

metros, interceptó el curso de las aguas de un valle vecino, y después de ser causa de que se formara un lago, motivó una inundación á consecuencia de la rotura de aquel dique temporal.

Basándose el ilustrado suizo M. Forel en las investigaciones históricas de M. Vernetz, ingeniero del cantón de Vaud, y en recientes observaciones, ha estudiado estos interesantes fenómenos con objeto de averiguar sus causas meteorológicas y físicas, y ha reconocido que las variaciones de los glaciares abarcan un período de años bastante grande por lo común, de cinco, diez, veinte y más años (1); sucediendo á veces que entre el movimiento de avance y el de retroceso media un espacio de tiempo en que el glaciar permanece estacionado. Pero nunca es la variación simplemente anual; cuando un glaciar se retira, retrocede constantemente, sin ninguna alternativa de marcha hacia adelante. Es probable que la misma ley rijan el movimiento del glaciar durante su período de progresión, pero faltan datos para probar esta última continuidad. El glaciar del Ródano, que está en retirada desde 1857, no ha presentado con posterioridad á dicha época hasta 1880 ningún indicio que dé á conocer movimiento alguno de avance. Lo mismo se ha observado en el glaciar de los Bosques, de 1854 á 1878; en el de los Bossons, de 1854 á 1875, y en el de Grindelwald, de 1854 á 1880. Por lo que hace al movimiento de retroceso del glaciar del Ródano, la retirada anual ha variado, en los veinticuatro años que ha durado (2), entre 25 y 70 metros.

Determinados ya perfectamente los fenómenos de retroceso y progresión de los glaciares, se ha debido averiguar su causa, y lo primero que naturalmente se ha ocurrido es atribuirlos á las circunstancias meteorológicas, á las variaciones de la temperatura, del estado higrométrico del aire, de las cantidades anuales de aguas meteóricas, lluvias, nieves, etc., y á su influencia en el fenómeno de la ablación. Las dimensiones de un glaciar en longitud, latitud y profundidad varían simultáneamente. Si las condiciones meteorológicas son tales que la fusión superficial sea abundante, la profundidad ó espesor disminuirá lo propio que la longitud, y el frente del glaciar experimentará un retroceso, y en condiciones opuestas un avance. Pero esta explicación, que parece tan natural, está en contradicción con la observación. En efecto, en ese período común y de continuo retroceso de los glaciares de Suiza que, según acabamos de ver, ha durado un cuarto de siglo próximamente, los principales factores de que depende la ablación

(1) En el período de 340 años que media entre 1540 y 1880, el glaciar de Grindelwald ha experimentado una serie de retrocesos y avances periódicos, cuyas fechas, consignadas en los archivos locales, demuestran con evidencia la primera ley formulada por M. Forel. He aquí estas fechas:

De 1540 á 1575, gran retroceso.
De 1575 á 1602, gran avance hacia abajo.
De 1602 á 1620, estado casi inmóvil; el glaciar continúa muy avanzado.
De 1665 á 1680, período de retroceso.
En 1705, máximo de avance.
En 1720, máximo de retroceso.
En 1743, máximo de avance.
En 1748, máximo de retroceso.
De 1770 á 1778, marcha hacia adelante.
En 1819, estado de gran progresión que se renueva en 1840.
De 1855 á 1880, período de retroceso.

(2) El período de retroceso de que hacemos mérito y que parece haber durado próximamente un cuarto de siglo, ha terminado generalmente hoy; hace muchos años que los glaciares de Suiza empiezan á avanzar de nuevo, entre ellos los de los Bossons, Schalhorn, los Bosques, Trient, Zigiornove y Gietroz.

y que acabamos de enumerar han sido unas veces mayores y otras menores que el promedio normal, sin que el movimiento de retirada haya sufrido alternativas. Por consiguiente, no bastan las variaciones anuales de la ablación para explicar satisfactoriamente este movimiento.

En concepto de M. Forel, hay que apelar á otra causa, cual es la velocidad de desagüe ó curso del río sólido, así como las variaciones que sufre esta velocidad en razón del espesor, cuando á un período de abundantes nevadas sucede otro en que éstas son más escasas. Cuando disminuye la alimentación de los campos de nevado y por consecuencia la del glaciar, como la sección que empieza su movimiento de descenso es menor, la velocidad de desagüe disminuirá á su vez; estará pues más tiempo expuesta á la ablación, y esta circunstancia contribuirá también á reducir su espesor y por consiguiente su velocidad. Compréndese, pues, que estas reacciones sucesivas y recíprocas del espesor sobre la velocidad acaben por producir en la sección en movimiento, cuando llegue al término de su viaje, un déficit mucho mayor que el déficit primitivo, y que por lo tanto retroceda el frente del glaciar. El movimiento de retroceso persistirá mientras dure la causa que lo ha motivado, es decir, hasta la época en que las nevadas de un invierno ó de muchos inviernos consecutivos proporcionen á los campos de nevado su provisión para la alimentación del glaciar. Si estos campos vuelven á su promedio normal sin exceder de él, al retroceso podrá suceder un estado estacionario; pero si reciben más nieve, comenzará un período de avance, cuya explicación se tendrá invirtiendo todos los términos de la que ha servido para dar cuenta del movimiento de retirada.

Entre la época en que empieza á obrar la causa principal de estos movimientos en uno ú otro sentido y el momento en que tiene lugar el efecto final, puede transcurrir un espacio de tiempo muy largo, toda vez que no puede ser menor que el período que necesita la nieve de los campos de nevado para llegar hasta el frente del glaciar, y ya hemos visto anteriormente que este período puede llegar á un siglo y quizás más. En ciertos glaciares, como el del Faulhorn, este espacio de tiempo es mucho menor. Si se considera toda una región, en la que las causas meteorológicas han obrado simultáneamente en el mismo sentido, como por ejemplo los Alpes suizos, afectará á todos los glaciares un período de igual duración de avance ó retroceso; mas para unos este período empezará ó acabará más tarde que para otros.

Esta teoría, satisfactoria por ciertos conceptos, necesita la sanción de observaciones y hechos más numerosos. Pero admitiéndola desde luego como verdadera, su autor M. Forel juzga que puede bastar para explicar las épocas glaciares de las últimas edades geológicas. Para esto es preciso suponer un aumento bastante grande en la cantidad anual de las nieves, y además que este aumento haya continuado durante un período de años suficientemente largo. De aquí deben haber resultado dos efectos principales: uno directo, sobre la alimentación de los glaciares; otro indirecto, por la reducción del límite de las nieves persistentes. Los glaciares alimentados por nevados más espesos debieron bajar á mayor distancia en los valles, y teniendo un aumento en todas sus dimensiones, todo un sistema de glaciares hoy separados, pero entonces soldados entre sí, debió formar un solo glaciar que cubría una comarca inmensa. Como el enfriamiento general resultante de esta extensión de los campos de nevado y de la de los glaciares fué causa de que bajara el límite de las nieves persistentes, contribuyó además á la formación de nuevos glaciares. M. Forel considera bastante la reacción de estos efectos uno sobre otro, "para explicar las variaciones de la época glacial y la transformación de nuestro país en una especie de Groenlandia."

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-