia uno de los más acreditados profesores de esta ciencia. (10)

Hay otros, que limitándose á rechazar la hipótesis del núcleo flúido, y admitiendo sólo como un hecho incuestionable el aumento de temperatura á medida que se avanza en profundidad, parten de él para explicar los fenómenos del volcanismo; mientras que algunos llegan á proponer nuevas teorías, ya fundadas en reacciones químicas, ya en acciones mecánicas, que hasta el presente no han satisfecho á la generalidad; porque ninguna llena la condición principal que ha de tener una teo-

ría nueva para hacer abandonar las antiguas: la de poderse explicar por ella mayor número de hechos que los que explicaban las anteriores.

Parece que debiera exceptuarse del número de las que he dicho que no satisfacen á la generalidad, la teoría que atribuye las manifestaciones de la actividad interna del Globo á las aguas ó, mejor dicho, al vapor de agua y á diferentes gases, como el ácido carbónico, que sometidos en las regiones profundas á la acción del calor intenso que allí reina, adquieren una tensión capaz de producir los terribles efectos que caracterizan los terremotos y las erupciones volcánicas: teoría apuntada por algunos filósofos antiguos, categóricamente señalada en 1755, con motivo del terremoto de Lisboa, por el catedrático de la Universidad de Alcalá D. Francisco Martínez Molés; reproducida cinco años más tarde por el Rdo. John Michell, profesor de Mineralogía en la Universidad de Cambridge; propuesta en 1828 por Humphry Davy; y sostenida después, aunque con variantes acerca del origen del calor interno, por muchos geólogos modernos, entre ellos Lyell, Bischoff, Angelot, Daubrée y Stoppani. Pero solo voy á fijarme, por un momento, en las ideas del último de los citados, que es el que más recientemente y con más elocuencia, en mi concepto, ha tratado esta cuestión, y veréis si con razón opino que, siendo las ideas de Stoppani las más aceptables de cuantas se han propuesto para explicar los fenómenos del volcanismo, no admitiendo, como no admite, la existencia de un resto del calor inicial que se supone perdido por irradiación, le falta indicar la manera cómo puede producirse en el interior de la Tierra el calor que en ella se observa y que aumenta con la profundidad.

Emplea Stoppani uno de los capítulos de su *Curso de Geología* en combatir la teoría que atribuye á las erupciones presentes y pasadas el levantamiento de las montañas; y resulta

de cuanto en él expone que los levantamientos son independientes de las acciones volcánicas. En éstas el efecto mecánico es violento, como puede ser la explosión de un barreno, y como ella muy limitado: habiendo ocurrido así en todo tiempo, lo mismo con los actuales volcanes que con las más antiguas masas graníticas. Pero además de los efectos volcánicos, la estratigrafía revela por do quiera, con levantamientos que han ocurrido y siguen ocurriendo, que la corteza terrestre está sometida á una fuerza oculta que obra sin cesar, y hoy levanta lo que mañana deprime. Consúltese la historia de todos los grupos sedimentarios, dice, y ellos os revelarán cómo la superficie de la Tierra ha sido presa de oscilaciones continuas en un perpetuo subir y bajar. Mil veces sobre el área de nuestros continentes alternaron los abismos marinos, las límpidas aguas, los bajíos, las cenagosas lagunas, las llanuras pantanosas, las islas y los continentes; y la misma estratigrafía revela los efectos de los levantamientos, en forma de dislocaciones unas veces. en la de repetidos pliegues otras.

Ahora bien, ¿cuál es la razón de esos fenómenos; cuál la causa de que la corteza del Globo oscile y haya oscilado continuamente, de tal manera que presenta tantos millones de quiebras, de saltos y de encorvaduras? La teoría que voy á exponer para explicar estos fenómenos (sigue diciendo Stoppani), y que fundamentalmente es la de Scrope, exige algo más que la existencia del calor central; necesita que ese calor sea capaz de reproducirse continuamente, que sea una fuerza perenne; que no sufra disminución, en el sentido, bien entendido, de que las continuas pérdidas vayan también continuamente reparándose.

Comprendo, exclama, la sensación de estupor, y tal vez de disgusto, que debe producir semejante concepto, tan contrario á las teorías de Leibnitz, Newton y Laplace y á las ideas casi universalmente admitidas por los astrónomos, por los físicos.

por los geólogos y por los hombres de ciencia en general, acerca del origen, naturaleza y acción del calor central; pero debe recordarse que no se trata de verdades demostradas, sino de simples hipótesis: y ninguna hipótesis puede considerarse asegurada contra los progresos de la ciencia.

Si se admite un calor perenne, un sistema de fuerzas ordenadas para mantener al planeta en sus condiciones térmicas actuales, se explica muy bien cómo durante millones y millones de años prospera en el exterior la vida vegetal y animal, y hierve en el interior la vida volcánica. Calculando que desde que empezaron á sedimentarse las rocas silurianas hasta nuestros días, han debido de trascurrir más de los 20 millones de años señalados como *mínimum* por William Thomson para remontarse á la época de la primitiva consolidación del Globo (11); y aun no dando gran importancia á los guarismos que resultan de esos cálculos, se nota cuán débiles é inciertos son los fundamentos en que estriba la teoría de Laplace, ó más bien la de Descartes, que ha supuesto la Tierra constituída por un líquido candente, sin justificar cómo llegó á tener aquel estado.

No pudiendo admitir tampoco el enfriamiento progresivo con que Elie de Beaumont trata de explicar las oscilaciones de la corteza terrestre, dice Stoppani: «La historia del Globo es una serie continua de alternaciones, un verdadero círculo de efectos que revela otro de causas, pues hay que tener presente que no sólo al cambiar de una época geológica á otra, sino que al sucederse los diversos períodos de cada época, y hasta las divisiones de cada período, acusan una serie de oscilaciones tan constante, que se diría que cada área en que pueda dividirse la superficie terrestre ha sido presa de una palpitación febril perenne. Considérese, por ejemplo, cuántas veces, sobre el territorio de los Estados Unidos, durante la época paleozoica, alternaron los mares profundos con las límpidas aguas donde

edificaron los corales sus montañas de caliza; con los bajos donde se acumularon los fangos predilectos de los graptolitos silurianos; con las costas donde se amontonaron los gruesos bancos de arena y de cascajo preferidos por los acéfalos y brachiópodos; y con los mares internos, salados en demasía, donde la vida llegó á extinguirse. ¿Cómo es posible que todo esto se suceda por medio de un enfriamiento progresivo, que dando lugar á una contracción, progresiva también, debía obrar siempre en el mismo sentido?»

Los que estudian la naturaleza, añade, pueden calcular á priori, que todo aquí abajo se rige por un gran sistema de compensaciones en que se concilian la unidad con la variedad, la estabilidad con el movimiento incesante, la destrucción con la creación: de tal manera que todo entra en aquel círculo giratorio que no se romperá hasta que lo quiera Aquél de quien procede el primer movimiento. Creo, pues, en la reproducción continua del calor central, y todos los hechos geológicos me confirman en esta creencia.» (12)

La Dinámica terrestre á la par que la Geología endográfica, dan una idea bien clara de esa inagotable actividad del interior del Globo. Descendiendo á lo más bajo de la serie de los terrenos y remontando hasta la superficie actual, donde surgen centenares de volcanes, encontramos que la Tierra no cesa, no ha cesado nunca de elaborar en su interior y en masas enormes esas pastas cristalinas que ha ido vomitando sucesivamente al exterior.

A nadie, ciertamente, se le ha ocurrido aplicar al calor animal la soluciones de Fourier. ¿Y por qué? ¿No tienen también los animales un calor que continuamente irradia al exterior? Pero en esto la irrecusable experiencia nos obliga á admitir una fuerza vital, que manteniendo la circulación de la sangre, la respiración, las secreciones, todas las funciones animales,

en fin, es causa de la continua reproducción del calor animal. Si yo digera que la Tierra vive, no haría sino afirmar la existencia de una fuerza misteriosa, semejante á la fuerza vital, pero cuyos síntomas no son menos ciertos y deducidos también de la más vulgar experiencia.

Los volcanes, unas veces tranquilos, otras enfurecidos, ¿no son testimonio de una vida perenne en el Globo, como los latidos del corazón ó los paroxismos febriles en el cuerpo del animal, aunque de un orden diverso? Las combinaciones químicas por las cuales se forman en el seno de la Tierra los silicatos y se subliman por sus poros ó canales los minerales metálicos, son fenómenos que presentan la más clara analogía con la producción continua de los elementos del organismo en el cuerpo del animal, mediante la continua composición y descomposición de los mismos elementos bajo el imperio de la fuerza vital. ♦

No me doy cuenta, continúa diciendo Stoppani, de cómo vuelve á la Tierra el calor que continuamente pierde por la irradiación; pero sí veo cómo lo hace aquello que puede llamarse el primer agente calorífico, el agua, que lanzada continuamente del interior por medio de los manantiales termales y de los volcanes, retorna de continuo por ocultas vías á esa región de elevada temperatura, donde por efecto del calor mismo vuelve á ser repelida, formando lo que pudiera llamarse el *círculo de la actividad calorífica del Globo*: todo lo cual me induce á admitir una reproducción del calor, *un calor perenne*; idea más razonable que la de explicar los fenómenos térmicos del Globo por un *calor inicial*, que sería lo que los mecánicos llaman un *movimiento primo*, una primera impulsión, cuyo origen desconocen los mismos que le admiten, pero que va disminuyendo hasta que se extingue. (13) La diferencia está, pues, como lo declara el mismo Stoppani, en que los sectarios de

Laplace, Fourier, Elie de Beaumont y demás plutonistas, sostienen que ese primer impulso cesa, y él cree que continúa, por más que ignore también su origen.

En resumen, Stoppani no niega la existencia de un calor inicial, antes bien lo cree necesario para la producción de los fenómenos endógenos; pero la causa inmediata de éstos, lo mismo de los volcanes que de las oscilaciones lentas de la superficie de la Tierra, y de cuantos constituyen el objeto de la Geología positiva, la encuentra en el calor que desarrolla la incesante combinación de todos los elementos telúricos; en un calor que puede reproducirse á medida que se va perdiendo por la radiación ó por cualquier otro motivo. (14)

Se ve, pues, que la teoría de Stoppani tiene puntos de contacto con las de Bischoff, Poulett Scrope, Daubrée y muchos más; ó mejor dicho, todas ellas difieren en unos puntos y coinciden en otros; pero de su comparación surge una verdad consoladora para el hombre estudioso, según apunta el último de los geólogos citados; y es el ver que ciertas ideas emitidas por grandes pensadores que han seguido diversos rumbos, tal vez con puntos de vista muy diferentes, y aun con opuestos fines, vienen á coincidir en ocasiones de tal manera que las teorías menos semejantes, hasta contradictorias, llegan á conciliarse ó completarse: así sucede, por ejemplo, con las referentes á uno de los fenómenos endógenos más importantes, el de las oscilaciones lentas de la corteza terrestre, en que el agente mecánico es siempre la dilatación ó aumento de volumen de la masa subterránea; y el calor que afluye y se acumula en este ó en el otro punto, á la vez que es causa de la expansión de la masa caldeada, activa y promueve, sobre todo por medio del agua, la descomposición y recomposición de las rocas, cuyo efecto es un aumento ó disminución de volumen. Stoppani, que resume, por decirlo así, en la suya, todo cuanto hay de más

razonable en esas teorías; que admite como causa inmediata de los fenómenos endógenos las acciones químicas, térmicas y mecánicas que producen las aguas procedentes de la superficie, bajo la poderosa influencia del calor central; que está persuadido de que si una parte de este se pierde por irradiación y por las emanaciones volcánicas y termales, las pérdidas se reparan de una manera continua é incesante, se detiene en este punto y declara que ignora el origen de ese calor; que no sabe cómo se reproduce en el interior de la Tierra después de haberse perdido en la superficie; aunque sí ve cómo vuelve el agua, que no vacila en calificar como el primero de los agentes caloríficos que producen los fenómenos endógenos.

Más atrevido que Stoppani, porque la ocasión y mis circunstancias me permiten guardar menos reserva; y admirador entusiasta de los que como él cultivan la Geología con éxito tan envidiable, no quisiera que la idea de la reproducción del calor interno, que lleva consigo la de la acción vital de la Tierra, cuya existencia sostiene con tanta elocuencia y valentía el sabio profesor de Florencia, quedase como una simple afirmación, sin hacer una tentativa para demostrarla, fundado en los principios de la Física moderna, que el mismo abate Stoppani invoca en apoyo de su manera de ver. El calórico, en efecto, no se considera, no puede considerarse ya como un fluido que se pierde y se difunde, sino como un movimiento vibratorio de las moléculas, un modo de ser de la materia en condiciones dadas; una fuerza, en fin, que puede transformarse y que es capaz, por consiguiente, de que continúen, cesen ó se reproduzcan, sin perder su intensidad, aquellas condiciones de la materia que dan origen, ya á unos, ya á otros fenómenos telúricos.

