



¿Cómo se produjo el glaciario?

EL gran fenómeno térmico que caracterizó en sus comienzos la época cuaternaria, el glaciario con sus diferentes periodos interglaciales; fenómeno que ha dejado huellas indelebles de su paso en la corteza terrestre, demostrativas de su poderosa intensidad y de su enorme duración, y que marca en la historia de la tierra un límite divisorio en su climatología y en la repartición de las especies vivientes; ha tratado de explicarse de muy diferentes maneras, formulándose diversas hipótesis y teorías para buscar las causas que pudieron determinar un hecho tan extraordinario, de tan enorme y colosal potencia, que representa una variación térmica de muchos trillones de calorías.

Ya por efecto de la precesión de los equinocios; ya por variaciones de inclinación del eje de rotación terrestre, o por los cambios periódicos de la excentricidad de la órbita; ya por el paso del sistema solar por regiones excesivamente frías del espacio, o a través de grandes masas nebulares o meteoríticas; ya desviaciones de las corrientes marítimas; por cambios de composición de la atmósfera, que aumentaron la diatermancia del aire; o por la producción en el magma interior del globo, de reacciones químicas endotérmicas.

Poco o nada satisfactorias son estas diversas teorías: las unas por insuficientes, y las otras por francamente absurdas.

En todas ellas se ha prescindido de algo que es esencial para nosotros, de algo a expensas del cual vivimos, y que es para la tierra el manantial único de energía y de vida: del sol.

Sobradamente sabido es, y nada nuevo decimos con ello, que el astro central de nuestro sistema, no sólo retiene los mundos a su alrededor y dirige y regula sus múltiples y complicados movimientos mediante el vínculo misterioso de la gravitación, sino que es en la actualidad, y viene siendo durante cientos de miles de años, el único origen, el único manantial

de calor y de luz, que mantiene el movimiento y la vida en la tierra que nos sustenta, y quizás también en muchos de los mundos que circulan a su alrededor y que arrastra con él por los espacios sin límites. Desde la brisa suave que blandamente mece la flor, hasta el huracán furioso que con fuerza irresistible arrasa y destruye cuanto encuentra a su paso; el agua que corre por los ríos y se precipita por los torrentes; el flujo y reflujo de los océanos, las olas del mar, la hulla que arde en los hogares y mueve nuestras máquinas; desde la modesta yerba que crece a raíz del suelo, al árbol gigantesco y secular que escala las nubes del cielo; desde el microbio al hombre: todo depende y todo está supeditado al sol que nos alumbraba. Si sus rayos se extinguieran, todo cuanto hoy es movimiento y vida sería quietud y muerte, y la tierra un inmenso cementerio cubierto con un sudario de hielo, corriendo sin cesar por el espacio sin límites. El menor cambio, la más pequeña alteración en su atmósfera, un grupo de manchas que se forman o desaparecen, una protuberancia que estalla, una fácula que surge, repercuten a las pocas horas y de una manera fatal en la tierra; los volcanes acrecen su actividad, los sismos aumentan su frecuencia y su brutal poder, que nada es capaz de resistir ni de contrarrestar; corrientes eléctricas inusitadas recorren las líneas telegráficas del mundo entero, impidiendo o entorpeciendo las comunicaciones; la aguja imantada deja de señalar el Norte, y fuertes auroras polares iluminan las altas regiones de la atmósfera; hasta los grandes periodos de sequías y de abundantes lluvias parecen estar íntimamente relacionados con el periodo undecenal de las manchas solares. Un capricho, un gesto del astro rey del sistema, y todo se perturba en la tierra.

Pero el sol no es más que una estrella, una de tantas de los miles de millones que pueblan los espacios sin límites, y como ellas sujeto a la ley común de todo cuanto ha sido creado. El sol, como todos los seres, empezó a existir, tuvo su juventud, ha llegado a su pleno desarrollo, tendrá su vejez y le ha de llegar la muerte. En la grandiosa bóveda del firmamento podemos contemplar, durante la noche, multitud de estrellas en cada una de estas etapas: las nebulosas y las estrellas nebulosas son los gérmenes y los primeros embriones de un sol que nace; las estrellas de Wolf-Rayet, de débil espectro continuo con rayas brillantes, indicando una constitución exclusivamente gaseosa, marcan la infancia estelar; Sirio y Vega, con sus destellos azules, forman la adolescencia; la Cabra del Coche-ro, Alfa de la Osa Mayor y Alfa de La Ballena, de luz amarilla, son la plena juventud, la robustez y la fuerza: a este grupo pertenece nuestro sol; Aldebaran del Toro y Antares del Escorpión, con su luz de tonos rojizos, señalan la decrepitud y la vejez cercana a la muerte.

