

Si esta hipótesis es verdadera, explica á la vez las variaciones periódicas limitadas de los glaciares actuales y las de los períodos glaciares de las edades antiguas, mucho más extraordinarias. Pero no es menos evidente que, en cuanto á éstas, no hace más que esquivar la dificultad; porque de lo que es preciso darse cuenta es de que ocurriera en las condiciones meteorológicas una mudanza capaz de producir durante un período, si no limitado, cuando menos muy largo, una serie de veranos fríos y húmedos, de inviernos apacibles y húmedos también, y por consiguiente, prolongadas y copiosas nevadas (1). Semejante combinación climatológica produciría este resultado á juicio de M. Forel. Pero lo que importaría conocer para resolver el problema planteado por los geólogos es la causa de esta revolución en las condiciones meteorológicas de nuestro planeta, y precisamente dicha causa es la que no se ha logrado descubrir todavía.

(1) Tengamos durante uno ó dos siglos un estado climático cuyo promedio nos dé lo que es hoy el extremo en punto á humedad, y sin necesidad de otra causa, sobrevendrá una nueva época glacial. "Aparte de la dificultad de explicar semejante persistencia en el estado higrométrico de los continentes actuales, ¿no resulta de aquí que, al desaparecer la causa al cabo de los dos siglos que pide M. Forel, desaparecería también el efecto por la influencia de la vuelta de las condiciones normales, después de otro intervalo de uno ó dos siglos? Ahora falta saber si una duración relativamente tan corta basta para explicar los fenómenos de los períodos glaciares."

LIBRO SEGUNDO

EL CALOR INTERNO DEL GLOBO TERRÁQUEO.—LOS VOLCANES. LOS TERREMOTOS

CAPÍTULO PRIMERO

TEMPERATURA DEL SUELO Y DE LAS AGUAS

I

TEMPERATURA DE LAS CAPAS SUPERIORES DEL SUELO

Los fenómenos de física terrestre que nos proponemos describir en este Libro, dependen en muy escasa parte del calor que procedente del exterior penetra en las capas del suelo, situadas inmediatamente debajo de la superficie del globo. La mayoría de ellos, que son con mucho los más importantes, tienen por origen ó por causa el calor interior propio del globo mismo. Así parece resultar por lo menos del estado térmico actual de las capas más profundas accesibles á la observación, y de las inducciones que pueden hacerse acerca de la porción del núcleo interno en la que no es posible efectuar ninguna observación directa. La averiguación de la temperatura de la parte sólida de la costra terrestre ó del suelo propiamente dicho á diferentes profundidades, la de sus variaciones periódicas ó accidentales, la de la temperatura de las aguas corrientes, lacustres ó marítimas, forman el punto de partida necesario del presente estudio del calor interior del planeta, que en breve veremos cómo se manifiesta exteriormente por las erupciones de los volcanes y las sacudidas de los terremotos.

Hablemos ante todo de la temperatura de la parte sólida del globo en las capas más inmediatas á la superficie.

Para observar y medir cómodamente esta temperatura, desde la superficie hasta escasa profundidad, por ejemplo la de un metro, se emplean termómetros de mercurio cuyos depósitos penetran en el suelo á 5, 10, 20, 30 y 100 centímetros; siendo visible exteriormente la parte graduada de los tubos en los cuales se efectúa la lectura. En razón de la dilatación que afecta á la columna mercurial de los tubos, es necesario hacer una corrección. En el Observatorio de Montsouris se pone al lado del termómetro un tubo semejante sin depósito, y las oscilaciones del mercurio en éste marcan las correcciones que se han de aplicar á las indicaciones del primero.

Pero este sistema de observación apenas sería practicable para mayores profundi-

dades (1). En este caso está indicado el uso de termómetros eléctricos, y los señores Becquerel se han valido de ellos con muy buen resultado en sus prolongados estudios sobre la temperatura del suelo en el Jardín de Plantas de París, desde la superficie hasta 36 metros de profundidad. Una de las soldaduras de hierro y cobre del aparato está metida en el punto de la vertical que se quiere explorar, y la otra en un tubo de vidrio lleno á medias de mercurio y situado al aire libre: un termómetro que marca hasta medio céntimo de grado tiene su depósito en este mismo tubo. Estando las dos soldaduras á temperaturas distintas, una corriente eléctrica circula por el circuito cerrado, pudiéndose conocer su intensidad por medio del galvanómetro. Tan luego como las temperaturas se nivelan, la corriente se anula y la aguja del galvanómetro vuelve á situarse en el cero. La diferencia de las temperaturas puede deducirse de la intensidad de la corriente; pero se puede proceder de otro modo, ó sea equiparando la temperatura del tubo que contiene el mercurio con la de la soldadura metida en el suelo. Para ello se coloca el tubo en una probeta llena en parte de éter, que se enfría por evaporación haciendo pasar por él una corriente de aire, ó que se calienta con la mano ó con agua tibia, según que la temperatura del aire sea más fría ó más caliente que la del terreno en que se hace el experimento. Tan luego como la aguja de la brújula vuelve al cero, se ve la temperatura que marca el termómetro de mercurio y de este modo se tiene la de la soldadura inferior ó del suelo.