Dirigiéndome á vosotros hace algunos años, desde el sitio que hoy ocupa el Sr. Cortázar, y tratando de daros una nueva

explicación del metamorfismo regional y de las causas que pueden dar origen á los criaderos metalíferos, os decía: «Podrá ser una quimera la tendencia á buscar la unidad de causa; pero es tan natural en el hombre que se dedica á cierta clase de estudios, que cada vez que pone en evidencia la identidad de dos hechos al parecer distintos y logra comprenderlos en la misma ley, cree haber dado un paso hacia la verdad absoluta. Esa tendencia, os decía, ha contribuído á que se abandonara, primero la teoría neptúnica, después la plutónica; y parece lógico, siguiendo la misma marcha, buscar otra que supla la insuficiencia de la hidro-termal, que sustituyó á ambas y que no puede abrazar casos en que el metamorfismo ha tenido lugar sin las condiciones esenciales de dicha teoría: observándose en cambio todos los efectos debidos á las acciones moleculares, cuya intervención principalísima han reconocido varios geólogos; efectos todos que son capaces de producir las acciones electro-telúricas.

Habiéndose admitido sin género alguno de duda, decía yo entonces, que en la corteza terrestre existen numerosas causas que desarrollan la fuerza eléctrica, y estando también probado que aun los cuerpos más aisladores dan paso á la electricidad, fácil tarea es la de demostrar que la corriente que una de esas causas origine, puede y debe circular por toda la masa terrestre, buscando los mejores conductores, para no cesar sino cuando, en virtud de la ley *de la indestructibilidad de las fuerzas*, vaya transformándose la acción eléctrica en otras que se manifestarán por efectos térmicos, químicos ó mecánicos.»

No es eso sólo lo que quiero recordaros de lo que entonces dije y en mi concepto demostré suficientemente; pues conviene á mi propósito de hoy tener presente, que así como Delesse y otros creen necesaria la intervención de las acciones moleculares para producir los efectos que se atribuyen al calor auxi-

liado por el agua y una presión considerable, no menor fundamento existe para asegurar que los fenómenos del metamorfismo regional y de contacto pueden explicarse sin necesidad de recurrir al calor central, ni á la presión que sobre el agua caldeada debe ejercer en las regiones inferiores la enorme masa de los terrenos que constituyen la corteza sólida del Globo: bastando las acciones moleculares, poderosamente auxiliadas ó provocadas por el agua, si se admite que deben su origen á la electricidad, cuyos efectos son de todos conocidos.

Os dije entonces que si bien entraría de buen grado á examinar la posibilidad de aplicar á cada uno de los fenómenos que constituyen el metamorfismo de las rocas, las consideraciones generales que había hecho, renunciaba á ello, así como á decir la parte que á mi juicio habían podido tener las acciones electro-telúricas en una multitud de fenómenos geológicos; pero en cambio demostré la posibilidad de hallar en esas acciones base para una teoría que explicase mayor número de hechos geológicos que la hidro-termal; y expuse la parte que en la nueva hipótesis tendrían *el agua, la presión y el calor*; recordando con respecto á este agente un texto del P. Secchi, según el cual los fisiólogos han demostrado que las combustiones internas se verifican en el interior de los músculos y no en el pulmón, como se creía antiguamente. (15) A propósito de esa cita, decía entonces, y sigo creyendo ahora, que el calor que ocasiona los fenómenos del metamorfismo no se ha originado en lo que en aquel caso llamé el pulmón de la Tierra, sino en cada uno de los puntos donde ha podido y debido desarrollarse una acción electro-telúrica, que ha producido efectos caloríficos. Hoy mi convicción es más profunda; no sólo porque la propia experiencia ha corroborado mis ideas, sino porque me han confirmado en ellas los luminosos escritos, que entonces no se habían publicado ó no habían llegado á mis manos, de

Stoppani, Thomson, Rossi, Roche y otros que niegan la existencia de un núcleo fluido en el centro de la Tierra, ó sostienen la reproducción del calor interno perdido por irradiación, y sin el cual no se conciben ciertos fenómenos endógenos.

Hoy me atrevo á repetir que el calor interno que evapora el agua, que dilata los gases, funde las rocas, eleva las montañas y lanza á la superficie manantiales termales y torrentes de lava, no procede de un núcleo fluido central, ni de un océano intermedio candente, que yacen bajo una corteza sólida, sino que se origina en cada uno de los puntos del interior de la Tierra donde se produce una acción molecular capaz de transformarse en una manifestación calorífica; y como es un hecho inconcuso que esas acciones tienen lugar donde quiera que hay combinación química, rozamiento, presión, contacto de dos cuerpos de distinta naturaleza ó á distinta temperatura, desarrollo de electricidad, movimiento, en fin; ó lo que es lo mismo, como esas acciones se verifican en todas partes, en todas partes han de existir las manifestaciones caloríficas, que aunque infinitamente pequeñas en cada punto, pueden sumarse y estar en proporción con la masa donde se engendran, y acrecentarse, por consiguiente, con la profundidad, ó á medida que se penetra en la masa terrestre; si bien de una manera irregular, en función de la naturaleza de la roca y su mayor ó menor predisposición al desarrollo de las citadas acciones moleculares.

Sólo por medio del cálculo matemático puede demostrarse que ese calor que desarrollan las acciones electro-telúricas de molécula á molécula, y cuya existencia y poder he puesto de manifiesto en otra ocasión (16), es susceptible de sumarse y de acrecentarse á medida que se multiplica la masa en cuyo interior se produce; porque tratándose de acciones microscópicas, si bien en número infinito, no pueden aplicarse nuestros gro-

seros instrumentos para obtener la medida de la temperatura entre dos partículas realmente inmensurables; y aun si se negase la inducción matemática, queda la imaginación, que convenientemente dirigida por la reflexión y la experiencia, como dice Tyndall, se convierte en poderosísima palanca, sin cuyo auxilio Newton no hubiera encontrado nunca nuevas leyes, Davy no hubiera descompuesto las tierras y los álcalis, Cristóbal Colón no hubiera descubierto nuevos continentes (17).

El pasaje del P. Secchi, que he citado hace un momento, nos servirá en esta ocasión para comprender que el calor molecular engendrado entre las partículas de la masa terrestre ha de ser mayor en el interior de ésta y decrecer hacia la superficie. Eso es, en efecto, lo que, según los fisiólogos, sucede en los seres vivientes; donde á pesar de que el calor se desarrolla, no sólo en el interior de los músculos, como decía el P. Secchi, sino en todos los puntos donde el oxígeno actúa para la nutrición, es decir, en toda la extensión del cuerpo, se observa, sin embargo, que no tienen ó no conservan las extremidades el mismo grado de calor que el corazón, la vejiga ú otra de las partes internas del animal. Y es que nada puede eximirse de las leyes generales que rigen la materia; y como en ésta la temperatura tiende siempre á buscar el equilibrio, el fenómeno de la radiación ha de verificarse del mismo modo en todos los cuerpos: ya provenga el centro calorífico de un núcleo dotado de un calor inicial que no se reproduce, como la Tierra de los plutonistas, es decir, como una bala roja que se enfría; ya de un foco cuyo calor se renueva en un punto dado, como son los generadores de vapor; ya cuando los centros en que el calor se desarrolla están esparcidos en toda la masa, como sucede con el calor animal.

No hay, pues, violencia ninguna en admitir que la temperatura que se observa en el interior del globo puede originarse

en todos los puntos de su masa donde se verifican acciones moleculares, y que el calor así engendrado debe ser menor cerca de la superficie: falta ahora demostrar que ese calor puede ser tan elevado como lo requieren los fenómenos del volcanismo, y como experimentalmente se ha demostrado que existe en el interior de la llamada corteza terrestre.

Ya en el discurso á que antes me he referido, recordé el experimento de Wollaston, quien con un verdadero juguete, con una pila del tamaño de un dedal, producía calor bastante para enrojecer un hilo de platino; y probé que disminuyendo el diámetro del hilo hubiera llegado á fundirlo: resultando de mi razonamiento que con las acciones electro-telúricas puede obtenerse entre dos moléculas una temperatura de 1:500 grados, igual á la que suponen los plutonistas en el interior del Globo á una profundidad de 45 kilómetros. Esa temperatura no existe, me diréis, sino en un punto microscópico; pero multiplicad los puntos y tendréis una masa candente tan grande como la que han supuesto Descartes y Laplace. Sin embargo, no necesita la teoría termo-molecular llevar las cosas á ese extremo: bástame haceros ver, y creo haberlo conseguido, que las acciones moleculares son capaces de producir, en cualquier parte de la masa terrestre, puntos caloríficos microscópicos de una intensidad tan grande como pueden concebirse generados por los más poderosos medios que conocemos.

Con esto y la acción del tiempo se explican satisfactoriamente los casos de metamorfismo regional más extraordinarios que citan los autores; y con eso y la multiplicación de las acciones moleculares, que no pueden menos de existir en la masa terrestre, es fácil darse cuenta de la alta temperatura que se observa en el interior de la Tierra y que va decreciendo hacia la superficie.

Esas mismas acciones electro-telúricas son capaces de

producir en momentos dados, en lugares determinados y cuando ciertas circunstancias se reúnen, los sorprendentes efectos caloríficos y mecánicos que dan lugar á la fusión de las rocas y á la expulsión de las lavas; sin que sea necesario para ello que la parte del Globo en que se originan tales fenómenos tenga una temperatura superior á la que debe existir á pocos kilómetros de la superficie, donde, según los cálculos más prudentes de Mallet y otros, se originan los fenómenos sísmicos y volcánicos. En efecto, el calor que desarrollan esas acciones electro-telúricas basta para producir la disociación de los elementos del agua; y las enormes cantidades de hidrógeno que se desprenden de los volcanes prueban que esa disociación tiene lugar en una escala inmensa. Sabemos, por otra parte, que en la naturaleza existen cuerpos que en circunstancias dadas absorben los gases, y muy particularmente el hidrógeno, en cantidades extraordinarias: el paladio, por ejemplo, tiene capacidad para 500 ó 600 veces su volumen, y esto constituye al hidrógeno en un estado de condensación que supone una presión de 30 á 40.000 atmósferas. Sabemos también que el propio gas hidrógeno puede unirse con el oxígeno por efecto de una simple chispa eléctrica, es decir, de una de esas acciones electro-telúricas; y al combinarse ambos gases para formar un gramo de agua hay un desprendimiento de calor de 34.000 calorías: ¿qué son las fuerzas que habitualmente manejamos, comparadas con éstas, que á no dudarlo se desarrollan con frecuencia en el interior de la Tierra, puesto que se trata de los dos elementos constitutivos del cuerpo que con más abundancia y facilidad penetra en las profundas regiones del Globo, donde se encuentra en condiciones de sufrir esas transformaciones, puesto que él mismo engendra ó ayuda las acciones moleculares capaces de operarlas?

Un escritor eminente, al hablar de las conquistas que ha

hecho la Ciencia con el estudio de la Física molecular, en un libro que lleva este título, y del cual he tomado los dos ejemplos que acabo de citaros, exclama: «¡Una misma fuerza, el calor ó la electricidad actuando sobre las mismas moléculas de oxígeno y de hidrógeno, las combina unas veces y otras las disocia! ¡He aquí un débil trasunto de lo que es el mundo molecular invisible! ¡De los misterios de la materia, cuyos prodigios superan á cuanto nos había dado á conocer la ciencia en el mundo visible! (18)

No es esta ocasión de deducir consecuencias de un principio tan fecundo, ni menos de aplicarlo á cada uno de los fenómenos geológicos que constituyen la Meteorología endógena, como me sería dado hacerlo; porque, á pesar de la firme voluntad con que he procurado condensar mi razonamiento al tratar de probaros que el calor interno del globo puede tener un origen distinto del que le atribuyen los plutonistas, me he detenido en lo que llevo escrito más de lo que hubiera deseado; y, sin embargo, ¡cuánto hubiera podido decir! ¡cuánto hubiera sido necesario añadir para que, teniendo reunida la quinta esencia de lo que se ha dicho en pro y en contra de la existencia de un calor inicial en el centro de la Tierra, debido al estado de fluidez en que se le supone, vierais cómo paso á paso, con lentitud, pero con progreso evidente, va perdiendo fuerza esta hipótesis, mantenida aún por muchos geólogos, y ganando terreno, por el contrario, la teoría de un núcleo sólido, demostrada por los físicos y los astrónomos, á quienes corresponde resolver el problema.

Si algunos, como Hopkins, Lyell y William Thomson, se ven en la necesidad de admitir una capa fluída entre un núcleo sólido y una corteza también sólida, un verdadero océano de lava á cierta profundidad, ó la existencia de lagos de materias fundidas, es porque ni la teoría de Herschel, ni la de

Davy, ni ninguna de las expuestas hasta ahora, explican satisfactoriamente los fenómenos del volcanismo, conciliándolos con el aumento de temperatura á medida que se penetra en el interior del Globo y con las condiciones de estabilidad que han observado los astrónomos.