Hasta hace poco era una loca ilusión, una quimera, la sola idea de inquirir la edad y la constitución de las estrellas; pero el espectroscopio, el

bolómetro y el interferómetro, han permitido a la Astrofísica, no sólo averiguar la constitución química de las estrellas, con la misma y aun mayor seguridad con que el químico analiza un mineral en su laboratorio; no sólo ha medido su distancia, su volúmen, su densidad y su peso, sino que ha llegado a reconocer hasta su estado físico y a medir su temperatura. Y estos estudios nos han enseñado que la temperatura de los luminares del espacio va creciendo desde las nebulosas informes y caóticas a las planetarias, de éstas a las estrellas nebulosas, a las estrellas de Wolf-Rayet y las estrellas azules, para decrecer, después, en las amarillas, y más aún en las rojas. Parece que el máximo de temperatura corresponde a la juventud estelar en las estrellas azules, y los mínimos a la vida que empieza y a la vida que declina, a las nebulosas caóticas y a las estrellas rojas.

Pero no es esto todo; se ha llegado a más; se ha conseguido hasta medir el valor de las radiaciones que llegan a la tierra procedentes de esos lejanos soles, cuya distancia a nosotros se cuenta por billones de kilómetros; y Nordman, Wien, Scheiner, Nichols y Coblens, primero, y después Pickering, Ritcheny y Adans, por no citar otros, mediante dispositivos capaces de apreciar hasta la diezmillonésima parte de grado centígrado, han reconocido, teniendo en cuenta las diferencias de distancias y las áreas de superficie radiante, que las estrellas amarillas y las rojas, no obstante su menor temperatura que las blancas y las azules, radian más calor, dos, tres y hasta cuatro veces más. De modo que la cantidad de calor que radia una estrella, no depende de su temperatura, sino de su estado físico; las estrellas azules y las blancas, muy cálidas, pero completamente gaseosas, radian menos calor que las amarillas y las rojas, de menor temperatura, pero ya algo más condensadas, con partículas líquidas y aún sólidas en sus capas fotosféricas, como acontece en nuestro sol.

Estos resultados obtenidos por la astrofísica, mediante la observación directa de las estrellas, y la medida cuantitativa del valor de sus radiaciones, estaba ya previsto y no ha venido más que a confirmar las conclusiones deducidas por la física terrestre; y había hecho pensar a los astrónomos, que los soles en las primeras etapas de su vida, formados por materiales exclusivamente gaseosos, han de ser de poco brillo y de escaso poder radiante; que a medida que avanzaran en su evolución, al descender la temperatura en sus capas exteriores, habrían de producirse precipitaciones de partículas líquidas y aún sólidas incandescentes, generadoras de fotosferas, ya dotadas de poder de radiación, que iría creciendo conforme fuera aumentando su espesor, y generándose vibraciones de menor longitud de onda, hasta un cierto límite crítico, en el que la menor temperatura compensara el mayor poder radiante, en cuyo caso el calor emitido al espacio empezaría a decrecer: caso de las estrellas rojas.

Nuestro sol, como todos, ha recorrido y seguirá recorriendo las suce-

sivas etapas de su vida estelar. Una enorme nebulosa de gases rarificados y fríos, protohidrógeno y protonebulio, que por el incipiente y rudimentario gravismo del conjunto concentrado en su centro geométrico, se contrae por condensación y va elevando cada vez más su temperatura, por la transformación en calor de la fuerza viva de las masas atómicas o moleculares, que caen hacia el centro; y que por la acción combinada de las atracciones externas, adquiere su movimiento de traslación y otro de rotación, que ordena sus materiales; y de caótica pasa a planetaria. La progresiva contracción determinada por la atracción interna creciente, acelera cada vez más la velocidad de rotación del conjunto, en consonancia con el principio de la conservación de la fuerza viva; la fuerza centrífuga vence, en la región periférica ecuatorial de la masa lentecular formada, y porciones del conjunto se desprenden de la nebulosa madre, que lanzadas al espacio van a formar los futuros planetas, que han de gravitar en torno del gérmen de sol incipiente que ha quedado en el centro; y nuestro sistema solar se ha formado.