Cuando se quiere averiguar la temperatura del terreno á profundidades muy grandes como en los pozos artesianos, ofrece grandes ventajas el uso de termómetros de máxima de Walferdin. Bajando estos aparatos por el orificio de sonda, y dejándolos el tiempo suficiente para que se pongan en equilibrio de temperatura con el terreno ambiente, se tiene esta temperatura con gran exactitud. Pero es preciso dejar que transcurra algún tiempo después de haber cesado el trabajo de perforación, porque este trabajo desarrolla un calor extraño al que se quiere medir. Tropiézase también con el inconveniente de que no se puede hacer más que un corto número de observaciones aisladas, al paso que con los termómetros eléctricos es posible estudiar sin interrupción las variaciones de la temperatura de la capa terrestre en que están metidos.

Veamos ahora cuáles son los resultados que nos da la observación.

En primer lugar prueban que las variaciones periódicas diurnas y mensuales de que hemos hecho mérito respecto á la temperatura del aire, y que proceden alternativamente de la acción de los rayos solares y de la radiación terrestre, ocurren también en el suelo, pero sólo á cierta profundidad. La variación térmica diurna es en nuestros climas casi insensible ya á un metro de profundidad, como lo prueban las cifras siguientes:

VARIACIONES MEDIAS DIURNAS DEL MES DE MAYO DE 1875, Á DIFERENTES PROFUNDIDADES EN EL PARQUE DE MONTSOURÍS

Horas	Superficie	á 0,05	á 0,10	á 0,20	á 0,30	á 1 ^m
6 ^h mañana. . . .	12 ^o ,75	13 ^o ,09	15 ^o ,18	15 ^o ,99	16 ^o ,01	13 ^o ,59
9 —	20 ^o ,75	15 ^o ,11	15 ^o ,12	15 ^o ,73	15 ^o ,87	13 ^o ,61
12 —	m25 ^o ,83	17 ^o ,45	15 ^o ,87	15 ^o ,69	15 ^o ,75	13 ^o ,64
3 ^h tarde. . . .	23 ^o ,66	m18 ^o ,53	16 ^o ,92	16 ^o ,01	15 ^o ,79	13 ^o ,66
6 —	16 ^o ,90	17 ^o ,99	m17 ^o ,37	16 ^o ,43	15 ^o ,98	m13 ^o ,72
9 ^h noche. . . .	12 ^o ,09	16 ^o ,59	17 ^o ,14	m16 ^o ,71	16 ^o ,22	13 ^o ,69
12 —	9 ^o ,72	15 ^o ,36	16 ^o ,53	16 ^o ,65	m16 ^o ,31	13 ^o ,70

(1) Sin embargo, Quetelet se ha valido de termómetros de tubo largo para medir la temperatura hasta 8 metros debajo de la superficie del suelo.

En la superficie del suelo, la diferencia entre las temperaturas extremas ha sido de 16^o,11, en tanto que en el aire no llegaba á 10^o en este mismo mes; luego, á medida que se penetra en el suelo, se la ve disminuir rápidamente para bajar, á un metro de profundidad, á una pequeña fracción de grado, 0^o,13. Además, la hora del máximum termométrico (*m m m...*) no es la misma para las diferentes profundidades, sino que se retrasa cada vez más con respecto á la del máximum en la superficie del suelo, es decir, con respecto á la hora en que la radiación solar directa produce su mayor efecto. A un metro de profundidad, el retraso es de más de un día.

