

¿VA A LA MUERTE EL UNIVERSO?

p o r

JAIME MARÍA DEL BARRIO, S. I.

De este Universo tan grandioso y aun colosal, cuanto a la materia, a la energía y a las dimensiones, y no menos cuanto a la actividad, hemos procurado indagar su origen y evolución en lo pasado; pero ¿cuál es su porvenir? ¿En qué dirección evolucionará?

A esta cuestión responde buen número de filósofos, físicos y astrónomos que el porvenir del Universo es la muerte y que hacia ella evoluciona irreversiblemente; es decir, que en un tiempo más o menos largo, pero finito, llegará a un estado de rigidez e inmovilidad, en que cesará todo fenómeno mecánico, físico, químico, meteorológico y principalmente vital.

A la misma cuestión, otros físicos, filósofos y astrónomos eminentes responden de otro modo, como se expondrá ampliamente en los siguientes capítulos.

Fuera del interés puramente científico que la cuestión ofrece, en torno a ella gira el valor de un nuevo argumento físico para probar la existencia de Dios.

Si el mundo, en un tiempo finito, debe llegar a la muerte, como es claro que aun tiene mucha vida, quiere decirse que no es eterno, que comenzó a ser en un tiempo finito, que ha sido creado, que hay un creador. De aquí el apasionamiento de los incrédulos y de ciertos creyentes en torno a la muerte del Universo. Nosotros, aunque creyentes como el que más, creemos también que la verdad no necesita de argumentos inconsistentes, y como jueces imparciales vamos a examinar los argumentos de unos y otros.

La cuestión se puede tratar por dos métodos distintos: utilizando el concepto de entropía, como hizo Clasius y suelen hacer los tratados de Termodinámica, o apoyándose en el principio de la *degradación de la energía*, que, bien entendido, lleva a las mismas consecuencias. Utilizaremos los dos métodos, comenzando por el de la degradación de la energía, menos matemático y más usado por los filósofos.

Según el principio de la degradación de la energía, en todo fenómeno una parte de las otras energías, química, eléctrica, cinética..., cuando no toda, se transforma en calor, que, a su vez, nunca se transforma íntegro en las otras energías, por lo cual, al cabo de cierto tiempo las otras energías se convierten en calor. Ese calor tiende al equilibrio de la temperatura entre todos los cuerpos del sistema, y una vez alcanzado cesa todo movimiento, es decir, todo fenómeno físico y químico.

En el argumento alegado por los partidarios de la muerte del Universo podemos distinguir varias partes:

1.^a En todo fenómeno, una parte mayor o menor de las otras energías, cuando no toda, se transforma en calor.

2.^a El calor jamás se transforma íntegro en las otras energías.

3.^a Todas las otras energías acaban por transformarse íntegramente en calor en un tiempo finito.

4.^a El calor se difunde por todos los cuerpos del sistema, que llegan al equilibrio térmico en un tiempo finito.

5.^a Llegado el equilibrio térmico, cesa todo fenómeno físico y químico; y

6.^a Este principio es aplicable punto por punto al Universo.

Tal vez en el Universo muchas energías pueden subsistir por tiempo indefinido sin transformarse en otras, y menos en calor, por los obstáculos que lo impiden. Por de pronto, en la Tierra, los yacimientos carboníferos y petrolíferos, hasta que nosotros los perturbamos, llevaban centenares de millones de años conservando su energía química.

La enorme energía cinética que supone el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol no se transforma, por las trazas, en calor, sino que persevera intacta por centenares de millones de años.

Si puede o no durar indefinidamente este estado no lo sabemos. Pero sí sabemos que hay energías que se pueden transformar íntegramente unas en otras sin producción de calor.

En el fenómeno fotoeléctrico y de Campton, toda la energía del fotón se convierte en energía cinética del electrón. Lo contrario ocurre en el fenómeno de Siern y Gerlach, en que la energía cinética del electrón se transforma en energía radiante. La aniquilación y creación de positrón y electrón nos ofrece casos en que una energía superior se transforma íntegramente en otra de la misma clase.

Que en nuestras máquinas no ocurre tal cosa es cierto, por los razonamientos inevitables.

Pero aun hay más, y es que el calor puede transformarse íntegramente en otras energías.

Que el calor se transforma en otras energías no necesita demostración: todas las máquinas de vapor y explosión lo pregonan a gritos, estampidos y cañonazos. Otra cosa es si el calor se puede transformar íntegramente en otras energías, y decimos que sí.

Si calentamos un trozo de hielo a 0° C., el calor no se consume en hacer subir un grado la temperatura, sino en el trabajo mecánico de romper la trabazón mecánica de unas moléculas con otras.