Stoppani, más lógico que cuantos han tratado esta materia, rechaza la fluidez total y parcial del interior de la Tierra; y, no pudiendo tampoco admitir la pérdida constante de un calor inicial, se declara partidario de la vitalidad del Globo terrestre, le supone capaz de reponer el calor perdido, como sucede en la vida animal, y llega á reconocer que el agente principal de esta renovación es el agua, y que contribuyen á ello las reacciones químicas de todos los elementos telúricos. Es verdaderamente extraño que se detenga aquí y declare que no sabe cómo puede ésto producirse, cuando en su Curso de Geología (19), al tratar de las fuerzas cósmicas que actúan en los fenómenos geológicos, dice, hablando de la electricidad: «*Yo creo que en la pila está la llave de la Dinámica terrestre*»; y luego añade: «Todo nos induce á creer que la acción de la luz, del calor y de la electricidad, en concurso con la diversa naturaleza de las sustancias elementales, es lo que da lugar á la espléndida serie de los fenómenos de la química: las materias, inertes de por sí, adquieren á impulso de aquellos agentes una actividad que los pone recíprocamente en acción, de manera que sucesivamente se atraen ó se repelen, de donde resulta la composición y la descomposición de muchos millares de cuerpos.»

Pero si tengo que limitarme á exponeros de la manera más brevemente posible que el calor interno de la Tierra puede tener origen en las acciones moleculares ó electro-telúricas, y no he hecho más que apuntar la idea de que sus efectos calóricos, químicos y mecánicos, tienen poder bastante para dar

origen á todos los fenómenos de la Dinámica endógena, renunciando á explicar cómo pueden obrar las acciones moleculares para producir cada uno de los fenómenos indicados, creo necesario demostraros que con esta hipótesis ó teoría, como queráis llamarla; se consigue lo que no se ha conseguido con ninguna otra de las expuestas hasta el presente, y es conciliar todos los hechos observados, cesando las contradicciones que se notan, y no pueden menos de existir, entre los datos obtenidos experimentalmente y los que se deducen de los cálculos basados en la teoría del núcleo central flúido y de la pérdida constante de calor por irradiación.

El principal argumento de los plutonistas, entre los seis ú ocho que presentan como prueba del estado flúido del interior de la Tierra (20), es el del aumento gradual y uniforme de la temperatura á medida que aumenta la profundidad. Ya os he dicho cómo se llegó á establecer el grado geotérmico, fijándolo en 30 metros por cada 1° centígrado, no obstante que los resultados obtenidos en las minas metalíferas, en las de carbón de piedra y en los pozos artesianos fueron muy variables; como variables resultaron también las cifras, según se hicieron las observaciones en Inglaterra, en Francia ó en Alemania. Pero cuando la experiencia vino á contradecir abiertamente los cálculos y á minar por su base la teoría plutónica, fué cuando se practicaron los sondeos de Sperenberg y de Budápest; pues, según habéis podido ver, han presentado extraordinarias irregularidades en la magnitud del grado geotérmico cada uno de ellos: y, hallándose la boca de ambos á muy pocos metros sobre el nivel del mar, ha fluctuado en el de Sperenberg entre 21 y 140 metros; mientras que en el segundo el término medio ha sido de 12,61 metros. Dándose el caso de que en la isla Santa Margarita, situada en el Danubio, en el mismo Budapest, se abrió, antes que el prin-

principal, perforado en una plaza de la ciudad, otro pozo de 114 metros, cuya temperatura estaba en tal desacuerdo con él, que cuando á dicha profundidad marcaba más de 42° en el de Santa Margarita, apenas era 26° en el principal; y á los 60 y 80 metros las temperaturas no llegaron á 15° y 21° respectivamente en el principal, mientras que pasaron de 30° y 40° en el de Santa Margarita.

Otra serie de observaciones viene á acrecentar los motivos que hay para destruir el poderoso argumento de los plutonistas: las que se hicieron con motivo de la apertura de los túneles del Mont Cenís y del San Gotardo.

En una Memoria del Ingeniero Inspector del Cuerpo de Minas de Italia, Giordano, publicada á fines de 1880, con el título de *Condiciones geológicas y térmicas de la gran galería del San Gotardo*, se apuntan interesantísimos datos acerca de este problema, minuciosamente estudiado durante la apertura del túnel por el doctor F. M. Stapff. (21) Resulta de dicho trabajo que el túnel del San Gotardo tiene de longitud 14.920 metros; que su parte media se halla exactamente debajo de la cumbre, entre los dos picos más altos, que se elevan unos 2.850 metros sobre el nivel del mar; y como la altitud del túnel en dicho punto es de 1.154,60 metros, resulta que tiene encima una masa de rocas de 1.700 metros próximamente.

La temperatura de la roca, que en las dos entradas del túnel es de 8°, sobre poco más ó menos, va creciendo á medida que se va internando, y en el punto medio, es decir, cuando la montaña se eleva sobre él 1.700 metros y dista 7.460 de cada boca, el termómetro marca 30°8, habiendo sido el aumento progresivo cada 1.000 metros, de 8° á 19°,7 —22°,1 —18°1 —23°—28° y 30° por el lado Norte, y de 8° á 17°—21°—25°—26°,50—29°—30°,4 por el lado Sur: obser-

vándose que el aumento es más regular y rápido en la mitad meridional, donde la montaña es más voluminosa, quiero decir, donde la cantidad de roca que hay encima del túnel es más considerable, y donde, por consiguiente, la línea de la superficie del terreno se aleja más de la línea de la galería. De esto deducen, tanto Giordano como Stapff, la influencia que ejerce la masa montuosa lateral para impedir la dispersión del calor, suponiendo, por supuesto, que éste irradia del centro de la Tierra; pero de donde puede deducirse también, con mayor, ó por lo menos con igual fundamento, la influencia de esa misma masa para retener y concentrar el calor que entre sus moléculas desarrollan necesariamente las acciones electro-telúricas.

Ya el Sr. Giordano hace notar que la naturaleza de la roca, su color, su estructura, y la mayor ó menor cantidad de agua que la atraviesa, así como las sustancias que ésta deposita, indican claramente reacciones químicas, que por lo regular producen calor y contribuyen á la elevación local de la temperatura; aunque en otros casos ciertas reacciones químicas pueden producir enfriamiento: notándose que donde quiera que afluyen fácilmente las aguas de la superficie, la temperatura es más baja.

Para explicar que el agua tenga mayor temperatura que la roca en algunos puntos, dice Giordano, que es posible que eso se deba á que el agua, después de haber descendido á una profundidad mayor que la de la galería, vuelva á subir á ella por alguna hendidura, aunque por lo general debe atribuirse á las reacciones químicas. Hace notar además que la temperatura del agua en el túnel suele ser *inferior* á la de la roca cuando no pasa de 24° ó 25°; pero que sobre este límite es, por el contrario, *superior* en uno ó más grados, hasta 4°; y añade que la temperatura del agua es *inferior* á la de la roca hacia

las bocas de la galería, mientras que por la inversa es *superior* la temperatura del agua á la de la roca en la parte central del túnel, en una longitud de cerca de 7 kilómetros. Este fenómeno, cuya causa no aparece hasta ahora bien explicada, según confiesa el mismo Giordano, se atribuye á que el agua de la parte central de la galería surge después de haber circulado por debajo de ella y está, por decirlo así, más batida, ó á que las reacciones químicas tienen más intensidad, excitadas por el calor más fuerte que reina en las rocas.

Por mi parte veo en ese fenómeno una confirmación de la teoría que vengo sosteniendo; porque si las acciones moleculares electro-telúricas, en general, desarrollan una cantidad de calor inapreciable entre cada dos moléculas, puede ser sensible y hasta considerable cuando todos esos pequeñísimos sumandos se cuentan por millares de millones; y es natural entonces que el agua que por entre las rocas circula, siendo mejor conductor que la roca misma, y desarrollando á su paso nuevas acciones, vaya elevando su temperatura á medida que atraviesa mayor cantidad de masa terrestre: á la manera que la sangre circula con una temperatura mas elevada que la del resto del cuerpo en el animal hasta que llega cerca de la piel. Explicación que creo preferible á ese extraño modo de circular, retrocediendo á través de muchas capas de diferente naturaleza, nada menos que en una extensión de 7 kilómetros, á que tiene que recurrir Giordano para buscar el aumento de temperatura del agua aproximándola al centro de la Tierra. Y aquí llamo vuestra atención para que la fijéis en el hecho de que si las acciones electro-telúricas pueden producir ese efecto sobre las aguas en una pequeñísima distancia de 1.700 metros, viniendo de la superficie al interior; cuán fácilmente se comprende que las aguas del mar ó las procedentes de las lluvias no necesiten bajar á las regio-

nes en que el núcleo de la Tierra se supone flúido, para dar origen á los manantiales termales y otros fenómenos endógenos.

Lo mismo que Stapff y Giordano han observado y escrito acerca del túnel del San Gotardo, sucede con el del Mont Cenís; donde en una longitud de 12.230 metros resulta que el máximo de temperatura, que es de $29^{\circ},5$, corresponde exactamente al punto medio del túnel, en el que la roca se eleva á mayor altura sobre su nivel, pues cuenta 1.609 metros y 2.905 sobre el del mar; reinando en la cresta alpina una temperatura de -3° , es decir, que hay una diferencia de $32^{\circ},5$. Las irregularidades que se han notado en el aumento de temperatura con relación á la distancia de cada punto de la galería á la superficie del terreno han sido tales, que mientras en los primeros 500 metros de la boca Sur resultan cerca de 3° con una altura de 520 metros; de los 1.000 á los 5.000 hay $10^{\circ},5$, cuando la diferencia de altitud en la superficie no llega á 400 metros; y en cambio, de los 5.000 á los 6.000 metros hay $1^{\circ},3$ de diferencia para 460 metros de altura, y sólo $0^{\circ},7$ para una vertical de 239 metros, desde los 6.000 á los 6.450 de la citada boca Sur.

Esto ha hecho decir á los comentadores del caso, que la parte culminante de las montañas elevadas se enfría en un espesor tan considerable, que la diferencia de algunos centenares de metros no produce en la misma vertical un aumento sensible en la temperatura de la roca; de manera que puede decirse que no hay grado geotérmico en distancias verticales de 300 metros.

Si en vez de encerrarse en la idea de que el calor interno proviene de la proximidad al núcleo central flúido, se acepta la teoría del aumento de temperatura por el calor que desarrollan las acciones electro-telúricas, se encontrará natural lo que pa-

rece una irregularidad; pues por una parte se ve que debe influir, no sólo la masa de roca que hay encima de cada punto, sino toda la que lo rodea; y por otra, la naturaleza de la roca, que es allí una caliza del Lías bastante homogénea y poco grietada, parece menos propia que otras más heterogéneas para el desarrollo de las acciones moleculares.

La influencia de la naturaleza de la roca puede observarse donde quiera que haya escavaciones profundas, abiertas en terrenos diversamente constituidos; pero es evidente y puede comprobarse en una Memoria de Zsigmondy, en que se describen todas las observaciones hechas y procedimientos seguidos en la perforación del pozo artesiano de Budapest (22). Examinando atentamente el diagrama que representa el espesor y naturaleza de cada una de las capas de terreno que se han atravesado, y relacionando estos datos con la temperatura observada en cada punto, se verá que, salvo el momento en que la aparición de una gran masa de agua en el pozo parece ser la causa de que la temperatura descienda repentinamente de $80^{\circ},9$ á $43^{\circ},357$ C., el calor aumenta constantemente á medida que se avanza en profundidad; pero el grado geotérmico se achica ó se agranda según el terreno es más ó menos homogéneo, más ó menos compacta la roca, es decir, según se desarrollan con más ó menos facilidad las acciones electro-telúricas que engendran el calor. Y así se comprende perfectamente que siendo de unos $11^{\text{m}},50$, término medio, el grado geotérmico en los 570 metros primeros, compuesto de un gran número de capas delgadas y heterogéneas, llegue á ser de $16^{\text{m}}25$ en los 330 metros siguientes, abiertos en un grueso banco homogéneo de arcilla oligocena; así como también que al penetrar, á los 930 metros, en una dolomia triásica, constituida por una multitud de capas superpuestas y llena de grietas, por donde circula el agua con abundancia, la temperatura

crezca de una manera gradual, pero tan rápidamente, que en 40 metros pasa de $43,35^{\circ}$ á $73,87^{\circ}$; es decir, que el grado geotérmico es de $1^{\text{m}},33$: con la singularidad de que en los últimos 20 metros, la temperatura aumenta más lentamente que en los 20 penúltimos, donde la acción electro-telúrica debe de ser mucho mayor por la estructura de la roca y el agua que por ella circula.