Así pues, las variaciones diurnas del calor solar se hallan interceptadas y retrasadas á la vez por la interposición de las capas del suelo, lo cual consiste indudablemente en la imperfecta conductibilidad de los materiales que las forman. Esto es cierto relativamente á todas las temperaturas, así las más bajas como las más altas, haciéndose sentir la misma influencia en las variaciones anuales. Pero en este caso es mucho mayor la profundidad de la capa en la que dichas variaciones no se perciben ya. Acabamos de ver que en Francia el límite de las variaciones diurnas apenas excede de un metro; en Alemania es todavía de 6 á 8 decímetros menor, según Kaemtz. Pero el límite de las variaciones anuales está comprendido en Francia entre 20 y 30 metros, y en Alemania entre 6 y 10. Según los cálculos de Fourier, que ha estudiado analíticamente la cuestión del calor solar en el suelo, media una relación entre estas profundidades límites, siendo, para un mismo lugar, proporcionales á las raíces cuadradas de las duraciones de los períodos considerados. Aplicando esta fórmula á las observaciones hechas de dos siglos á esta parte en los sótanos del Observatorio de París, á una profundidad de 27^m,6 en la que el termómetro no podía experimentar variaciones perceptibles, resultan 1^m,40 como profundidad á la que la variación diurna debe desaparecer. Y en efecto, según hemos visto antes, á poco más de un metro es imperceptible en el suelo del parque de Montsourís, poco distante del Observatorio astronómico.

La amplitud de la variación anual de la temperatura en el suelo depende de la profundidad, lo propio que la de la variación diurna, y va disminuyendo hasta la *capa invariable*. Por ejemplo, en Bruselas, la diferencia es de 13^o á 20 centímetros debajo del suelo; de 10^o,6 á un metro; de 4^o,5 á 4 metros, y á 8 no es más que de 1^o. Las épocas de las máxima y las mínima se retrasan también con relación á las épocas en que se observan estos extremos en el aire. A 8 metros de profundidad, la diferencia es tal que las estaciones están invertidas, por decirlo así, ocurriendo el máximum entre noviembre y enero, y el mínimum entre junio y julio. Además, la temperatura media anual de las diferentes capas es á corta diferencia igual á la del aire, y á menudo es un poco mayor. Se ha atribuído á esta circunstancia la florescencia de ciertos vegetales cuyas raíces penetran profundamente en el suelo, en algunos países en que la temperatura media del aire es relativamente baja. Resulta también de aquí que las heladas de nuestros climas no llegan á gran profundidad en el terreno. “En la época de los mayores fríos de diciembre y enero, cuando el termómetro tendido en la superficie del suelo marcaba —15^o,4, el colocado en Montsourís á 10 centímetros no bajaba de —1^o,87; á 20 no pasaba de +0^o,47, y cuatro días después se detenía á un metro á +3^o,70, su punto más bajo. Se necesita que haga fríos muy intensos y sobre todo muy prolongados para que la helada penetre hasta 0^m,20 ó 0^m,30, y aun así y todo basta una capa de nieve de pocos centímetros de espesor para contener este movimiento de introducción de la helada en la tierra.”

La naturaleza de los materiales que componen el suelo influye en las variaciones

de la temperatura á diferentes profundidades y en las épocas de las máximas: de las observaciones hechas por Forbes cerca de Edimburgo, en capas homogéneas de trapp, arena y arenisca, han resultado notables diferencias por este concepto. Pero estas diferencias están sobre todo en relación con las del aire. Se ha reconocido que á mayor proximidad del ecuador, menos se ha de profundizar en el suelo para encontrar la capa de la temperatura invariable. Merced á las numerosas observaciones hechas por M. Bous-singault en la América tropical, ha podido reconocer este sabio físico que dicha capa se encuentra en aquellos países á muy pocos decímetros debajo del suelo (1). De aquí se ha deducido un medio muy sencillo de averiguar la temperatura media anual del aire sin necesidad de una larga resistencia ni de observaciones multiplicadas.

II

TEMPERATURA DE LAS CAPAS PROFUNDAS DEL SUELO

La existencia de una capa de temperatura invariable á escasa profundidad debajo de la superficie del suelo prueba que la acción calorífica de los rayos solares queda muy pronto detenida por falta de conductibilidad de las materias sólidas de estas capas. Los flujos de calor que penetran así con doble periodicidad diurna y anual en el interior de la Tierra, están neutralizados por movimientos internos ó de reflujos que envían al exterior el exceso de la radiación solar sobre la temperatura media del lugar. Según Fourier, una parte de este exceso afluye además por un movimiento sumamente lento y uniforme de las regiones ecuatoriales hacia las polares, donde se disipa en el espacio después de haber contribuído á suavizar la temperatura de las zonas glaciales.