Pues sea el agua a 100° y presión atmosférica la que calentamos; el calor se transforma en trabajo mecánico de presión.

Cosa parecida ocurre para cualquier temperatura en un vaso cerrado con agua, bien aislado. Para cierta presión y temperatura se establece el equilibrio entre el líquido y el vapor, y el calor desprendido en la condensación se gasta en evaporar una cantidad igual de agua, y una vez alcanzado el equilibrio no haría falta calefacción exterior: la relación entre la cantidad de calor y la energía mecánica sería constante, como lo es la cantidad de agua, si no hay fugas de vapor.

Cosa semejante sucede en los equilibrios químicos, por ejemplo, en la calcinación, $\text{CO}_3\text{Ca} = \text{CO}_2 + \text{OCa}$. Al llegar a cierta temperatura, el calor se transforma en energía química, y cuando esa temperatura es mayor, más cantidad de calor se transforma en energía química en cada unidad de tiempo, hasta llegar al equilibrio, en que la cantidad de calcita descompuesta y regenerada en cada unidad de tiempo son iguales, e iguales la cantidad de calor transformada en energía química y la química en calor.

Bien conocido es el fenómeno browniano, en que el calor de las moléculas se transforman en trabajo mecánico de las micelas, y viceversa, sin que se altere lo más mínimo la temperatura.

Pero aunque las energías superiores se transformen siempre parcialmente en calor, no se sigue que hayan de desaparecer totalmente, ni mucho menos.

El principio de la degradación de la energía rectamente interpretado sólo afirma que "en toda *transformación* de un sistema *macroscópico*, *aislado* y *finito*, hay degradación de la energía", bien porque una energía superior, química, por ejemplo, se transforma total o parcialmente en calor, bien porque una cantidad de calor baje de una temperatura más alta a otra más baja, y en el caso de equilibrio nunca disminuye la energía calorífica y aumentan las otras; química, pongo por ejemplo.

Clausius lo anunció del modo siguiente: "El calor, por sí mismo, no es capaz de pasar de un cuerpo frío a otro caliente; es decir, el paso del calor de un cuerpo frío a otro caliente no puede ser único fenómeno: ha de acompañarle otro que lo compense, el cual puede tener lugar por sí mismo." Supongamos dos depósitos, uno de aire líquido a -180° y otro de agua a 14° . ¿Puede pasar calor del primero al segundo? Espontáneamente, no. Pero dejemos que el calor del aire a 10° pase al primer depósito a -180° , fenómeno que espontáneamente se efectúa, y el líquido se evaporará, aumentando centenares y millares de veces de volumen, y podrá accionar una turbina que mueva un alternador y lance una corriente a una resistencia sumergida en el agua a 14° .

Así enunciaba el segundo principio Clausius, su descubridor.

Lord Kelvin, que también lo estudió mucho, lo formulaba de otro modo: la utilización de la energía calorífica propia del medio no puede efectuar el movimiento de ninguna máquina, o el movimiento continuo de segunda clase es imposible. También es imposible el funcionamiento de ninguna máquina con un solo foco calorífico o unifocal.

Antes que Clausius y Kelvin lo había enunciado, aunque sin que los contemporáneos se fijasen en ello ni él mismo viera todo su alcance, Sadi Carnot. El rendimiento de una máquina térmica que trabaje reversiblemente sólo depende de la temperatura del foco calorífico y de la del condensador, y no de la sustancia usada: agua, gas... De este modo, todas las máquinas reversibles entre límites iguales de temperatura tienen el mismo rendimiento.

El mismo principio lo expresó Clausius mediante el concepto de *entropía*:

"En todo sistema aislado, incapaz de todo intercambio con el medio exterior, la entropía tiende a un valor máximo. En todo sistema *aislado, macroscópico y finito*, donde no haya otro fenómeno que los espontáneos, en todos los que se verifiquen, la entropía nunca disminuye, sino que aumenta, o, en caso de equilibrio, se mantiene constante."

Supongamos un calorímetro perfectamente aislado, y en él dos depósitos, uno con agua a 10° y otro con mercurio a 80° ; si nadie interviene, el único fenómeno que se verifica es que el mercurio pierde calor hasta que su temperatura se iguala con la del agua. Ahora bien: en ese fenómeno la entropía ha aumentado.

En efecto, la entropía es una cantidad matemática, cuyas variaciones son directamente proporcionales a las variaciones de calor partidas por la temperatura absoluta constante, y aumenta o es positiva

cuando la variación del calor del cuerpo es positiva, o aumenta y es negativa cuando disminuye.