Pero si alguna duda puede quedar después de lo dicho acerca de la relación íntima que existe entre la naturaleza y estado de las rocas, su mayor ó menor aptitud para desarrollar acciones electro-telúricas y la producción más ó menos grande de calor intermolecular, otro género de consideraciones, fundadas en hechos tan notorios como los aducidos, llevarán la convicción al ánimo de los menos dispuestos á admitir mis ideas.

Si aceptando por un momento la teoría plutonista consideramos el globo terrestre constituido en su mayor parte por una masa fluída, en cuyo centro, según los cálculos de Poisson, reina una temperatura de más de 200.000 grados, es evidente que hallándose en estado de fusión, el calor iría decreciendo con regularidad mientras la masa se hallase en estado líquido, y en la parte sólida seguiría disminuyendo con más ó menos lentitud, pero con la misma regularidad, si la conductibilidad de las rocas fuera siempre igual, hasta llegar á la superficie ó zona que hoy se llama de igual temperatura; de suerte que á muy corta distancia del fondo de los mares debería hallarse todavía una superficie iso-geotérmica equidistante del centro de la Tierra, y desde ella hacia arriba es donde las zonas de igual calor variarían en relación con el relieve de la superficie; pero nunca la temperatura de estas zonas superiores, debería tener el grado de calor de la última no influida por causas externas: es decir, que si el pozo artesiano de Spenenberg,

por ejemplo, se hubiese abierto en el fondo del Océano, y con los 1.270 metros que próximamente tiene, se hubiese llegado, como parece indudable, á la citada zona no influida, jamás los 48° centígrados que acusa la roca de su fondo, deberían encontrarse en escavaciones abiertas á niveles superiores, como en el Mont Cenís ó en el San Gotardo, y mucho menos en los Andes ó en el Himalaya. Hallándose, en efecto, el pico más alto de las montañas del globo á 8.840 metros, y habiendo el capitán Ringold (23) encontrado fondo en el Pacífico con 8.746 brazas, resulta una distancia vertical de cerca de 24.000 metros, desde las cumbres más elevadas de la tierra hasta las mayores profundidades conocidas en el mar; entre cuyos extremos, admitiendo con los plutonistas el grado geotérmico medio de 30 metros, resultaría una diferencia de 800° centígrados. Ahora bien; ni empezando á contar, como equivocadamente suele hacerse, de la superficie al centro, puede aceptarse que dado el calor que se observa en el túnel del San Gotardo, ó el que se encontraría en otro abierto en las mismas condiciones en los Andes ó en el Himalaya, aumentara hasta 800° á un nivel de 1 kilómetro por bajo del fondo del mar; ni tampoco partiendo del centro á la superficie, como es lo natural, puesto que del centro irradia el calor, es admisible que la zona geotérmica de 800° se halle á ese nivel; porque entonces en el fondo del pozo artesiano de Sperenberg el termómetro debería marcar más de 300°, y no 48°, que es la temperatura observada.

Todo cuanto he dicho se refiere al supuesto de que fuera la misma la conductibilidad de las rocas; pero como no sucede así, declaro desde luego que las zonas iso-geotérmicas podrían empezar á perder su regularidad desde que pasan del núcleo líquido á la corteza sólida: sin embargo, hay que tener en cuenta que, según los plutonistas, el espesor de las rocas cristalinas

debidas al enfriamiento de la masa fluída, debe ser inmenso comparado con el de las sedimentarias, donde cabe menos homogeneidad, y por consiguiente más diferencias en la conductibilidad: como, por otra parte, se trata de toda la superficie de la tierra y de algunos kilómetros de espesor, es natural que esas diferencias se hallen compensadas á distintos niveles: y así es como se comprende que se haya podido fijar un grado geotérmico medio de 30 metros; por consiguiente, la diferente conductibilidad de las rocas no altera la validez de los cálculos y de la argumentación que acabo de hacer.

Se me objetará tal vez, que no es esa la única causa que altera la regularidad de las zonas iso-geo-térmicas, sino que también, y de una manera muy notable, influyen las externas, como el calor solar, las nieves perpetuas; y en el mar, sobre todo, su movilidad y las corrientes polares, que enfrían las capas inferiores de agua, hasta el punto de que rara vez en el fondo del Atlántico la temperatura pasa de $+4^{\circ}$, y en algunos lugares marca el termómetro menos de 1° bajo cero. En cuanto á la movilidad del agua, lejos de ser una objeción es un nuevo argumento contra la teoría del fuego central y el grado geotérmico de 30 metros adoptado como término medio por los geólogos; pues teniendo en cuenta este guarismo y los que representan las temperaturas máximas halladas en los túneles del Mont-Cenis y del San Gotardo ($29^{\circ},5$ y $30^{\circ},8$ respectivamente), ya se cuente de este nivel hacia abajo, ya se parta del centro de la tierra hacia la superficie, para conciliar dichos guarismos con la distancia vertical de 9 á 15.000 metros que hay entre los referidos túneles y el fondo del mar, sería preciso admitir en las rocas que constituyen éste una temperatura de 300° á 500° , pues sabemos que aun en casos extraordinarios, como el de Jakoutsk en Siberia, la zona de igual temperatura, es decir, la superficie á donde alcanzan las influen-

cias externas, se halla á pocos metros por bajo de la tierra. Ahora bien, como el agua, salvo su movilidad, es una roca como otra cualquiera de las que constituyen la corteza terrestre, el calor correspondiente á la zona geotérmica en contacto con ella ó de que forma parte, debería trasmitírsele, como cuando pasa de una capa de arenisca á otra de caliza: y resultaría de su movilidad el establecerse, como en una caldera, un doble movimiento de abajo arriba y de arriba abajo para la ascensión del agua caldeada en contacto con la roca á 300° ó 500°.

Las corrientes submarinas que existen en los grandes Océanos, en el Atlántico, por ejemplo, que es el mejor estudiado, puede muy bien alterar todo esto que debia ocurrir, pues sabemos que si del Ecuador á los polos corren someramente las aguas del Gulf-stream caldeadas por el sol de la zona tórrida, en cambio los polos devuelven al Ecuador la misma cantidad de líquido, pero ya refrigerado; el cual, circulando por las regiones inferiores del piélago, puede ser causa del enfriamiento de las rocas que constituyen el fondo del Atlántico, del Pacífico y otros grandes mares. Pero veamos lo que sucede en el Mediterráneo, donde por sus especiales condiciones no hay corrientes polares, y las muy superficiales que establecen su comunicación con el Atlántico para nada influyen en la temperatura del fondo.

El Mediterráneo puede decirse que está constituido por dos grandes depósitos. El occidental, que se extiende desde el Estrecho de Gibraltar hasta el relieve submarino que corre desde Africa á Sicilia, teniendo en estos dos bordes una profundidad máxima de 365 metros, que llega en el centro á 2573^m; la temperatura, que en la superficie es de 24° á 25° C., va bajando hasta los 183^m, á cuyo nivel es de 13°, y la conserva hasta el fondo. En el resto del Mediterráneo, ó sea en el depósito oriental, hállanse profundidades hasta de 3488 metros; la tempera-

tura en la superficie es de $26^{\circ},67$, va bajando y llega á $13^{\circ},61$ al nivel del relieve siciliano, temperatura que se conserva hasta el fondo, donde tiene $13^{\circ},5$, que es precisamente igual á la media del mes más frío en esas regiones. Es decir, que las acciones exteriores no ejercen su influencia en las aguas del Mediterráneo sino hasta una profundidad, relativamente insignificante, de 183 metros en el depósito occidental y de 365 en el oriental; y en un espesor de más de 3000 metros la temperatura se conserva uniforme, sin experimentar movimiento ni efecto alguno que pueda hacer sospechar la acción térmica del calor central, ni la que algunos geólogos han atribuído exclusivamente á la presión.

De este hecho, como de los anteriores, resulta para mí la convicción de que las acciones moleculares, debidas á causas electro-químicas ó electro-telúricas, que constantemente se producen y no pueden menos de producirse en la masa de las rocas, origina cierta cantidad de calor entre molécula y molécula; cantidad pequeñísima, pero susceptible de irradiarse, y por consiguiente de acrecentarse y trasmitirse, sumándose con el desarrollado por las demás moléculas, es decir, por esos focos microscópicos que se cuentan por millones de millones. Así se explica que en la boca de un pozo la temperatura sea la que reina en la atmósfera, y á medida que se profundiza no sólo vaya acrecentándose la de la roca, sino que este calor se comunique al aire y al agua que haya dentro del pozo. Así se explica que en el túnel del Mont-Cenis y en el del San Gotardo, á un mismo nivel, y sin acercarse por consiguiente al centro de la Tierra, la temperatura de la roca, del aire y del agua, no sólo vaya creciendo á medida que se va penetrando en el interior de la montaña, sino que el crecimiento esté más bien relacionado con toda la masa de la roca que rodea cada punto que con la altura que tiene encima. Así se explica la notable

influencia que en la magnitud del grado geotérmico ejerce la naturaleza del terreno, y que sea más rápido el aumento de calor cuanto más se presta la estructura ó la composición de la roca al desarrollo de acciones electro-telúricas. Por eso en el Mont Cenís, como en el San Gotardo, como en el pozo artesiano de Budapest, se observa que cuanto menos homogénea y más grietada es la roca, más rápido es el crecimiento; mientras que en el pozo de Sperenberg, abierto en una masa de sal gema, se encontraron grandes secciones, de 50 y de 200 metros, en que la temperatura no ha crecido sino medio grado y grado y medio respectivamente. Por eso, en fin, en la masa de agua de los mares interiores, como el Mediterráneo, donde no hay corrientes, donde el agua puede decirse que representa una roca lo más homogénea que puede darse, y es, por consiguiente, poco apta para producir en su seno acciones electro-telúricas, no hay desarrollo sensible de calor, y puede profundizarse hasta 2.000 y 3.000 metros sin percibir aumento ninguno de temperatura.

Recapitulando lo dicho, resulta:

1.º Que la teoría del fuego central establecida por Descartes y Laplace, y seguida por la mayor parte de los geólogos, aunque ingeniosa y capaz de explicar gran número de fenómenos geológicos, no descansa sino en una mera suposición.

2.º Que muchos geólogos, físicos eminentes, y sobre todo astrónomos, combaten esa teoría, demostrando que está en oposición con los cálculos astronómicos y con las leyes que rigen fenómenos físicos análogos y bien estudiados.

3.º Que el aumento de temperatura á medida que se penetra en lo interior de la Tierra, la de los manantiales termales, las lavas de los volcanes y demás fenómenos geológicos que dan lugar á suponer la existencia de un núcleo flúido canden-

te, ofrecen singularidades y contradicciones difíciles de explicar con la teoría plutónica ó con la hidrotermal.

4.º Que tanto el calor interno como las temperaturas y fuerzas extraordinarias que se necesitan para fundir las rocas y lanzarlas con la violencia que lo hacen los volcanes, pueden producirse por las acciones moleculares electro-telúricas.

5.º Que no cabe negar la existencia de esas acciones moleculares; la necesidad de que existiendo se produzcan efectos térmicos, químicos y mecánicos; ni la posibilidad de que esos efectos sean tan grandes como lo exige la magnitud de los fenómenos endogeológicos.

6.º Que lejos de tropezar con las dificultades y contradicciones á que da lugar la hipótesis del fuego central, la teoría electro-telúrica molecular explica naturalmente los fenómenos de la dinámica terrestre interna.

7.º Que admitiendo la idea de una acción molecular se posee la clave de la reproducción del calor interno, de ese círculo de la actividad calorífica del Globo, que prueba *la vitalidad propia de la Tierra*, y asimila las leyes que la rigen á las del mundo animal; idea presentada, aunque no demostrada, por hombres tan eminentes como el abate Stoppani.

8.º Que explicándose también por esta teoría otra multitud de fenómenos geológicos de diversa naturaleza, como el metamorfismo de las rocas, la formación de los criaderos metalíferos, la petrificación de los fósiles, etc., se ensancha de tal modo el círculo de sus aplicaciones, que ninguna otra puede competir con ella en generalidad y sencillez para dar razón de mayor número de hechos.

Nadie extrañará, pues, que entre la antigua escuela, sostenida por la mayoría de los geólogos franceses y alemanes, y la nueva, á que se inclinan los ingleses é italianos, opte por ésta y encuentre digno de elogio que Rossi, á la vez que funda

su sistema de observaciones de Meteorología endógena en el hecho indudable de la existencia del calor interno, niegue ó no acepte la de un núcleo flúido central: coincidiendo en esto con Stoppani y otros geólogos modernos, por más que se oponga á las ideas de Laplace y Elie de Beaumont, sostenidas aún por Dana, Credner, Contejean, Lapparent y demás autores que generalmente sirven de texto en nuestras escuelas.

