

Ahora bien: ¿se ha enfriado efectivamente el Sol desde los tiempos históricos? Nada prueba, que sepamos, semejante fenómeno en los millares de años de que el hombre ha conservado recuerdo. Quizás llegue un día en que la historia del pasado de nuestro planeta arroje alguna luz sobre el problema planteado de tal modo; pero no hay que perder de vista que cualquier cambio demostrado de los climas, ó de la temperatura media de la Tierra, puede atribuirse lo mismo á modificaciones terrestres que á cualquier variación en la intensidad de la radiación solar, y por lo tanto el problema será siempre muy complejo.

Lo que sí puede afirmarse es que de muchos miles de años á esta parte no se ha notado ninguna disminución apreciable en esta intensidad; así es que forzosamente debe suponerse ó que el enfriamiento es más lento de lo que exige la solución, á la verdad hipotética, de Pouillet, ó que el Sol conserva su calor por otros medios cuya naturaleza resta averiguar. Acabamos de ver que, en el caso de que no reparase sus pérdidas, se enfriaría 100° en cien siglos; pero esto supone un calor específico enorme, y si este calor no es mayor que el del agua, en el mismo espacio de tiempo no se enfriaría 100°, sino 14000°; es decir, su radiación quedaría totalmente extinguida.

“Ninguna de las combustiones, ninguna de las afinidades químicas que conocemos, dice Tyndall, podría mantener la radiación solar. La energía química de estas substancias sería demasiado débil, y se disiparían rápidamente en el espacio. Si el Sol fuese una masa de hulla, y se le dotara de la suficiente cantidad de oxígeno para hacerle capaz de arder hasta el grado que exige la radiación medida, se consumiría enteramente al cabo de 5000 años.”

La cuestión queda, pues, en pie, ignorándose todavía cómo se alimenta ese hogar prodigiosamente intenso, cuya masa, por enorme que sea, no basta para explicar la incandescencia que persiste durante la prolongada serie de siglos, en tanto que se le considere simplemente como un cuerpo cuya combustión no encuentra alimento sino en su propia substancia.

Varias son las hipótesis que se han propuesto y discutido. Veamos sucintamente cuáles son.

Hase dicho que, como el Sol gira sobre su eje en 25 días, debe resultar de este movimiento un roce de su superficie contra el medio en que se mueve, y por la transformación de este roce, un desprendimiento de calor y de luz. Pero en este caso, ¿cuál es la materia que comprimiría como un freno la periferia del globo solar? ¿El éter? Semejante suposición es á todas luces inadmisibile; porque la acción de este medio se haría sentir con energía mucho mayor en los planetas, cuyo movimiento de rotación y sobre todo el de traslación son más rápidos. Aparte de esto, se ha calculado que si toda la fuerza de rotación del Sol se convirtiese en calor, bastaría para compensar la radiación más de un siglo; pero también se consumiría enteramente en menos de dos siglos. Hay, pues, que desechar esta hipótesis, á la vez del todo insuficiente y en contradicción con las observaciones que de dos siglos á esta parte no indican disminución alguna en la velocidad de rotación del astro.

Otra opinión, sostenida brillantemente por Mayer, Waterston y Thomson, es la que explica el mantenimiento del calor solar atribuyéndolo á la caída de meteoros en la superficie del Sol. Sir W. Thomson es el que ha desarrollado más completamente esta teoría, cuyo resumen es el siguiente.

Alrededor del Sol circula ó gravita una multitud de cuerpos: unos, como los planetas, describen órbitas cuyos ejes mayores tienen dimensiones casi invariables, á lo me-

nos desde los tiempos históricos. Sábese también, en virtud de la teoría de las perturbaciones recíprocas que ejercen unos sobre otros, que esta invariabilidad debe subsistir por espacio de largas series de siglos, lo cual prueba que el medio en que circulan opone una resistencia casi nula á sus movimientos. Además de los planetas, cuyo número actual pasa de 230, hay una muchedumbre de cometas, millones probablemente, que describen órbitas mucho más alongadas, y cuyas masas, comparativamente muy pequeñas, pueden experimentar una resistencia perceptible por parte del medio en que se mueven. El cometa de Encke, por ejemplo, se acerca visiblemente al Sol á medida que disminuye la duración de su período, y si esta aceleración continúa, llegará día en que el astro, después de haber descrito una espiral, se precipitará en el abrasador hornillo. Otros corpúsculos, que son en mayor número todavía, circulan constantemente en derredor del astro solar; son los que aparecen por enjambres en ciertas épocas del año y que, rasando la atmósfera de la Tierra con la velocidad de los planetas, se inflaman en ella y á veces caen en su superficie. Esos enjambres, cuyos rastros se han asimilado, cuando no identificado, recientemente con las masas cometarias, parecen describir, los unos curvas parabólicas que indican que vienen á visitar, quizás por vez primera, las regiones solares, y los otros elipses más ó menos alongadas. Sufriendo poco á poco estas masas, que individualmente son muy pequeñas, la resistencia del medio que acelera el movimiento del cometa de Encke, se acercan al Sol, y reuniéndose en gran número, aumentan con su aglomeración la resistencia y la densidad de este mismo medio, debiendo producir su acumulación alrededor del Sol una especie de nebulosa. Tal será sin duda la causa de ese resplandor conocido con el nombre de *luz zodiacal*, cuyo plano coincide poco más ó menos con el de la eclíptica ó del ecuador solar, y que se extiende á una distancia del astro casi igual á la distancia media de la Tierra.