La energía dentro de un sistema macroscópico, aislado y finito —salvo en caso de equilibrio— tiende a convertirse en energía calorífica uniformemente repartida, y, por consiguiente, inaprovechable.

Mas demos por supuesto que el principio de la entropía o de la degradación de la energía en el recto sentido se cumple en nuestras fábricas y laboratorios; de ahí no se sigue, sin más, que sea aplicable al Universo.

Son muy diferentes las circunstancias; las temperaturas de millones de grados y las presiones de millones de atmósferas en el centro de las estrellas. En cambio, la presión es tenuísima en las nebulosas y materia interestelar, donde los átomos adquirieren estados aquí imposibles, como la ionización múltiple del hierro, níquel, oxígeno, nitrógeno. Y en las enanas blancas se nos presentan los cuerpos con densidades millares y aun millones de veces la del agua.

Pues, sin más, no se puede aplicar a esas circunstancias lo que ocurre en otras muy diversas.

Por la *relatividad* y la experiencia sabemos que a velocidades muy elevadas la masa de inercia de los cuerpos se modifica prodigiosamente, y por la experiencia y mecánica ondulatoria nos consta que, cuando la masa es muy pequeña, no sigue las leyes de la mecánica ordinaria.

En las cercanías del 0° absoluto desaparece la resistencia eléctrica de muchos metales y el He II presenta una serie de propiedades muy extrañas.

El principio de la degradación o entropía es aplicable al Universo porque según la interpretación de Boltzmann, por todos aceptada, se reduce a que el desorden se efectúa por sí mismo; en cambio, el orden requiere una causa ordenatriz; o en otros términos, un sistema por sí mismo evoluciona hacia los estados más probables. Las radiaciones y gases de una vela no vuelven nunca a reunirse espontáneamente en la vela.

En la Tierra, el viento y el Sol levantan del mar y lanzan en todas direcciones, gasificadas, enormes masas de agua; el desorden no puede ser mayor; pero la gravedad las junta en gotas, las gotas caen y se reúnen por la gravedad en los ríos, y al cabo de un cierto tiempo están de nuevo juntitas las moléculas en el mar.

Cosa semejante ocurre en el frasco agitado de los tres elementos no miscibles: mercurio, agua y aceite.

Es que en estos casos hay una causa ordenadora suficiente, que no la hay en el caso de la vela.

Así es; pero, ¿con qué derecho se niega que en el Universo, tratándose de una estrella, por caso, no hay causas ordenadoras, que no intervienen eficazmente en nuestras fábricas y laboratorios, y que lo más *probable* allí no es precisamente lo mismo que en nuestro planeta, sino lo contrario?

En los fenómenos cósmicos intervienen fuerzas nuevas, insensibles en los fenómenos menudos; así la gravitación, la presión de radiación, la absorción de la misma, fuerzas colosales, antagónicas en el cosmos y que muy bien pudieran cambiar la marcha que los fenómenos llevan, cuando ellas no intervienen.

La presión de la radiación, demostrada experimentalmente, para cierta frecuencia e intensidad, puede contrarrestar y aun vencer la gravitación, y a esto se atribuye el que en la masa de las estrellas haya un tope. La masa estelar media es la de nuestro Sol, y no se conocen masas miles ni menos millones de veces mayores que la del Sol, como se conocen volúmenes. A la presión de radiación se atribuye que en las nebulosas y cúmulos globulares, a pesar de la mutua atracción, las estrellas no formen una masa compacta; y tal vez a la misma causa se debe la formidable explosión, y aun rotura, de algunas estrellas, en que consiste la formación de una *nova*.

Esa presión de radiación, que en nuestras máquinas y fenómenos terrestres no influye para nada, juega un papel importantísimo en los fenómenos cósmicos, y por lo que a la cuestión actual se refiere, basta para impedir que toda la energía de la gravitación se transforma en calor; pues, al llegar la masa a cierta cantidad y concentración, la temperatura es tal, que la presión de radiación la lanza en pedazos al espacio y la convierte de nuevo en energía gravitatoria.

El número de sistemas, dice el padre Jemelka, en que la energía se degrada, es infinito; aunque en cada uno sea finita la cantidad que se degrada o transforma en calor, la suma es infinita, por serlo el número de sumandos, y eso en cada unidad de tiempo, en un tiempo finito.

Puede replicarse que, como no se ha transformado en cada sistema toda la energía en calor, la que queda por transformarse es todavía infinita, por serlo el número de sistemas.