Hállase de acuerdo Rossi con Lyell, Bischof, Angelot, Poulett, Daubrée, Stoppani y otros geólogos, en que la formación del vapor de agua y el desarrollo, á grandes profundidades, de diferentes gases, sobre todo del ácido carbónico, es un fenómeno casi universal que ejerce una función importante en la economía del Globo: tan importante, que á la presencia de estos flúidos, á las acciones químicas y mecánicas que son capaces de desarrollar, en combinación con el calor, se atribuyen los extraordinarios efectos que observamos en la Dinámica terrestre interna (24). Se ha querido combatir esta idea pretendiendo que el agua no puede descender á las profundidades en que tienen lugar los fenómenos á que se deben los temblores de tierra y la formación de las lavas; pero es un hecho conocido de todos, que al aumentarse la profundidad crece también la presión, merced á la cual puede el agua conservarse líquida, aun cuando se halle sometida á una temperatura equivalente á la del rojo blanco; siendo elemental que á la presión de dos atmósferas el agua no hierva antes de los 117° C., y que 20 atmósferas elevan el punto de ebullición á 212° C. Ahora bien, si se considera que la tensión del vapor de agua que empuja una columna de lava hasta una altura de 3.000 metros sobre el nivel del mar, para que llegue á la cima del Etna, por ejemplo, no puede ser inferior á 1.000 atmósferas, se concibe que tan enorme presión pueda adquirirla antes de alcanzar la profun-

didad de 25 kilómetros, que es á la que por término medio se ha calculado que suelen hallarse los focos de conmoción de los temblores de tierra (25), y donde, sin embargo, puede permanecer al estado líquido, á pesar de la gran temperatura que en esas regiones debe reinar. En confirmación de este aserto, Daubrée ha probado experimentalmente que no sólo no es un obstáculo la alta temperatura que existe en el interior del Globo para que el agua llegue líquida á grandes profundidades, sino que precisamente por el hecho de elevarse la temperatura en una de las caras de una roca tallada en forma de disco, el agua que se hace llegar á la cara opuesta la atraviesa con más facilidad *. Fundado en estos experimentos, no ha vacilado en asegurar ante la Academia de Ciencias de París, al dar cuenta de los terremotos de Ischia y de la reciente catástrofe de Krakatoa, en el Estrecho de la Sonda, «que la sola acción de la capilaridad, obrando de consuno con la pesantez, obliga al agua á penetrar en las regiones profundas y caldeadas de la corteza terrestre, no obstante las enormes contrapresiones interiores que se oponen; y una vez allí, por efecto de la temperatura y de la presión á que se halla sometida, es capaz de producir efectos mecánicos y químicos, de que no se ha podido tener idea hasta que en nuestros días se han visto los de la nitroglicerina y de la dinamita y se han llegado á medir presiones de 6000 atmósferas».

Como hecho histórico notable y que confirma sus ideas acerca de las causas que originan los terremotos, refiere Daubrée que en 1760, y con motivo del famoso de Lisboa, á que se ha referido el Sr. Cortázar en su discurso, el profesor

* Mr. Minary ha repetido con el mismo resultado estos experimentos en la fundición de Casamére, cerca de Besançon. (Stoppanni., t. I, pág. 316).

John Michell, dedujo como conclusión de sus observaciones que el vapor de agua interviene en los sacudimientos de los temblores de tierra y en la erupción de los volcanes. Ya he tenido ocasión de decir que cinco años antes, en el mismo de 1755 en que ocurrió el citado terremoto, entre los muchos trabajos que acerca de esta catástrofe se publicaron en España y en el extranjero, dió á luz el Dr. D. Francisco Martínez Molés, Catedrático de la Universidad de Alcalá, uno titulado «*D disertación física, origen y formación del terremoto padecido el día 1.º de Noviembre de 1755; las causas que lo produjeron y las que á todos los producen*», en el que manifiesta que los terremotos se deben á la dilatación del aire causado por el fuego subterráneo y la rarefacción del agua que el mismo fuego origina, reduciéndolo á vapores. (26) Ni más ni menos que lo que ha venido á adoptarse por la generalidad de los físicos después de un siglo de reñidas controversias acerca del origen de estos fenómenos; no obstante lo cual hay todavía geólogos que definen los volcanes diciendo: que son «*aparatos naturales*, por cuyo medio la superficie de la corteza terrestre se pone en comunicación con las materias fundidas del interior de una manera temporal ó permanente». Y el mismo autor que da esta definición pregunta en otro pasaje de su obra «si no es natural admitir que los gases aprisionados en la masa flúida del Globo, desde que tuvo lugar la liquidación de esta, y mantenidos en disolución por su alta temperatura, tiendan hoy á escaparse de resultas del enfriamiento progresivo que experimenta.»

Acerca de este particular, Rossi, en su Meteorología endógena, adopta las ideas expuestas por Stoppani, que á su vez está conforme con Poulett Scrope y con Daubrée, y por lo tanto considera la circulación subterránea de las aguas, sobre cuya universalidad llama justamente la atención, como la primera

de las manifestaciones de la actividad interna del globo. Como un hecho universal también considera la formación del vapor de agua y de los gases, que adquieren entre los estratos de la masa terrestre una tensión capaz de producir los tremendos paroxismos de los volcanes, cuya salida en los primeros momentos es una verdadera explosión, que precede siempre á la erupción de la lava y á todos los fenómenos más comunes en esta clase de manifestaciones del volcanismo; no vacilando en declarar que la causa inmediata de las erupciones volcánicas es el vapor de agua.

Analizado por Deville el vapor volcánico, encontró que se componía de 999 partes de agua por 1.000; haciendo notar el hecho curiosísimo de que la nube de vapores que hay constantemente sobre el Stromboli, se resuelve de vez en cuándo en lluvia; fenómeno que según el Capitán Ross, se reproduce en el monte Erebo en Victoria (72° á 75° de latitud S.) con la diferencia de que el vapor cae sobre la tierra en forma de nieve.

En cuanto á la tensión que deben de tener estos vapores, puede uno formarse idea de ella con sólo decir que en la terrible erupción del Kotlugaja, en Islandia, la columna de fuego, es decir, las escorias candentes que salían por el cráter, eran visibles desde el mar á una distancia de 320 kilómetros de la costa, para lo cual era preciso que se elevara á 8.000 metros. A 7.200 fueron lanzadas, según Scrope, las bombas volcánicas, durante la erupción de 1860, en la misma localidad; los cráteres del Etna y del Vesubio han despedido también á igual distancia piedras que no pesaban menos de 100.000 kilogramos; y en una ocasión el Cotopaxi arrojó á 9 millas de su cráter una masa de lava de 1.000 metros cúbicos: fenómenos todos capaces de ser explicados por las enormes fuerzas que desarrollan las acciones moleculares.

Conviene asimismo Rossi con Humboldt, Scrope y la mayor parte de los modernos, en que debiéndose los terremotos á la fuerza que reside en las masas gaseosas y en el vapor de agua, estos agentes tienen la facultad de trasmitirse á grandes distancias, siguiendo las quiebras ó líneas de fractura que en todas direcciones surcan la corteza terrestre, sobre todo á lo largo de las montañas y en la proximidad del mar; que es la situación que ocupan también las zonas volcánicas: como que ya pocos niegan la relación íntima que tienen ambos fenómenos. (27)

Lapparent, siguiendo á Elie de Beaumont, á Dana y demás de esa escuela, acepta la idea de que los temblores de tierra constituyen uno de los fenómenos de la formación de las montañas, advirtiendo que dichos geólogos se explican la oscilación lenta del suelo, que da origen al levantamiento de las montañas, no como Bischoff, Stoppani y los que fundamentalmente creen que basta el aumento ó disminución de volumen que en las rocas pueden producir las acciones químicas ó la del calor, sino que recurren á los cataclismos que supone Elie de Beaumont han de ocurrir de vez en cuándo, al hundirse y sepultarse en la masa candente del interior de la Tierra la parte de la corteza que no ha podido resistir á las presiones laterales y verticales, al contraerse la masa por la continua irradiación del calor á los espacios interplanetarios. (28)

Y esta es la ocasión de combatir, aunque no sea más que de pasada, la teoría generalmente admitida por los plutonistas, acerca de las causas del volcanismo que explica la ascensión de las lavas, suponiendo que al contraerse la corteza sólida forma pliegues en todas direcciones, de modo que la superficie interna, adaptada á la del núcleo líquido, es desigual, y comprimiendo éste lateralmente los pliegues más pronunciados empuja la materia fundida por las quiebras del terreno. Hay

aquí un error capital, si no estoy obcecado, y es el de suponer la existencia de esos pliegues interiores, que no podrían subsistir sino un espacio de tiempo pequeñísimo, dado caso que existiesen alguna vez. En efecto, admitiendo que la temperatura disminuye del centro á la periferia, no es posible suponer que haya una línea en que la materia flúida se convierta de repente en una capa sólida, ya sea que conserve la misma temperatura que la líquida, con la cual está en contacto, ya que pase de repente á una temperatura mucho más baja, que le permita conservar las formas que le dé la contracción y la presión; lo probable es que siendo insensible la diferencia de temperatura de una zona á otra, pasara la masa terrestre por todos los grados de pastosidad, desde la suma fluidez á la consistencia del granito; y entonces, aun cuando realmente se produjeran pliegues en el límite inferior de la parte sólida, si es que pudiera existir ese límite, los pliegues no serían paralelos á los de la parte externa, sino más redondeados, casi insensibles, ligeras ondulaciones que no permitirían los efectos que sirven de base á la citada teoría. Pero aun cuando prescindiendo de ese reblandecimiento gradual de la parte inferior de la corteza sólida, supusiéramos que de repente pasase del estado sólido al líquido, y que hallándose la masa flúida en una especie de estado esferoidal pudiera sumergirse en ella uno de esos pliegues agudos, no tardaría en fundirse, so pena de negar el enfriamiento progresivo del núcleo, para lo cual no puede considerarse permanente ese estado esferoidal. En una palabra, no es dable suponer que la corteza terrestre tenga por la superficie cóncava ó interna las desigualdades que por la externa, y que es indispensable para admitir la explicación de cómo ascienden las lavas en los volcanes, y en general las causas del volcanismo, tales como interpretando las ideas plutonistas, acaba de exponerlas Lapparent en su reciente tratado de Geología.

Este razonamiento no sólo es aplicable á la teoría de Elie de Beaumont, sino que destruye también otra apuntada por Sir John Herschell (29) y acogida y modificada ó ampliada por otros geólogos * que no creen necesario el cataclismo que trae consigo la contracción y dislocaciones de la corteza sólida, sino para darse cuenta de los pliegues y fallas que se observan en las capas que la constituyen y para la erupción de las materias volcánicas: la formación de las montañas y las oscilaciones lentas del suelo las explican de otro modo. Suponen para ello que los depósitos sedimentarios que se acumulan en el fondo de los mares, ya comprimiendo por el aumento de peso la masa interna fluída que tiene debajo, ya actuando también sobre ella por el aumento de volumen debido á la temperatura que se desarrolla con la mayor distancia á que va quedando de la superficie: la masa candente que se halla en la vertical en estado de fluidez, baja á impulsos de este doble efecto; y como este exceso de presión, mayor debajo de los mares que de los continentes, se propaga en todos sentidos, la corteza continental menos gruesa debe ceder á la presión que se ejerce de abajo arriba, de modo que los continentes serían los que estuvieran siempre elevándose, mientras que el fondo de los mares se deprimiría constantemente.

Esta manera de explicar las oscilaciones lentas de la corteza terrestre lleva á algunos geólogos hasta el extremo de afirmar que puede suceder que en una misma superficie esférica ciertas partes se hallen á temperaturas que difieran 500 y más grados, y por consiguiente, que la parte sólida del Glo-

* En la sesión celebrada en la Academia de Ciencias de París el 1.º de Octubre de 1883, fué presentada como una novedad esta teoría por el distinguido astrónomo M. Faye, combatiendo una obra del profesor Issel, en que niega la fluidez de la masa interna de la tierra. (30)

bo, sea una verdadera plancha repujada; pero acabamos de ver que eso no es posible, y que está en contradicción con el fundamento mismo de la teoría plutonista, que supone el foco del calor en el centro de la Tierra, pues no hay que olvidar que la pérdida por radiación en una esfera líquida, debe seguir una marcha regular, y que las causas externas tienen una influencia limitadísima que no se ejerce sino hasta muy poca profundidad. Además, siguiendo esta teoría, según confesión propia de sus sostenedores, sólo se elevarían los continentes, y el fondo del mar bajaría constantemente; lo cual está en abierta contradicción con los testimonios irrecusables de que la superficie toda de la Tierra sube y baja alternativamente, habiéndose hundido varias veces y surgido otras tantas del nivel de los mares en los mismos puntos; y cuando, además, la elevación y la depresión ocurren simultáneamente en territorios tan próximos que no es posible atribuir el fenómeno ni á esa ni á otra causa tan general y constante.