Toda esta materia, ó mejor dicho, todas estas corrientes de materia meteórica circulan alrededor del foco reflejando su luz; mas al propio tiempo la velocidad de traslación se acelera poco á poco á causa de sus choques, y de la resistencia que unas y otras oponen á sus propios movimientos, comprendiéndose que de aquí resulte una lluvia incesante de meteoros en la superficie del globo solar.

En el caso de que verdaderamente exista semejante lluvia, basta para proporcionar continuo alimento á la radiación calorífica y luminosa del Sol. Por una parte, obtiene éste así un aumento de substancia, elementos de combustión agregados á los que posee ya. Por otra, y en esto estriba, según los autores citados, la verdadera, la principal causa del mantenimiento de la radiación del Sol, la caída de cada meteoro da origen, por la simple transformación de su velocidad adquirida, á un calor muchísimo más considerable que el dimanado de la combustión de su masa. Acerca de este punto cedamos la palabra á Tyndall:

“Es fácil calcular, dice, el máximo y el mínimo de la velocidad comunicada por la atracción del Sol á un asteroide que circula en torno suyo; engéndrase el máximo cuando se acerca en línea recta al astro solar, llegando de una distancia infinita, por cuanto entonces se ejerce sobre él la fuerza entera de la atracción sin pérdida alguna; el mínimo es la velocidad que sería simplemente capaz de hacer girar en torno del Sol á un cuerpo enteramente contiguo á su superficie. La velocidad final del primer cuerpo, en el momento en que va á dar contra el Sol, deberá ser de 627 kilómetros por segundo; la del segundo, de 444. Al caer el asteroide en el Sol con la primera velocidad, desarrollará más de 9,000 veces el calor engendrado por la combustión de una

masa igual de hulla (1). Así pues, no es en modo alguno necesario que las substancias que caen en el Sol sean combustibles, pues su combustibilidad no podría aumentar gran cosa el espantoso calor producido por su colisión ó choque mecánico.

„Tenemos, pues, aquí un modo de engendrar el calor suficiente para devolver al Sol su energía á medida que la pierde, y para mantener en su superficie una temperatura que excede á la de todas las combinaciones terrestres. Las cualidades propias de los rayos solares y su incomparable poder de penetración nos autorizan á deducir que la temperatura de su origen debe de ser enorme; pues bien, en la caída de los asteroides encontramos los medios de producir esta temperatura excesiva. Se puede objetar que esta lluvia de materia debería ir acompañada de algún aumento en el volumen del Sol; es muy cierto, mas aun cuando la cantidad de materia necesaria para producir la radiación observada se hubiera acumulado por espacio de cuatro mil años, nos sería de todo punto imposible examinarla con nuestros más poderosos instrumentos. Si la Tierra cayese en el Sol, el aumento del volumen que en él produciría sería imperceptible, á pesar de lo cual el calor engendrado por su choque compensaría el consumo hecho en un siglo por el Sol., (*Calor.*)

La caída de la Luna repondría las pérdidas de uno ó dos años, pero su volumen sólo es la 64.<sup>a</sup> millonésima parte del volumen del Sol (2).

Tal es la hipótesis de la *Teoría meteórica del calor solar*, hipótesis muy ingeniosa, y físicamente muy verosímil, por cuanto se basa en un principio que ha adquirido decididamente el derecho de figurar en la ciencia, es decir, en la transformación del movimiento mecánico en calor. Con todo, sir W. Thomson ha desechado esta teoría por incompatible con ciertos hechos científicos perfectamente comprobados. El aumento de la masa solar, ocasionado por una lluvia de meteoritos bastante abundante para explicarnos el mantenimiento de la radiación, habría influido en la duración de nuestro año, acortándola. Las antiguas observaciones astronómicas son incompatibles con esta hipótesis. Verdad es que esta incompatibilidad no existe si se admite que el origen de los meteoros no es extraplanetario y que vienen circulando de largo tiempo en la proximidad del Sol. La dificultad está en conciliar este nuevo modo de ver con las observaciones en virtud de las cuales sabemos que ciertos cometas se acercan al Sol á distancias de la superficie menores que su radio, sin experimentar en este paso perturbaciones perceptibles, lo cual prueba la imposibilidad de que exista un medio resistente