El calor de las capas terrestres más profundas no tiene por origen la radiación del Sol, sino que es exclusivamente propio del globo mismo. En efecto, la temperatura va aumentando con la profundidad debajo de la capa invariable, mientras que debería seguir la ley inversa si tuviera un origen exterior.

(1) He aquí lo que dice Humboldt acerca de este punto en el tomo IV de su *Cosmos*:

“Según la teoría de la distribución del calor, la capa en la cual no se notan ya las diferencias de temperatura durante el verano está tanto menos distante de la superficie cuanto menor intervalo media entre el máximum y el mínimum de la temperatura anual. Esta consideración ha inducido á mi amigo M. Bous-singault á discurrir el método ingenioso y fácil de averiguar la temperatura media de las regiones tropicales con un termómetro metido en el suelo de 8 á 12 pulgadas de profundidad en un sitio abrigado. De este modo ha medido particularmente la temperatura de las comarcas comprendidas entre los 10° de latitud boreal y los 10° de latitud austral. A muy diferentes horas y hasta en distintos meses, como lo prueban los experimentos del coronel Hall junto al litoral Choco, en Tumaco, los de Salazar en Quito y los de Bous-singault en la Vega de Zupia, en Marmato y en Anserma Nuevo, en el valle del Cauca, la temperatura no ha variado dos décimas de grado, y casi no se ha encontrado diferencia entre esta temperatura y la media atmosférica en los lugares en que esta temperatura atmosférica ha sido determinada por las observaciones horarias. Lo particularmente notable es que esta identidad, comprobada con sondeos atmosféricos, si puede darse este nombre á los experimentos hechos á menos de un pie de profundidad, no ha faltado en ninguna parte, ni en las abrasadas playas del mar del Sur, en Guayaquil y en Payta, ni en una aldea india situada en la vertiente del volcán de Puraca, á 1.356 toesas (2.643^m,2) sobre el nivel del mar, según mis medidas barométricas. Entre la temperatura media de estos lugares, situados á tan desiguales alturas, no había menos de 14 grados de diferencia.”

Humboldt menciona también las prolongadas series de observaciones hechas en la meseta de Bogotá por el coronel Acosta, y que prueban que, en condiciones de abrigo convenientes, la temperatura subsiste invariable á muy pequeña profundidad. Estas observaciones confirman, pues, la ley formulada por Bous-singault.

Sábese desde tiempo inmemorial que en las minas profundas reina una temperatura sumamente elevada; pero, como sucedía con frecuencia en otro tiempo, se procuró dar con la explicación del fenómeno más bien que comprobarlo con medidas exactas. Unos lo atribuían al *fuego central*; otros creían que este calor era producto de ciertas acciones químicas, por ejemplo, la descomposición de las piritas (Boyle), ó de fermentaciones, etc. Las primeras observaciones termométricas datan de 1740, habiéndolas efectuado Gensanne, director de las minas de plomo de Giromagny, cerca de Belfort, el cual notó un aumento medio de 1° por 19 metros. En las salinas de Bex, de Saussure observó 1° por 37 metros.

En el siglo actual se han multiplicado estas indagaciones, todas las cuales prueban que la temperatura de las capas que forman la parte accesible de la costra terrestre va creciendo con la profundidad. Pero la ley de este crecimiento dista mucho de ser uniforme. Citemos las más importantes observaciones de esta clase.

Cordier daba en 1827 las cifras siguientes: en las minas de Littry (Calvados) el aumento de temperatura era de 1° por 19 metros; en las de Daize, de 1° por 25; en las de Carmaux (Tarn), de 1° por 36. Reich observó en las minas del Erzgebirge, en 1830-32, un aumento de 1° por 42 metros. Philips notó un aumento de calor de 1° por 32^m,4 en un pozo de las minas de hulla de Monk-Wearmonth en Newcastle, siendo la profundidad de este pozo de 456 metros bajo el nivel del mar. En las minas del Ural es dos veces más rápida, según Kuppfer, que ha notado 1° por 20 metros de profundidad. Por el contrario, Gerhard ha visto que en Prusia era preciso penetrar á 57 metros para encontrar el mismo aumento de 1° centígrado.