Para que sea admisible una teoría de las oscilaciones lentas del suelo, es menester que la causa pueda obrar en cualquier parte de la corteza terrestre, pero localizada á veces en regiones limitadas y susceptibles de actuar ó no, según circunstancias especiales: ha de ser, pues, una causa universal, mas no perenne y regular, ni tampoco sujeta á ejercerse siempre en los mismos lugares ¿Cómo, si no, explicar que en espacios muy limitados y bastante próximos de un continente, se eleve y deprima el suelo simultáneamente, como sucede en la Escandinavia, cuya parte Norte y Occidental se levanta, mientras la Scania, ó sea la parte Meridional se deprime?: siendo de notar que está sobre granito el suelo que se eleva, y pertenece al período cretáceo, el que se hunde. Este caso notabilísimo fué puesto en evidencia y ampliamente discutido por los dos eminentes químicos, Berzelius y Bischoff, y merece consultarse la relación que de él

hace el Vizconde d'Archiac en su «Historia de los progresos de la Geología». (31)

Varios hechos citados por Humboldt (32) como prueba de que no son debidos los volcanes ni los terremotos á causas efímeras ó inmediatas á la superficie terrestre, sino que tienen su raíz en las entrañas mismas de nuestro planeta, son en mi concepto la demostración más convincente de que no existe ese núcleo líquido candente de los plutonistas, ó que por lo menos no están el Pichincha y demás volcanes por él citados en comunicación con ese núcleo; porque si las materias que arrojan fueran, en efecto, las que constituyen ese inmenso mar de fuego, estando como parecen estar los cráteres en comunicación unos con otros, lo natural es que por todos ellos salieran al mismo tiempo; mientras que la alternación que se ha observado durante tantos siglos se explica perfectamente con la moderna teoría del volcanismo, que supone las acciones endotelúricas capaces de producir terremotos y erupciones á lo largo de las quiebras ó fallas, actuando constantemente, ya en forma de movimientos micro-sísmicos, ya en la de verdaderas explosiones cuando las borrascas llegan á su máximo.

Y no siendo las materias arrojadas por los volcanes procedentes de ese inmenso é inagotable foco que han supuesto los geólogos en el interior de la Tierra; tratándose de acciones poderosas pero limitadas, como originadas en las grietas que cruzan la corteza, ya no sólo es posible, sino razonable y hasta natural que cuando las materias sólidas, líquidas ó gaseosas sometidas á una gran presión, encuentren salida por un punto, no aparezcan en los otros: y hasta se concibe que así como en las tempestades ciclónicas de la atmósfera existe una ley que les marca un camino y un tiempo que puede trazarse de antemano, en las borrascas sísmicas, debidas á las manifestaciones de la vitalidad de la Tierra, la erupción á que da origen uno

de esos máximos de presión, descargue alternativamente por cada uno de los cráteres que encuentra en su curso y que comunican con las quebras ó fallas donde tienen su asiento las corrientes flúidas, las acciones electro-telúricas y las reacciones químicas.

Otro de los hechos importantes en que está de acuerdo Rossi con algunos que le han precedido en el estudio del volcanismo, y particularmente de los terremotos, es la influencia que pueden tener los fenómenos astronómicos y meteorológicos, sobre todo la depresión barométrica, en las manifestaciones sísmicas (33). Humboldt, que ha tratado esta cuestión, afirma que los temblores de tierra no producen alteración ninguna en las oscilaciones de la columna barométrica, tan regulares en las regiones tropicales; y en consonancia con estas ideas, Lapparent, que atribuye los terremotos á las vibraciones de la corteza terrestre, debidas á la disminución progresiva del volumen de la Tierra por efecto de su enfriamiento secular, dice;» que debiéndose los fenómenos sísmicos á una causa tan general, carecen de importancia las investigaciones emprendidas para relacionar dichos fenómenos con el estado barométrico del Globo.» Por el contrario, Poulett Scrope desde 1825, y recientemente Stoppani, atribuyen una influencia extraordinaria á las relaciones entre la atmósfera y los terremotos; porque si fuere dado probar, dicen, que existe cierta correspondencia entre los sacudimientos de la Tierra y la depresión barométrica, quedaría demostrado que los fenómenos sísmicos se deben á la acción de un flúido elástico. Las consideraciones con que robustecen este aserto y los hechos con que apoyan sus afirmaciones llevan la convicción al ánimo; por mi parte, después de leer lo que acerca de este particular escribe Stoppani, creo que no se puede menos de convenir con él en que «la

atmósfera, si no es capaz de producir por sí un paroxismo en el interior del Globo, es indudable que puede determinar el momento en que se verifique, siempre que la causa del paroxismo dependa de una fuerza que tienda necesariamente á equilibrarse con la presión atmosférica».

Podría deducir consecuencias favorables á esta manera de ver, examinando las opiniones de Bischof, Angelot y Naumann, que atribuyen á los gases y al vapor de agua una parte muy principal en los fenómenos sísmicos; las de Sir John Herschell, Falb y Perrey, que conceden también una parte muy importante en estos fenómenos á la acción directa del Sol y de la Luna; pero como esto exigiría algún tiempo, sin dar por eso más fuerza á los incontestables razonamientos de Stoppani, me limitaré á citar algunos hechos que corroboran la manera de ver del geólogo italiano.

Sabido es que el paso de un ciclón origina siempre una depresión barométrica notable, que no suele bajar de 12 milímetros en la parte exterior del torbellino, aumenta progresivamente hacia el centro, y llega á ser de 50 á 70 milímetros en el vértice; y también se sabe que cuando el barómetro baja en un limitado espacio, las aguas del Océano crecen en proporción, es decir, que por cada milímetro que baja el barómetro se elevará 13 la superficie del mar en aquel punto: de aquí la idea sostenida hace ya tiempo por algunos de que la depresión barométrica es capaz de influir en la parte líquida candente del interior del Globo; y nuestro compatriota D. Andrés Poey presentó en la Academia de Ciencias de París, el año de 1855, una nota en que calculaba la fuerza ascensional que podría adquirir la masa flúida en el interior de la Tierra por el paso de un ciclón como el que se sintió en la Habana el año de 1846; deduciendo de aquí la posibilidad de que los huracanes pudiesen dar origen á un temblor de tierra y viceversa (34).

En corroboración de esto afirma Sir Roberto Mallet que las mínimas sísmicas parecen coincidir con las mínimas barométricas: y como caso concreto me contentaré con citar el gran huracán ocurrido en las Antillas el 18 de Octubre de 1780, á propósito del cual dice Marié Davy: «que fueron tales los estragos que ocasionó, que es preciso suponer que con el huracán coincidió algún temblor de tierra que pasó inadvertido en medio del trastorno general; coincidencia que, por otra parte, suele ocurrir; pues cuando por efecto del trabajo de las fuerzas centrales, el equilibrio de la corteza sólida del Globo está á punto de romperse, el paso de un huracán y algunas veces el de una simple tempestad, basta para determinar un movimiento más ó menos pronunciado del suelo».

La sospecha de que hubo un terremoto al mismo tiempo que el gran huracán de 1780 pasaba por las Antillas, lo confirma el almirante Rodney, cuya escuadra se hallaba en las Barbadas, y que explica de la manera más natural y sencilla la causa de que los habitantes encerrados en los sótanos de las casas, que se desplomaban sobre sus cabezas, no percibieran los sacudimientos del terremoto.

Si para los que admiten el estado flúido candente del interior del Globo no tiene nada de violento suponer que la depresión barométrica puede producir movimientos en la masa líquida cubierta por la corteza sólida, más natural es admitir que los gases y vapor de agua que indudablemente existen á ciertas profundidades, puesto que los volcanes y los seudo-volcanes lanzan á la superficie cantidades inmensas; más natural es, repito, que las depresiones barométricas tengan una acción marcada sobre esos gases y vapores. El descenso acusado en el barómetro por el paso de los ciclones ha sido á veces tan violento, la rarefacción de la atmósfera se ha verificado de una manera tan rápida, que el aire contenido dentro de las

casas se ha dilatado de repente y ha hecho explosión, por decirlo así, lanzando á larga distancia las ventanas y las puertas.

Todavía más relacionado con la acción que en los fenómenos sísmicos puede producir la depresión barométrica es la que ésta ejerce en los desprendimientos de mofetas que ocurren en las minas de carbón de piedra, señalada hace ya muchos años como un hecho constante en las terribles desgracias que ocurren en las comarcas hulleras.

La importancia que da Rossi al estudio de éste y otros fenómenos relacionados con los movimientos sísmicos, está perfectamente justificada; porque de todos los fenómenos endógenos, los terremotos son, á no dudarlo, los que, tanto por su frecuencia como por sus efectos, constituyen la calamidad más temible de cuantas sufre la humanidad por la manifestación de la actividad interna del Globo.

Perrey, que durante muchos años anotó cuidadosamente todos los datos que pudo recoger acerca de los terremotos, llegó á formar una estadística de 5388. Mallet, que también ha hecho un estudio especial de esta materia, asegura que desde el siglo XVI no ha variado la intensidad y frecuencia de este meteoro. Hoff, que tiene consignados cuantos datos pudo adquirir durante 15 años (de 1821 á 1836), señala uno por lo menos cada mes. Fuchs ha catalogado 1184, en el corto período de 1865 á 1873, y asegura que no pasa un sólo día sin que ocurran sacudimientos; lo cual conviene con la idea que tenía Humboldt de que no hay un sólo momento en que no se experimenten sacudidas en la Tierra, ya en un punto, ya en otro.

De cuanto acabo de exponer resulta que son muchos, y algunos muy eminentes, los geólogos que, como el profesor Rossi, no admiten la existencia del fuego central en la forma de un núcleo fluido candente, por más que todavía sea ésta la

opinión de la mayoría; en cambio, apenas hay quien no piense ya como él en cuanto á la función importantísima que en la economía del Globo ejercen la formación del vapor de agua y el desarrollo á grandes profundidades de diferentes gases, sobre todo del ácido carbónico; la generalidad reconoce también que esos agentes tienen la facultad de trasladarse á grandes distancias, siguiendo las quiebras ó líneas de fractura que en todas direcciones surcan la masa terrestre; y son muchos los que convienen en la influencia que pueden tener en las manifestaciones sísmicas y en las emanaciones gaseosas los fenómenos astronómicos y meteorológicos, sobre todo la depresión barométrica. Es natural, pues, que partiendo de principios tan ampliamente discutidos y casi todos aceptados por la nueva escuela geológica, que va imperando sobre la plutonista, sea eminentemente racional, y por lo tanto admisible, la teoría que tiene por base el movimiento y acción de los gases y del vapor de agua en el seno de la Tierra, así como el sistema de observaciones que en ella se inspira, y que descansa también en el hecho importantísimo de que en todas las manifestaciones endotelúricas, muy particularmente en los temblores de tierra, el grado de intensidad del fenómeno varía desde las vibraciones más ligeras, casi imperceptibles, y por eso llamadas microsísmicas, hasta las conmociones más desastrosas del suelo.

Los movimientos microsísmicos, descubiertos por el abate Bertelli, no sólo constituyen la mayor de las conquistas debidas á los estudios ordenados de la Meteorología endógena italiana, sino que son, por decirlo así, el fundamento de esta nueva rama de la Física terrestre; y los resultados obtenidos por el sistema de observaciones fundado en las diferentes fases sísmicas que se presentan en una región, han sido tales, que Rossi no vacila en decir que las vibraciones del suelo son una guía fiel y constante de las alteraciones endo-dinámicas

ó del interior de la Tierra, de la misma manera que las variaciones de la presión atmosférica revelan los cambios meteorológicos sobre la superficie.

¿Quién podía haber sospechado hace treinta años que los trabajos de Dove, Reid, Redfield, Thom Bridet y Maury habían de transformar la Meteorología en la ciencia que hoy, á pesar de lo mucho que falta por descubrir, causa la admiración de cuantos conocen sus adelantos? ¿Quién hubiera podido figurarse que las tempestades que en todas partes arrasaban las poblaciones y los campos, en lugares distantes de América y Europa, con diferentes días de intervalo eran un solo y mismo fenómeno, nacido á algunos millares de leguas de donde se desvanece? ¿Y quién hubiera dado fe al que se hubiese atrevido á decir que los impetuosos huracanes que asolaban las Antillas, cuya velocidad se presentaba como tipo de la rapidez, habían de anunciarse con algunos días de anticipación para preservar de sus efectos las costas de Europa? Pues si esto ha sucedido, ¿cómo dudar de que los admirables trabajos de Palmieri, de Bertelli, de Stoppani y de Rossi pueden llegar á señalarnos anticipada y oportunamente la marcha de un movimiento sísmico, cuando sabemos que los gases y vapores que lo producen recorren subterráneamente, y en direcciones algunas veces conocidas, distancias hasta de 3.000 leguas? (35).