El tiempo avanza inmutable, la contracción se amortigua y cesa en las masas planetarias que se desprendieron del conjunto; y el desarrollo creciente de calor, sólo continúa en la gran masa nebulosa interior, que ha de ser el futuro sol que reparta luz y calor a sus planetas; los fríos del espacio hacen descender la temperatura de los menos voluminosos; su capa exterior se concreta en una corteza sólida, muy débil e inestable al principio, pero que lentamente va aumentando de espesor y adquiriendo estabilidad; la fase estelar ha cesado y ha empezado la planetaria, entrando de lleno en los dominios de la geología, que es la que ha de estudiar sus transformaciones posteriores, hasta que la vida aparezca y reine con todo esplendor en su superficie. Tal es la génesis de un mundo; la de la tierra, por ejemplo.

¿Y el sol central, la gran masa madre, de la que la fuerza centrífuga destacó, al principio, las masas nebulares embriones de los futuros mundos? De volumen enorme todavía, comparado con el que tendrá después, resiste más la acción de los fríos del espacio; sigue contrayéndose poco a poco, obedeciendo a la atracción de su propia masa, y como consecuencia aumentando su provisión de calor; sus materiales completamente gaseosos y a inconcebible temperatura, lanzan al espacio débiles destellos azules, radiaciones extraordinariamente actínicas, aunque muy pobres aún en rayos caloríficos. Pero todo tiene su límite, y llega un momento en que la contracción se hace insensible, y con ello la producción de calor; los fríos del espacio cumplen su obra, y el sol pasa de estrella azul a estrella blanca primero, y a amarilla después; del sol de las épocas geológicas anteriores al cuaternario, al sol actual; y este cambio de naturaleza del astro rey, cambio que no es continuo, sino con alternativas, haciéndolo-

lo pasar por una larga fase de estrella variable de largos periodos, determina en la tierra los fenómenos del glaciario cuaternario. Veamos cómo.

Si comparamos la evolución solar con la evolución terrestre; el estado actual del astro del día, estrella blanca en tránsito a estrella amarilla, caracterizado por un espectro completo de rayas negras, en el que aún tiende a subsistir un predominio de las radiaciones de corta longitud de onda; y el tiempo probable que la Geología calcula como un mínimo para los diversos periodos geológicos anteriores al cuaternario, podemos admitir con grandes visos de certeza, que cuando una vez consolidada la corteza terrestre y limpia la atmósfera de los vapores de sales alcalinas, gracias al diluvio ígneo, y del exceso de vapor de agua, por el diluvio crítico, descendió su temperatura al grado óptimo y la vida apareció en su superficie, el sol no era aún más que una *estrella de hidrógeno*, como actualmente *Sirio*, por ejemplo; completamente gaseoso, de destellos azules, y de escaso o nulo poder de radiación calorífica: así debió mantenerse durante un gran lapso de tiempo; hasta que su lenta evolución, hacia los comienzos del cuaternario, a la mediación del pleistoceno, le hizo llegar a la clase de *estrella de calcio*, en la que la existencia de metales muy refractarios inicia un comienzo de precipitación fotosférica, dotándolo ya de un poder creciente de radiación calorífica del que antes carecía.

Por otra parte, hasta el final del terciario y los comienzos del cuaternario, el debil espesor alcanzado por la corteza sólida de la tierra, permitía, no obstante su escasa conductibilidad térmica, que el calor central del globo llegara a su superficie, supliendo las deficiencias de un sol que aún no podía repartir sobre la tierra sus rayos bienhechores.

De modo que hasta los comienzos de la época cuaternaria la vida terrestre no estuvo sostenida por el calor del astro central del sistema, que aunque a elevadísima temperatura era incapaz de radiarlo a los espacios a causa de su especial constitución física; sino por el calor central terrestre, que por la relativa delgadez de la corteza sólida, podía llegar a la superficie. Por eso no hubo al principio ni climas ni zonas térmicas, originadas por la mayor o menor oblicuidad de los rayos solares que caen sobre la tierra; ni estaciones del año, dependientes de la diferente altura del sol sobre el ecuador terrestre; sino que desde el ecuador a los polos, en mares y continentes vivía una misma flora y una misma fauna, resultado de una temperatura uniforme en todos los puntos e igual durante todo el año: temperatura alta y uniforme, atmósfera húmeda y aire rico en anhídrido carbónico. La fauna y la flora hoy ecuatorial se desarroyó, entonces, en toda la superficie de la tierra.