Pero es que en un tiempo infinito, responde el Padre, cada sistema habrá agotado su energía, o la habrá transformado toda en calor, y, por tanto, la de todo el sistema, aunque fuese infinita en un principio.

¿Y si los dos infinitos son de diversa magnitud? ¿Y si la *densidad* de la energía en algunas de las formas es infinita?

Por fin, todo el razonamiento del padre Jemelka supone que el calor no se transforma en las otras energías, y menos íntegramente, y que las otras energías, al transformarse, se disipan, parcialmente cuando menos, en calor; supuestos, los tres, reñidos con la experiencia.

Además, de la aplicación del principio de la entropía o degradación de la energía al Universo no se sigue que éste ha de llegar a la uniformidad de la temperatura.

En primer lugar, ¿con qué velocidad se transforman las otras energías en calor? Porque sobre el particular no dice ni palabra el principio de la degradación de la energía.

En el Sol y las estrellas, la energía química se transforma en calor; mas, ¿qué le sigue? Lo ignoramos. Lo único que sabemos es que tal transformación es lentísima; pues por la subida temperatura, como queda dicho, los elementos en casi su totalidad están en estado atómico.

Aun en mayor grado ocurre lo mismo con la energía subatómica. Si, como parece claro, los otros átomos se forman por síntesis de protones y neutrones, de átomos de H, después de miles de millones de años la cantera cuenta aún con reservas inmensas, dada la cantidad de H que aparece en las estrellas y nebulosas.

Además, los elementos ordinarios radioactivos al desintegrarse desprenden grandísimas cantidades de energía, pero necesitan un cebo; así el Li, el de los protones, y el U, el de los neutrones, y por el estilo los demás; cebo que no ha actuado en gran escala al menos en millones y millones de años, dada su abundancia en la Naturaleza.

Si la energía de rotación de la Tierra se transforma en calor por efecto de las mareas, la transformación es inapreciable en millones de años. El alargamiento del movimiento de rotación de la Tierra por efecto de las mareas se calcula en 1/100 de segundo en cada siglo.

Si la energía de volumen se transforma en calor, la transformación es lentísima, dado que la densidad de muchas estrellas, después de muchos millones de años, es tenuísima, bien poca cosa la del Sol, y todavía muchísimo menor la de las nebulosas y materia interestelar.

Mas, desde hace muchos millones de años, no hay indicio de que la temperatura media de la Tierra haya bajado sensiblemente. Y esto a la vez nos prueba que el Sol se mantiene sensiblemente a temperatura constante desde hace muchos millones de años. Lo mismo hay motivo para suponer que ocurre con la de las estrellas, como queda indicado.

Por conductibilidad calorífica, la igualación de temperatura se hace lentísimamente. Helmholtz ha calculado que se necesitarían 36.000 años para reducir a la mitad la diferencia de temperatura entre las capas superiores y las capas inferiores de la atmósfera por sólo conductividad.

Dadas las masas que forman el Universo, especialmente planetas y estrellas, y las enormes distancias que los separan, con el extremo vacío entre medio, y la lentitud en la dispersión del calor por conductividad, es imposible un equilibrio térmico absoluto entre las diversas masas del Universo.

Pero demos por descontado que el principio de la degradación de la energía impere también en el Universo, y aún que se llegue al equilibrio térmico. Pues digo que de ahí no se sigue la muerte del Universo o la cesación de todo fenómeno, dado que el equilibrio térmico de una masa no es absoluto, sino estadístico, es decir, que en los equilibrios térmicos lo igual no es la temperatura de cada partícula, sino la media de las masas macroscópicas. En una caldera de agua y vapor bien aislada, vapor y líquido están en equilibrio térmico, pero no absoluto, sino estadístico. No todas las moléculas del líquido tienen la misma velocidad, ni tampoco las del vapor; pero la temperatura media de unas y de otras es constante y la misma. La temperatura de las moléculas individuales oscila entre límites muy amplios, según sabemos por la fórmula de Maxwell.

Dentro de un sistema en equilibrio térmico, en vez de la rigidez e inmovilidad cadavéricas, lo que se observa es una febril actividad, comenzando por la radiación.

El equilibrio calorífico es uno de tantos equilibrios dinámicos como conocemos, en que no cesan los fenómenos, sino que se efectúan a la vez dos en sentido contrario con igual velocidad: condensación y evaporación, composición y descomposición química, ionización y recombinación, etc.

Pero no sólo radiación, sino muchos otros fenómenos físicos y químicos pueden coexistir con el equilibrio térmico: fusión y solidificación, evaporación y condensación, disociación y composición, ionización y recombinación...