Maury, en su *Geografía física del mar*, al presentar una teoría que su mismo autor no consideraba completa, estableció el *Método de las medias* y la *Meteorología estática*, que comprende la serie de observaciones en que se fijan los resultados medios de cada uno de los fenómenos meteorológicos en una localidad ó región; estudios que después ha completado la *Meteorología dinámica*, analizando los fenómenos atmosféricos en estado de movimiento y procediendo por observaciones simultáneas en el mayor número de puntos posibles, que permi-

ten establecer una nueva ley de la circulación atmosférica. Según ella, existe en el centro ó punto medio del Atlántico, hacia las Azores, un máximo de presión barométrica, al rededor del cual se desarrolla un torbellino gigantesco que arrastra al aire en sus innumerables espirales; y en una latitud más alta, hacia Irlanda, existe, por el contrario, un mínimo de presión barométrica, desde donde giran los vientos en sentido opuesto al de las agujas de un reloj. En términos generales: á todo observador que se ponga de frente al viento, le quedará la mínima barométrica á la derecha y la máxima á la izquierda: que es la ley llamada de Buys Ballot, enunciada antes, según parece, por el observador norte-americano Coffin. El aire lanzado por estos torbellinos, sube en el Ecuador como en la teoría de Maury, y baja en la máxima barométrica de las Azores.

No es posible dar aquí ni una idea remota de los hechos en que difieren y coinciden la teoría de Maury y la recientemente adoptada, ni menos la razón con que unos consideran la primera completamente desprovista de fundamento, mientras que otros creen, por el contrario, que no es la moderna sino complemento de la de Maury, alterada únicamente por la influencia de los continentes, que el sabio americano reconocia, y por lo cual en el hemisferio Sur el movimiento de las corrientes es el mismo exactamente que indicaba el autor de la *Geografía física del mar*.

Para mi propósito basta poner en evidencia que cuando una teoría se funda en multiplicados hechos de indudable exactitud, y cuando esa teoría abre ancho campo á las investigaciones, y de su aplicación pueden resultar beneficios inmensos, como han resultado de aplicar á la navegación la de Maury, no sólo no hay peligro, sino que es muy conveniente sustituirla á las estériles explicaciones que un sistema de observaciones incompleto, un encariñamiento excesivo con la tradi-

ción, un respeto exagerado á la autoridad de los maestros, han mantenido durante mucho tiempo. Por eso, cuando en frente de las desconsoladoras conclusiones que deduce Faye de las teorías generalmente admitidas acerca de los fenómenos del volcanismo (36), veo el fecundo campo que abre á la investigación de los mismos fenómenos el sistema de observaciones que constituye la Meteorología endógena, declarada oficial por el Gobierno italiano, y planteado según lo ha propuesto Rossi, fundado en las teorías que sustenta, no puedo menos de sentirme inclinado á dar á ésta la preferencia, y de felicitar al Sr. Cortázar por sus esfuerzos para hacer extensivas á España esas observaciones.

Hemos visto que el sistema de las que para seguir la marcha de los fenómenos endógenos adopta Rossi, se funda en una teoría que podrá no ser enteramente exacta, como parece no serlo la de Maury; pero que, como la de éste, se halla basada en hechos reconocidamente ciertos, que admiten la mayor parte de los geólogos. Si nadie duda ya de la exactitud de la ley de las tormentas de Redfield, según la cual las tempestades son vastos remolinos con movimiento progresivo que giran y marchan en trayectoria parabólica; tampoco parece posible dudar de que el vapor de agua y los gases, desarrollándose y circulando á grandes profundidades, ejercen una función importante en la economía del globo, y pueden ser causa de los fenómenos sísmicos y volcánicos.

Precisamente este estudio es el que está efectuando con buen éxito innegable el profesor Rossi, y por él ha llegado á fijar la marcha de lo que llama una borrasca sísmica, desde las primeras y más ligeras señales, hasta su máximo de energía: correspondiendo en todos sus movimientos con los de los gases aprisionados en la Tierra.

Las borrascas sísmicas comienzan, por lo general, en Ita-

lia, con movimientos microscópicos, especialmente ondulatorios, que duran dos ó tres días; y si á éstos se agregan muchos movimientos de trepidación, es indicio evidente de una acción inmediata y local. No es raro que ocurran ligeros terremotos durante este período microsísmico, que casi siempre se nota simultáneamente en toda Italia; pero á veces se van sintiendo sucesivamente, sobre todo cuando se acerca la máxima, ó va ya decreciendo; y en más de una ocasión han ido disminuyendo las vibraciones micro-sísmicas con movimiento retardado cerca de los lugares donde ha de sentirse el terremoto más intenso. Después de dos ó tres días de movimientos micro-sísmicos sobreviene una calma más ó menos breve, pero que por término medio es de un día; durante la cual es muy común que uno ó dos ligeros temblores sirvan como de prelude á otro mayor; y á veces se ha notado también que estos temblores ligeros señalan el lugar en que ocurrirá el mayor sacudimiento ó el grupo de muchas sacudidas que, teniendo lugar en un intervalo de pocas horas, constituyen el máximo sísmico. Es raro que durante este máximo haya también movimientos micro-sísmicos; éstos, por lo regular, se renuevan después de la conmoción mayor y concurren á formar parte de la fase compuesta de muchos y ligeros temblores, que haciéndose cada vez más escasos, dan lugar á que vuelva la calma.

Fijándose en la marcha que siguen los movimientos del suelo, dice Rossi, es fácil saber con alguna aproximación el día de la máxima, ó sea del terremoto sensible; pero no lo es tanto prever la fuerza y el lugar amenazado; y aunque no cabe duda de que la multiplicación de las observaciones y de los observadores ayudará á resolver el problema, siempre será difícil sorprender en tiempo oportuno la acción de las causas perturbadoras para evitar sus efectos.

Lo que sí ha comprobado con certeza el mismo Rossi, es que mientras una borrasca sísmica reinaba en una región, el hecho de presentarse en otra no lejana una depresión barométrica, era causa de que la explosión de la máxima sísmica tuviera lugar fuera de la región invadida, trasportándola á veces al paraje á donde la llamaba, por decirlo así, la mínima barométrica. Y ha visto también, por el contrario, que las altas presiones atmosféricas alejaban ó hacían abortar las máximas sísmicas que amenazaban una región, ó por lo menos la reducían á un grupo de muchos y ligeros temblores localizados en un lugar.

Muy distante está todavía esto, que nos dice el fundador de la *Meteorología endógena*, del sistema de avisos con que el conocimiento que se tiene de la Meteorología atmosférica, protege ya de una manera eficaz á los que hace pocos años veían en los huracanes y tempestades un enemigo tan terrible, por lo incierto é inesperado, como son hoy los terremotos y erupciones volcánicas; pero si se considera el número de hombres eminentes que hace más de medio siglo estudian los fenómenos de la atmósfera, visibles para todo el mundo; si se tienen en cuenta los poderosos auxilios que han prestado á esos trabajos los gobiernos de todos los países, y los millares de observadores que supo allegar para esta empresa el poderoso genio de Maury; lejos de desconfiar en el porvenir de la Meteorología endógena, sorprende y estimula el ver que teniendo que empezar por oponerse á las teorías más generalmente admitidas por los geólogos; sin más ayuda que su saber y su fuerza de voluntad, un corto número de hombres de ciencia, á cuya cabeza figuran Palmieri, Bertelli, Stoppani, y sobre todo Rossi, no sólo hayan echado los cimientos de ésta nueva rama de la física terrestre, sino que planteando un sistema de observaciones en Italia, hayan conseguido en brevísimo tiempo llevar la convic-

ción y la fe al ánimo de sus contemporáneos, que es lo más difícil que hay en el mundo, obtener de su gobierno que les preste el apoyo oficial, y conseguir, en fin, que otras naciones, siguiendo la marcha iniciada, concurren á la grandiosa obra en que el Sr. Cortázar quiere también que tomen parte los españoles.

Y si nos hacemos cargo de que las observaciones hechas hasta el presente han permitido reconocer que están sujetas á la misma marcha sísmica todos los países que constituyen la cuenca del Mediterráneo, ó que por lo menos la parte septentrional de Africa, la occidental del Asia Menor, la Grecia, la Istria, la Dalmacia, todo el grupo de los Alpes, el de los Pirineos y el resto de la Península Ibérica parecen tener su centro de actividad endógena en mutua y estrecha relación, de tal modo, que la acción sísmica se manifiesta en todos ellos casi en forma de corrientes dinámicas que influyen, ya de una manera activa, ya pasiva, en períodos de borrascas telúricas más ó menos extensas; no debéis extrañar que, asociándome con todas mis fuerzas á los laudables deseos de nuestro nuevo compañero, no sólo participe de sus ideas acerca de la importancia de los trabajos que se hacen en Italia para propagar la Meteorología endógena, y de la conveniencia de traer esta cuestión al seno de la Academia, sino también que, partiendo de su feliz iniciativa, aconseje á todos los hombres de ciencia que cooperen á ellos y pida al Gobierno que los estimule y aproveche.

Ya habéis visto, Señores, en qué difiere y en qué conviene Rossi con la mayoría de los geólogos que sostienen todavía los principios de la antigua escuela, y con los que siguiendo nuevo rumbo niegan la existencia de un fuego central, y se aproximan á la idea de considerar la Tierra como un ser dotado de

vida propia, si bien muy distinta de la que tienen los vegetales y animales; pues consiste en una serie de acciones físicas, químicas y dinámicas, que, reproduciéndose continuamente en su seno, forman un círculo de actividad telúrica capaz de explicar los principales fenómenos de la dinámica terrestre, como son el metamorfismo de las rocas, la formación de los criaderos metalíferos, los movimientos sísmicos, las erupciones volcánicas y las oscilaciones lentas de la superficie del Globo, origen de la elevación de las montañas: en una palabra, lo que constituye la Geología molecular, de que os hablaba en este sitio hace algunos años.

Habéis podido ver también cuán íntimamente relacionada está la Meteorología endógena con la Geología propiamente dicha, puesto que tiene por objeto la primera el estudio de varios hechos, que no son ni más ni menos que los que han constituido siempre la parte de la Geología llamada Dinámica terrestre interna, destinada á explicar los cambios que ha experimentado la Tierra para llegar al estado que actualmente tiene: hechos que pueden, sin embargo, constituir una rama aparte de la ciencia; porque hallándose hoy en acción, verificándose por leyes fijas, y de la misma manera que los que ocurren en la parte líquida del Globo y en la atmósfera, dan lugar al estudio de su marcha por medio de continuas observaciones, propias de la Meteorología endógena.

Tampoco es fácil trazar una línea que deslinde el campo que á ésta corresponde del de la Meteorología exógena; así como no es dable aislar el estudio de los fenómenos del mar, de los que se verifican en la atmósfera; ni establecer siquiera solución de continuidad en el círculo, que sólo convencionalmente podremos suponer que empieza en la desigual distribución de la temperatura de la superficie del Globo, causa de la diferente evaporación en ella de las aguas del Océano, que se elevan

formando las nubes. Arrastradas éstas por los vientos, cuyas corrientes las reparten en la atmósfera con admirable regularidad, caen convertidas en lluvias, que á la vez que fecundan los campos, dan origen á los ríos y torrentes, para devolver las aguas al mar, después de haber contribuído á desagregar las rocas y á nivelar las montañas. Pero no termina aquí ese maravilloso círculo de la actividad de los agentes meteorológicos; sino que esa misma agua que se ha elevado á la atmósfera y descendido al fondo del mar, penetra por las grietas y los poros de la tierra hasta profundidades desconocidas; donde por virtud de su acción misma y la de las fuerzas moleculares que se ejercen bajo la forma de calor, electricidad y reacciones químicas, es decir, por el movimiento en todas sus manifestaciones, esa agua se convierte en vapor, se disocia, se descompone y recompone, ayuda la descomposición y recomposición de otros cuerpos; prodúcense gases que, como el vapor, circulan por todas las aberturas y cavidades de la tierra, y resultan condensaciones, expansiones y presiones de que no tenemos idea en la superficie, sino cuando por el cálculo averiguamos que para poner en movimiento el aire que forma el torbellino de un huracán, ha sido indispensable una fuerza de 473 millones de caballos de vapor, y que la condensación del vapor de agua necesario para una lluvia de 1 milímetro en una extensión de 20 leguas, desprendería un calor equivalente á una fuerza seis veces mayor, ó sea de más de 2.800 millones de caballos. (37)

Y el resultado de todo este movimiento molecular de la materia en el seno de la Tierra, es el metamorfismo de las rocas cuando el intensísimo calor desarrollado entre molécula y molécula por una acción electro-telúrica es capaz de ir fundiendo, á fuerza de siglos, los granos de una arenisca para convertirla en cuarcita; es la formación de un criadero metalífero cuando

las acciones electro-químicas y electro-dinámicas, poderosamente ayudadas por el agua que impregna todas las rocas, va reuniendo al rededor de un núcleo ó á lo largo de una grieta, los cuerpos, metálicos ó no, que esas mismas acciones van separando en fajas y agrupando en cristales; el simple aumento ó disminución de temperatura y de volúmen en las rocas ocasiona la oscilación lenta del suelo, la formación de las montañas y las grietas de las rocas que han de dar lugar á la reproducción de idénticos fenómenos, y á que circulando por ellas los gases y vapores se produzcan las vibraciones micro-sísmicas, preludio de los terremotos; que no son sino el efecto de terribles explosiones ocurridas en el interior, y debidas, ya á la mayor ó menor facilidad que encuentran los gases para circular, ya á las condensaciones y expansiones que por multiplicadas causas sufren. Tales movimientos explican suficientemente la salida á la superficie de estos mismos gases y vapores, que constituyen por sí solos las emanaciones gaseosas, mofetas y fumorolas; y el orden en que se presentan con las lavas en los volcanes, precediéndolas siempre, acompañándolas constantemente y persistiendo después sin ellas, dejan entrever que la fusión de las rocas puede muy bien atribuirse al inmenso calor desarrollado por esas condensaciones y expansiones á que se ha hecho referencia, y por el que indudablemente originan los gases y vapores comprimidos y rozando violentamente contra las paredes de las chimeneas volcánicas.