(1) He aquí, según W. Thomson, cuáles serían las cantidades de calor desarrolladas por cada uno de los ocho principales planetas, en el caso de que cayeran en línea recta en el Sol: estas cantidades están expresadas por los espacios de tiempo durante los cuales podrían mantener la radiación solar:

	Años	Días		Años
Mercurio. . . . .	6	214	Júpiter. . . . .	32240
Venus. . . . .	83	227	Saturno. . . . .	9650
La Tierra. . . . .	94	303	Urano. . . . .	1610
Marte. . . . .	12	252	Neptuno. . . . .	1890

Así pues, si cayeran en el Sol todos los planetas reunidos, mantendrían su calor por espacio de 45,588 años.

(2) Aparte de esto, si el Sol aumenta de volumen y de masa al recibir incesantemente meteoros, como por otra parte su continua radiación baja también incesantemente su temperatura, debe determinar desde luego una contracción en su volumen, de suerte que la compensación que se opera desde el punto de vista de su energía y luminosa calorífica, puede existir también por lo que respecta al volumen. Su masa y su densidad aumentarían de un modo continuo.

alrededor del Sol. Ciertamente es que podría contestarse que este medio no es indispensable para la teoría, puesto que la misma causa que acelera el movimiento del cometa de Encke—aceleración que es un hecho de observación perfectamente demostrado, como la del cometa de Faye—puede precipitar á la larga en el Sol las corrientes meteóricas.

Sea de ello lo que quiera, si á pesar de estas objeciones se admitiese como verdadera la hipótesis del mantenimiento del calor solar por la caída de los meteoros, podría deducirse de ella una consecuencia digna de examen en nuestro concepto, y que nos la ha sugerido la teoría que M. Schiaparelli ha propuesto para el origen de las corrientes periódicas de meteoros. Según dicho astrónomo, este origen es exterior al sistema solar, como el de cierto número de cometas: son masas nebulosas que la fuerza de atracción del Sol arrastra á su esfera de actividad, á la cual van, desde las profundidades de los espacios interestelares, á describir una hipérbola alrededor del foco de nuestro mundo, y que después de desfilarse en largos rastros por espacio de muchos años consecutivos, vuelven á las distancias de que procedían: las unas se escapan tal vez así, después de una revolución, de la gravitación del Sol; las otras, desviadas de su primera órbita por su encuentro con los planetas, transforman su ruta hiperbólica en elíptica y enriquecen definitivamente el sistema solar. Si así fuese, si se tiene además en cuenta que el mismo Sol viaja por una órbita inmensa de foco desconocido, fácil es representarse esa inmensa masa incandescente assolando el espacio en provecho de su potencia, semejante á las ballenas que recorren y despueblan el Océano. En su consecuencia, ya no se ve reducido, para mantener su actividad radiante, á la insignificante cantidad de meteoros que existen en un momento dado en su contigüidad, comprendiéndose que á medida que devora legiones de aquéllos, fórmanse otras provisiones para el porvenir, y así sucesivamente por un espacio de tiempo indefinido.

Para terminar lo que teníamos que decir acerca del mantenimiento de la radiación solar, réstanos ahora exponer la teoría que lo atribuye á la transformación en calor de la fuerza de gravitación que ha condensado en un solo núcleo las moléculas de la nebulosa primitiva. Estas moléculas, relativamente muy distantes entre sí, pero dotadas de la fuerza de gravitación propia de toda materia, formaban de hecho en un principio una masa caótica ó confusa. Bajo la influencia de la gravitación, se han condensado poco á poco hasta constituir un núcleo que ha llegado á ser el centro preponderante de atracción de toda la masa. „Al precipitarse así las moléculas de la nebulosidad unas sobre otras, dice Balfour Stewart, se ha producido calor, precisamente como, si se lanza con fuerza una piedra desde lo alto de un precipicio, el calor es también la última forma en que se convierte la energía potencial de la piedra.,