Como se ve, el tipo medio varía considerablemente. A decir verdad, hay muchas causas que pueden modificar la ley, ó por lo menos impedir que los resultados no sean perfectamente comparables. La más importante parece ser la diferencia de profundidad de las minas exploradas desde este punto de vista. He aquí algunos números que prueban esta influencia. Según Fox, el tipo medio en las minas de Cornualles y del Devonshire es 1° por 15 metros hasta 100 de profundidad, y sólo de 1° por 41 metros cuando ésta llega á 350. Recientemente se ha notado una disminución semejante, aunque mucho menos rápida, en las minas de hulla de Radstock, junto á Bath. A 168 metros de profundidad, el aumento medio de temperatura fué de 1° por 26 metros; á 243, de 1° por 33; á 300, de 1° por 41 solamente. Los experimentos hechos en 1876 por M. Mohr en un pozo de 4.000 pies de profundidad, abierto en las minas de Spenberg, cerca de Berlín, le han dado á conocer una aminoración marcada y regular en el aumento de la temperatura con la profundidad. Pero, según lo hace observar M. Radau en su interesante estudio *Sobre la constitución interior de la Tierra*, las conclusiones de M. Mohr han sido controvertidas. “M. A. Boué ha hecho observar con razón que las aguas de filtración han podido bajar considerablemente la temperatura de las aguas profundas, lo cual bastaría para explicar la aminoración notada por M. Mohr.” Por lo demás, otras observaciones efectuadas por el profesor Everett, en la hullera de East-Manchester, dan un resultado contrario, como lo prueban las cifras siguientes: el aumento de temperatura, que era de 1° por 41 metros á 306 de profundidad, era solamente de 1° por 33 metros á 315, y de 1° por 26 á 837. Aquí la progresión es creciente.

Merced á la perforación de pozos artesianos se ha podido comprobar fácilmente el aumento de la temperatura con la profundidad; pero antes que se organizaran experimentos especiales con este objeto, la temperatura del agua que los surtidores naturales

llevaban á la superficie, comparada con la que reinaba á la altura del suelo, bastaba para atestiguar dicho aumento. Arago daba en 1835 las cifras siguientes:

POZOS ARTESIANOS	Profundidades	Aumento de 1°
De Saint-Ouen, cerca de París.	66 ^m	por 28 ^m ,7
De Marquette.	56	— 25 ^m ,4
De Aire.	63	— 21 ^m ,0
De Saint-Venant.	100	— 27 ^m ,3
De Scheerness (Támesis).	110	— 22 ^m ,0
De Tours.	140	— 23 ^m ,3

Walferdin, aplicando sus preciosos termómetros al estudio de esta cuestión, vió que es necesario bajar de 30 á 32 metros por término medio para obtener un aumento de 1° á partir de la capa invariable. El pozo artesiano de San Andrés (Eure) marcaba á 253 metros de profundidad una temperatura de 17°,95, mientras que la media del mismo lugar era de 12°,2: esto representa 1° por 30^m,95. Los pozos artesianos de la Escuela militar y de Grenelle en París han dado por resultado al mismo físico, el primero 1° por 30^m,85, el segundo 1° por 31^m,5. En 1857 bajó sus aparatos termométricos á dos pozos contiguos que se perforaban en el Creuzot; uno, el de Mouillelonge, tenía á 816 metros de profundidad 38°,5, y el otro, el de Torcy, 27°,22 á 554 metros. La comparación de estos dos resultados da 11°,1 por una diferencia de profundidad igual á 262 metros; por consiguiente, es un aumento de 1° por 23^m,6. Ahora bien; calculando este aumento desde la superficie del suelo hasta los 550 metros, y siendo en Torcy la temperatura media de la superficie de 9°,2, sólo resulta 1° por 30 ó 31 metros, casi la misma cifra que en Grenelle, en la Escuela militar y en Passy (1). Sería por tanto preciso deducir que en las minas del Creuzot la temperatura de las capas profundas va creciendo más rápidamente á medida que la profundidad aumenta. Pero los experimentos se efectuaron en Mouillelonge algún tiempo después de haber terminado el trabajo de perforación (ochenta horas), al paso que en Torcy había transcurrido mucho más tiempo desde su conclusión; siendo pues verosímil que el calor desarrollado por la percusión no se había disipado aún en el pozo de Mouillelonge, en el momento en que se bajaron á él los termómetros, y que esta es la causa del exceso de temperatura observado:

He aquí los resultados obtenidos por varios observadores en cierto número de pozos artesianos célebres:

Pozo	Aumento de 1°	Profundidad
Pozo de Viena (Austria).	por 20 ^m	"
— de Rudersdorff (Prusia).	20 ^m	280 ^m
— de Pregny (cerca de Ginebra)	29 ^m ,7	223
— de Neusalzwerk (Prusia).	29 ^m ,2	622
— de Mondorff (Westfalia).	29 ^m ,6	671
— de Yakutsk (Siberia).	14 ^m ,7	116
— de Neuffen (Wurtemberg).	10 ^m ,5	385

Este último pozo penetra en capas basálticas y se atribuye el aumento rápido del calor á una acción volcánica. Pero el que le precede revela también un tipo de aumento considerable, sin que se pueda atribuir á una influencia análoga.