Y no paran aquí los fenómenos endotelúricos; no se corta en ellos tampoco el círculo que comenzamos con la evaporación de las aguas del mar; porque si las depresiones barométricas influyen, á no dudarlo, en que un terremoto tenga lugar en esta ó en la otra comarca; si determina la explosión de los gases en las minas de carbón de piedra, y puede contribuir á que estalle ó no una erupción volcánica; también los terremotos

y las erupciones volcánicas, como las emanaciones gaseosas, modifican la distribución de la temperatura, determinan la caída de la lluvia, cambian el régimen de los vientos, pueden dar origen á ciclones, y lanzando en las nubes á prodigiosa altura torrentes de agua y pedazos de islas y continentes convertidos en menudo polvo, como acaba de suceder en Krakatoa, á la vez que conmueven cielo, mar y tierra, empujando las ondas marinas desde Java hasta California, tienen en suspenso á todos los sabios del mundo, que tratan de saber atónitos si el color rojo que ilumina los cielos es un problema de Astronomía, de Meteorología atmosférica ó de Meteorología endógena. ¡Sublime encadenamiento de la ciencia, que prueba una vez más la verdad del símbolo de San Agustín, que fijaba la suprema sabiduría en el punto en que remata la cúspide de una pirámide!

He abusado, Señores, de vuestra paciencia, molestándoos más tiempo del que corresponde emplear en estos actos, á quien debería limitarse á presentaros al nuevo Académico; pero sufriría con gusto las censuras que merezco por el cansancio que os he causado, si hubiese conseguido llevar á vuestro ánimo la convicción de que no es posible presentar un tema de más interés y oportunidad que el que ha tratado el Sr. Cortázar en su discurso; y si, tomándolo en cuenta el Ministro de Fomento, se persuade de que no sólo es preciso mejorar los contados Observatorios Meteorológicos que existen en la Península, sino que debe extenderlos á todas las provincias del Reino: y no olvidando que España fué uno de los seis Estados que primero se asociaron á la obra internacional que inició la publicación de las observaciones meteorológicas simultáneas, que permiten saber anticipadamente la aproximación de una tempestad, hace que sea hoy también de las primeras que, siguiendo el ejemplo de Italia y de Suiza, organiza el estudio de los fenómenos en-

dógenos, estableciendo en todos sus dominios Observatorios que contribuyan á la solución de este importantísimo problema, digno por todos conceptos de llamar la atención de un Gobierno ilustrado, que se precia de no desoir jamás la voz de la humanidad. Que no en balde es España uno de los países que constituyen la gran región sísmica de la cuenca del Mediterráneo, y precisamente uno de los más perturbados por las manifestaciones endotelúricas: como lo prueban los frecuentes temblores de tierra que se hacen sentir en Huelva, Granada, Almería y toda la costa de Levante; no en balde forman parte de la Nación las islas de Puerto Rico y Cuba, donde los terremotos han causado en época reciente lamentables desgracias; y no en balde, en fin, es nuestro Archipiélago filipino, una de las comarcas volcánicas más notables del mundo, cuyo suelo parece estar en constante oscilación, y donde hay verdadera necesidad de estudiar los fenómenos de la Meteorología endógena para proteger las vidas y llevar la tranquilidad al ánimo de sus habitantes.—HE DICHO.

NOTAS.

- (1) *Traité de Géologie* par A. DE LAPPARENT. Paris, 1883, pag. 374.
- (2) *Principes de Géologie* par Sir CH. LYELL, trad. par M. J. Ginestou. Paris, 1873, 2.^e vol., pag. 260.
- (3) *Mémoire sur les Températures de la partie solide du Globe et de l'atmosphère*, etc., par M. POISSON: lu à l'Académie des Sciences le 30 Janvier 1837.—*Annales de Chimie et de Physique*, t. 64, pag. 337. Paris, 1837.
- (4) *Corso di Geologia* del prof. Antonio STOPPANI, 3 vol. Milano, 1873, pag. 340 del t. III.
- (5) *Sur les phénomènes des volcans* par Sir HUMPHRY DAVY.—*Annales des Mines*, 3.^e serie, t. 2.^e, pag. 3.—*Annales de Chimie et de Physique*, t. 38.
- (6) *Les volcans, leurs caractères et leurs phénomènes*, etc., par G. POULETT SCROPE., trad. de l'anglais par E. Pieraggi. Paris, 1864, pag. 309.
- (7) STOPPANI, loc. cit., t. III, pag. 248.
- (8) *Le tremblement de terre d'Ischia, ses causes probables*. Rapport de M. DAUBRÉE à l'Académie des Sciences de Paris.—*Cosmos. les Mondes*. 3.^e serie, t. VI, pag. 399.
- (9) *Traité de Géologie et de Paleontologie* par GREDNER, trad. par R. Mo- nier. Paris, 1879, pag. 120.
- (10) LAPPARENT, loc. cit., pag. 391.
- (11) *Examen des conditions physiques de la terre: sa température interne*, etc., par Sir W. THOMSON.—*Bibliothèque universelle et Revue Suisse.—Archive des Sciences physiques et naturelles*. Genève, t. LVII, 1876, p. 138.
Les temps géologiques.—Influence des marées sur les mouvements célestes.—Chaleur du soleil.—Chaleur centrale de la terre.—Age de la terre par Sir W. THOMSON. *Revue des Cours scientifiques*, 6.^e année; 1868-69, p. 50.
Perdite di calore interno non calcolate: calcolo di W. Thomson. STOPPANI, loc. cit., t. III, cap. XI, pag. 243.
- (12) STOPPANI, loc. cit., t. III, pag. 246.
- (13) STOPPANI, loc. cit., t. III, pag. 250.
- (14) STOPPANI, loc. cit., t. III, pag. 251.
- (15) *Discurso leído ante la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales en la recepción del Excmo. Sr. D. Manuel Fernández de Castro*. Madrid, 1878, pág. 73.
- (16) FERNÁNDEZ DE CASTRO, loc. cit., págs. 37 á 49.
- (17) *Influencia de la imaginación en los estudios científicos*. Discurso pronunciado en la Asociación Británica para el adelanto de las ciencias, en Liverpool en 1870. *La Física nueva*, estudio y observación por J. TYNDALL. Barcelona, 1866, pág. 11.

(18) *Physique moléculaire. Ses conquêtes, ses phénomènes et ses applications*, etc., par M. l'abbé Moigno. Paris, 1868, pag. 205.

(19) STOPPANI, loc. cit., t. I, pag. 33.

(20) *Éléments de Géologie et de Paléontologie* par CH. CONTEJEAN. Paris, 1874, pag. 114.

(21) *Sulle condizioni geologiche e termiche della grande galleria del S. Gothardo*. Nota del ing. F. GIORDANO, etc.—*Bulletino del R. Comitato geológico d'Italia*, serie 2.^a, vol. I, pag. 408.

Repartition de la temperature dans le grand tunnel du Saint-Gothard. Observations faites par le Dr. STAPFF, ingénieur géologue de la Compagnie du Gothard á Airolo. Annexe XIV au vol. VIII des rapports trimestriels du Conseil fédéral sur la marche des travaux du chemin de fer du Saint-Gothard (rapport n.º 30), Airolo-Avril 1880.

(22) *Der arterische Brunnen in Stadt waldchen zu Budapest*, von WILHELM ZSIGMONDY. *Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt*, 1878, 28 Band 4 Heft.

(23) *Geografía física del mar*, por M. F. MAURY, traducida al castellano por D. J. N. Vizcarrondo. Madrid, 1860, pag. 213.

(24) *La Meteorología endógena* del profesor Michelo Stefano Rossi. Milano, 1879-82, pag. 434.

(25) DAUBRÉE. *Le tremblement de terre d'Ischia*, etc., loc. cit., pag. 404.

(26) La obra de MARTÍNEZ MOLÉS se halla citada en la *Bibliografía minera* de los Sres. Maffei y Rua Figueroa, en los siguientes términos:

«Disertación física, origen y formación del terremoto padecido el día 1.º de Noviembre de 1755. Las causas que lo produjeron y las que á todos los producen. Presagios que antecedentemente anuncia este terrible meteoro, y explicación de todas las cuestiones que sobre tan extraño fenómeno pueden hacerse. Escrita por el Dr. D. Francisco MARTÍNEZ MOLÉS, profesor de Teología de la Universidad de Alcalá. Con licencia. Madrid, 1755. Imprenta de J. M. de San Martín. En 4.º, XII-32 páginas.—No le cita Perrey en su *Bibliografía sísmica*».

Todos mis esfuerzos para consultar esta obra han sido inútiles, pues no se halla en la Biblioteca Nacional, ni en la de la Universidad, ni en ninguna de las públicas y privadas que me ha sido dado registrar. Pero no es posible dudar de la autenticidad de la obra, ni de la importancia de su contenido; porque se hace referencia á ella en los términos que voy á copiar, en la siguiente que existe en la Biblioteca de la Comisión del Mapa geológico de España:

«*Historia universal dos Terremotos que tem havido no mundo de que ha noticia*, etc., é huma Dissertação physica sobre as causas geraes dos Terremotos, seus effeitos, differenças e prognosticos; e as particularss do ultimo, por Joachim Joseph Moreira de Mendouça. Lisboa, anno 1758».

En la página 181 de esta obra dice lo siguiente:

«*Varias obras produziu Hespanha sobre este phenomeno natural que experimentamos. «A Dissertação physica» de D. Francisco Martínez Molés, foi a primeira que viu a luz publica e a que merece os primeiros aplausos. Este sabio mestre da Universidade de Alcalá mostrou neste papel e na brevidade da sua composição os grandes conhecimentos que tem da Philosophia. A opinião deste douto he ben fundada. Pertende estabe-*

lecer por causa dos terremotos adilação do ar causada pelo fogo subterraneo e a rarefação de agoa que o mesmo fogo origina, reducindoa a vapores. (MOLÉS, *Dissertacion Phisico-Moral*).

»Este systema das causas dos terremotos he a que farei provavel, estabelecendo a origen do fogo subterraneo com alguna novidade, per ser este o agente que mete em movimento os outros tres elementos.»

(27) ROSSI, loc. cit., pag. 426.

(28) LAPPARENT, loc. cit., pag. 1226.

(29) LYELL, loc. cit., t. II, pag. 294.

(30) *Sur les soulevemens et affaissements lents du sol* par M. FAYE. Note présentée à l'Académie des Sciences de Paris dans la seance du 1.^{er} Octobre 1883.—*Cosmos, les Mondes*, 3.^e serie, t. VI, pag. 252.

(31) *Histoire des progrès de la Géologie*, par le V. D'ARCHIAC. Paris, 1847, t. I, pag. 651.

(32) *Cuadros de la naturaleza*, por Alejandro de HUMBOLDT, traduccion de Bernardo de Giner. Madrid, 1876, páginas 491 á 517.

(33) ROSSI, loc. cit., pag. 429.

(34) *Estudio sobre los huracanes ocurridos en la isla de Cuba durante el mes de Octubre de 1870*, por D. Manuel FERNÁNDEZ DE CASTRO. Madrid, 1871, pág. 46.

(35) HUMBOLDT, loc. cit., pag. 499.

(36) *Les grandes fleaux de la nature*, par M. FAYE.—*Annuaire pour l'an 1884*, publié par le Bureau des Longitudes. Paris, 1884, pags. 741 à 846.

(37) *Les Phenomènes de l'atmosphère*. *Traité de Meteorologie pratique*, par H. MOHN, traduit par Decaudin Labesse, precedé d'une introduction par H. de Parville. Paris, 1884, pag. 402.