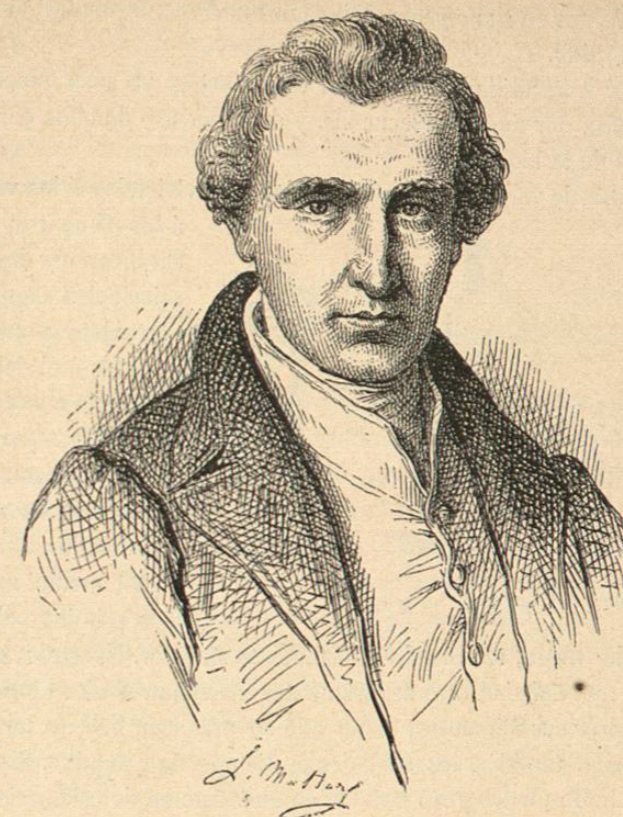
Como se ve, esta teoría no difiere esencialmente de la primera, siendo asimismo la transformación de cierto trabajo en calor la que sirve para explicar la radiación solar. Esta precipitación continua de las moléculas basta para dar cuenta de la constancia de la radiación ó de su mantenimiento aparente durante un espacio de tiempo que nos parece indefinido, pero cuya duración se puede calcular. Si la hipótesis que exponemos es exacta, la masa del Sol se condensa y su volumen disminuye, siendo tal el calor originado por esta condensación, que si el diámetro del astro disminuyera la milésima parte de su valor, bastaría para mantener 23,000 años la constancia de la energía de la radiación actual.

Helmholtz, el autor de este último cálculo y de la teoría que acabamos de exponer, ha calculado „que no poseemos más que la 454.<sup>a</sup> parte de la fuerza original en forma mecánica y que la restante se ha convertido en calor, el cual sería capaz de elevar

hasta 28 millones de grados la temperatura de una masa de agua igual á la masa total del Sol y de los planetas., Si toda esta masa se convirtiera en hulla y se consumiera, tan sólo despediría la 3500.<sup>a</sup> parte del calor de 28 millones de grados.

Conocida la velocidad del movimiento de un proyectil así como su masa, se puede calcular la cantidad de calor que resultaría de la destrucción de este movimiento. Helmholtz ha hecho este cálculo por lo que respecta á la Tierra, considerada como un inmenso proyectil lanzado alrededor del Sol con la velocidad media de 30 kilómetros por segundo, y reducido al reposo por un choque repentino. "Si nuestro globo se detuviera de pronto, por efecto de un choque, en su carrera alrededor del Sol, saldría de él tanto calor como podría despedir una masa de carbón igual á catorce veces la masa de la Tierra. Suponiendo á ésta dotada de la capacidad calorífica menos favorable, es decir, la más fuerte, la del agua, su masa adquiriría de resultas del choque una temperatura de 1100 grados; por consiguiente quedaría fundida del todo, y aun gran parte de ella vaporizada. Al paralizarse la Tierra caería forzosamente en el Sol, y este nuevo choque daría origen á una cantidad de calor 400 veces mayor.,

El calor engendrado por la extinción del movimiento de rotación de nuestro planeta sería también considerable. Thomson ha calculado que bastaría para mantener la radiación solar durante 81 días: así pues, la detención brusca del movimiento de rotación tendría por consecuencia una elevación de temperatura tal, que la masa entera de la Tierra quedaría reducida á vapor.



JAIME WATT

## SEGUNDA PARTE

## APLICACIONES DE LOS FENÓMENOS Y DE LAS LEYES DEL CALOR

## CAPÍTULO PRIMERO

## LA CALEFACCIÓN

## I

## ANTIGUOS PROCEDIMIENTOS DE CALEFACCIÓN

De cuantas causas pueden perjudicar la salud del hombre y privarle en cierto modo del libre ejercicio de sus facultades físicas ó intelectuales, las bruscas variaciones de temperatura, los extremos de frío y de calor son las que más le afectan y de las cuales más le importa preservarse. Las regiones de la Tierra en que reina una primavera perpetua, según la frase corriente, son muy raras, y sobre todo, poco pobladas. Aun en las zonas templadas hay una diferencia notable entre los calores del verano y los fríos del invierno. Además, á medida que la civilización invade mayores espacios del nuevo y del antiguo continente, multiplicanse los viajes, la colonización puebla nuevas co-