(1) El agua de este pozo, perforado en 1861, tenía 28° de temperatura, llegando á 586 metros su profundidad ó á 558 debajo de la capa invariable, y siendo de 10°,6 la temperatura media en la superficie, resulta 1° por 30 metros.

Las circunstancias en que se abrió el pozo de Yakutsk son bastante interesantes para que merezcan llamar un momento nuestra atención. Un comerciante de aquella ciudad, llamado Fedor Schergin, había empezado en 1828 la perforación de un pozo en el suelo congelado, con la esperanza de encontrar agua. A 50 pies ingleses de profundidad, la temperatura del pozo no pasaba, según Erman, de —6° Reaumur, ó —7°,5 centígrados; á los 27 metros todavía no se había encontrado agua, sino hielo. Siendo de —9°,5 la temperatura media de Yakutsk, Erman dedujo que no se encontrarían capas desheladas sino cuando se hubiera perforado lo bastante para que el aumento de temperatura fuese á lo menos de 6° Reaumur. Refiriéndose á los experimentos anteriores y á los que había hecho él mismo en el Ural, previó que tendría que perforar el suelo hasta 500 ó 600 pies de Francia, y en su consecuencia Schergin desistió de la empresa. Mas como el almirante Wrangel, de paso en Yakutsk, decidiera al dueño del pozo á continuar la perforación con un interés puramente científico, se llegó hasta 116 metros de profundidad en 1837, sin que se hubiera podido atravesar la capa de hielo (1). He aquí las temperaturas observadas á diferentes profundidades, según Erman y Middendorf (este último hizo observaciones seguidas en dicho pozo en 1844):

Profundidades	Temperaturas según Erman	Profundidades	Temperaturas según Middendorf
15 ^m ,2.	—7°,5	2 ^m	—11°,2
23 ^m ,5.	—6°,9	60 ^m	—4°,8
36 ^m ,3.	—5°,0	116 ^m	—3°,0
116 ^m ,5.	—0°,6		

El tipo de aumento que resulta de estas cifras es muy variable con arreglo á la profundidad. Según los resultados obtenidos por Erman tenemos, primero, 1° por 14 metros, luego por 8^m,4 y en fin por 14^m,7, lo que parece indicar un aumento rápido al principio, seguido de una aminoración. Las cifras de Middendorf dan 1° por 9^m,3 á 60 metros de profundidad, y después por 13^m,9, indicando así una aminoración en el movimiento de la temperatura.

De todo cuanto precede debe deducirse.

Que las capas profundas del globo terráqueo tienen un calor que les es propio, y cuyo origen desconocido es interior, es decir, tiene su asiento en el núcleo central.

Que cuanto mayor es la profundidad, más aumenta la temperatura, sin que sea posible todavía decir con arreglo á qué ley. Con todo, el mayor número de observaciones reunidas hasta el presente á varias profundidades, pero que no exceden de un kilómetro, dan unos 30 metros como aquella á que debe bajarse sucesivamente para tener un aumento de 1° centígrado en la temperatura. ¿Continúa este aumento en la misma proporción á mayores profundidades? ¿Es menor, según se desprende de ciertas observaciones, ó por el contrario es más rápido como podría deducirse de otras? Aun no se

(1) En el cuarto tomo de su *Cosmos*, hace notar Humboldt el contraste que existe entre este estado del subsuelo del Asia del Norte, caracterizado por una congelación profunda, y la temperatura relativamente elevada que observó en las minas de las altas montañas del Perú y de México. "A más de 12.000 pies sobre el nivel del mar, dice, he notado el aire subterráneo 14° más caliente que el exterior." Las minas de plata del Cerro de Gualgayoc, cerca de la ciudad peruana de Micuipampa, tenían 19° en el interior de las galerías, mientras que fuera el aire estaba á 5°,7. Sin embargo, "la roca caliza, añade el ilustre viajero, estaba enteramente seca y había presentes unos pocos mineros." Humboldt opina al parecer que la elevación de la temperatura á semejantes altitudes es debida á causas puramente locales, sobre cuya naturaleza no da explicación alguna.