Pues transportemos la cuestión a los astros. Aun todos ellos en equilibrio térmico, caben entre ellos diferencias de temperatura, y, por tanto, dentro de cada uno, como las que observamos en la Tierra, y son origen de los fenómenos geofísicos y en especial de los meteorológicos.

Unicamente si la temperatura de equilibrio fuese el 0° absoluto, se podría hablar de un equilibrio estático e inmovilidad con algún fundamento aparente por lo menos; pero aun actualmente estamos muy lejos de la uniformidad de la temperatura en el Universo, las masas frías son una excepción. Lo corriente en las atmósferas de las estrellas son los miles de grados, y en el interior, los millones. Aun los astros oscuros, como los planetas, y mucho más las estrellas, están muy lejos del 0° absoluto, y la temperatura media del Universo, en caso de equilibrio, pudiera muy bien ser de miles de grados, sobre todo cuando muchas de las inmensas energías disponibles se hubiesen transformado en calor.

Pero aun a temperaturas bajísimas, el F y el H líquidos y aun sólidos reaccionan al solo contacto con explosión, y se efectúa la desintegración, así como la inducción electromagnética y la circulación de las corrientes inducidas en los superconductores.

El He II en los confines del 0 absoluto trepa por las paredes del vaso, del que rebosa, el líquido se evapora...

La desintegración radioactiva, la síntesis de los elementos, aniquilación del positrón y electrón, y su creación, son completamente independientes de la temperatura.

Mas, prescindiendo de la degradación de la energía, y la entropía, hay otros motivos para afirmar la muerte del Universo.

La materia parece tener una tendencia innata a dispersarse. Si dejas un vaso lleno de agua destapado puedes estar seguro que el agua en bloque no se escapa, pero, al cabo de pocos días, no queda una molécula, que una a una se han escapado; lo mismo ocurre, no sólo con los otros líquidos, sino con el yodo sólido. Es más, el oro es muy volátil y contamina el mercurio de los laboratorios con sólo el que se evapora de los relojes y anillos de los observadores.

Pero lo más grave es el fenómeno de la radioactividad, en que los elementos se quiebran espontáneamente en dos o más partes, y hay razones serias para afirmar que todos los elementos son radioactivos.

Ni es para omitir que, si hay desintegración espontánea, hay también integración espontánea, además de la artificial que nos ha proporcionado el neptunio, plutonio, americio, curio, berelio, californio, atenio, y centurio. En el Sol y muchas estrellas se forma por síntesis He, y probablemente en las estrellas gigantes, y aun en el mismo Sol, en la etapa primitiva se forman por síntesis deuterio, litio, berilio, boro, carbono...

Hoy es corriente entre los científicos que todos los elementos se han formado por síntesis a partir de los neutrones radioactivos.

La expansión del Universo trae como inevitable consecuencia la desintegración de las galaxias.

Por de pronto, la expansión del Universo no está demostrada ni mucho menos, y uno de los más ardientes partidarios de antaño hoy la pone en duda.

Además suponen un espacio infinito donde se disipan materia y energía; y si el espacio es infinito, ¿por qué no lo ha de ser también la masa y la energía?

Por otra parte, aunque las nebulosas se alejen unas de otras, no se ve por qué dentro de cada nebulosa unas partes se han de alejar de las otras y disiparse, sino que se traslada en bloque.

Pero la materia se transforma en energía y desaparecerá toda. No hay tal transformación de materia en energía, sino que la energía tiene masa, y considerando el fenómeno sólo superfluamente da la impresión de que la masa se ha convertido en energía, pero no hay semejante conversión. Y los que tal admiten, admiten también la conversión inversa de energía en masa, aunque sólo una centésima parte de la masa se convierte en energía en los casos más sorprendentes, como en la fisión del U^{235} y del plutonio.

No se conoce un solo caso en que un átomo ni siquiera un protón o un neutrón desaparezcan enteramente transformados en radiación. Ciertamente en radiación de alta frecuencia se transforman al encontrarse positrón y electrón en ciertas circunstancias; pero también lo es que esa radiación en otras condiciones se convierte en un positrón y un electrón.

De todo lo expuesto resulta que la muerte del Universo en un tiempo ni finito ni infinito no se prueba ni mucho menos; antes se demuestra su imposibilidad por varios capítulos. Por tanto, falla el argumento que en esa muerte se pretende fundar para probar la existencia de Dios.

Amicus Plato, sed magis amica veritas.

En todo caso parece mucho más digno de Dios un Universo que de continuo se renueva y brilla eternamente esplendoroso, que un Universo muerto, informe montón de escombros. (Entresacdo. d. *Afinidad*, 37, 1953.)