Pero los fríos del espacio con la ayuda del tiempo hacen su obra; el espesor de la corteza sólida del globo aumenta cada vez más, y llega un momento en que el calor central ya no puede pasar al exterior a caldear

la superficie terrestre, supliendo las deficiencias de un sol que aún no calienta lo bastante para compensar las pérdidas del calor radiado por la tierra a los espacios; el equilibrio térmico solo puede cumplirse en las regiones ecuatoriales, en las que por caer casi a plomo los débiles rayos solares puede el suelo absorber el poco calor que contienen; mientras que en las demás regiones, en las latitudes medias y altas, el enfriamiento es cada vez mayor; y el glaciario se produce, debido por lo tanto, a que la tierra *ya no calienta lo suficiente* y el sol *todavía no calienta lo necesario*.

¿Y los periodos interglaciales? ¿Y el hecho perfectamente comprobado de la existencia de varios periodos glaciales, separados por periodos interglaciales, en los que la temperatura media se hizo benigna, sobreviniendo, como consecuencia, un deshielo general más o menos amplio? Fácilmente se explican dentro de la teoría. En efecto; una vez producido el primer glaciario, por las causas ya apuntadas, llegó un momento en que los fríos del espacio rebajaron la temperatura solar, y en sus capas exteriores periféricas se inició la condensación de partículas sólidas o líquidas, que engendraron un comienzo de fotosfera fuertemente luminosa y dotada de poder de radiación calorífica; la tierra empezó a recibir el calor del astro rey, su temperatura media fué elevándose lentamente, y empezó el deshielo general, iniciándose desde entonces el primer periodo interglacial.

Pero una vez iniciada la fotosfera solar, el cambio de naturaleza del astro no fué el principio ni definitivo ni constante, sino que adquirió un cierto carácter de periodicidad;— los cambios en la naturaleza no suelen ser ni bruscos ni continuos, sino que generalmente ofrecen la forma de funciones periódicas, con avances, estacionamientos y regresiones—; y el sol entró en una fase de estrella variable de largos periodos, como otras tantas de las muchas que nuestras observaciones actuales, comparadas con las de los astrónomos caldeos y egipcios de las primeras dinastías, nos hacen pensar en largos periodos de variabilidad de muchos miles de años de duración, en los que las estrellas no sólo cambian de magnitud luminosa, sino que si fueran posibles las comparaciones, veríamos que también de tipo espectral.

Violentas conmociones de la fotosfera del sol de aquellas edades, conmociones con las que comparadas las que originan las protuberancias solares de nuestros días no son más que débil muestra, gasificaban nuevamente las partículas recién precipitadas; el poder emisivo del astro desaparecía por completo, y un nuevo periodo glacial se desarrollaba en la tierra.

Pero con el tiempo todo se calma, y hasta los furores de la masa solar llegaron a amortiguarse; la fotosfera adquirió carácter de permanencia y con ella su poder de radiación calorífica, y entramos en el periodo actual.

El calor central del globo nada influye en la termicidad de su superficie sólo los rayos solares, calentando más o menos la corteza terrestre según la oblicuidad con que caen sobre ella, dan lugar a las zonas térmicas y a los climas; la inclinación del eje terrestre, combinada con su paralelismo durante el movimiento de traslación, engendra las estaciones del año, algo, muy poco influidas por la precesión de los equinoccios y por las variaciones de la línea de los ápsides; y así seguiremos hasta que enfriándose también el sol, llegue primero a estrella roja, como Antares o Aldebaran, anunciando las postrimerías de la vida terrestre; hasta que después, más frío aún, entre él también, a su vez, en la fase planetaria: y la tierra, entonces, sin recibir ya las caricias de su calor vivificante, cubierta de hielo en toda su extensión, pero esta vez para siempre, no sea más que un inmenso cementerio cubierto de la noche eterna, rodando por los espacios sin límites, en torno de un sol apagado.

RAFAEL VÁZQUEZ AROCA.

