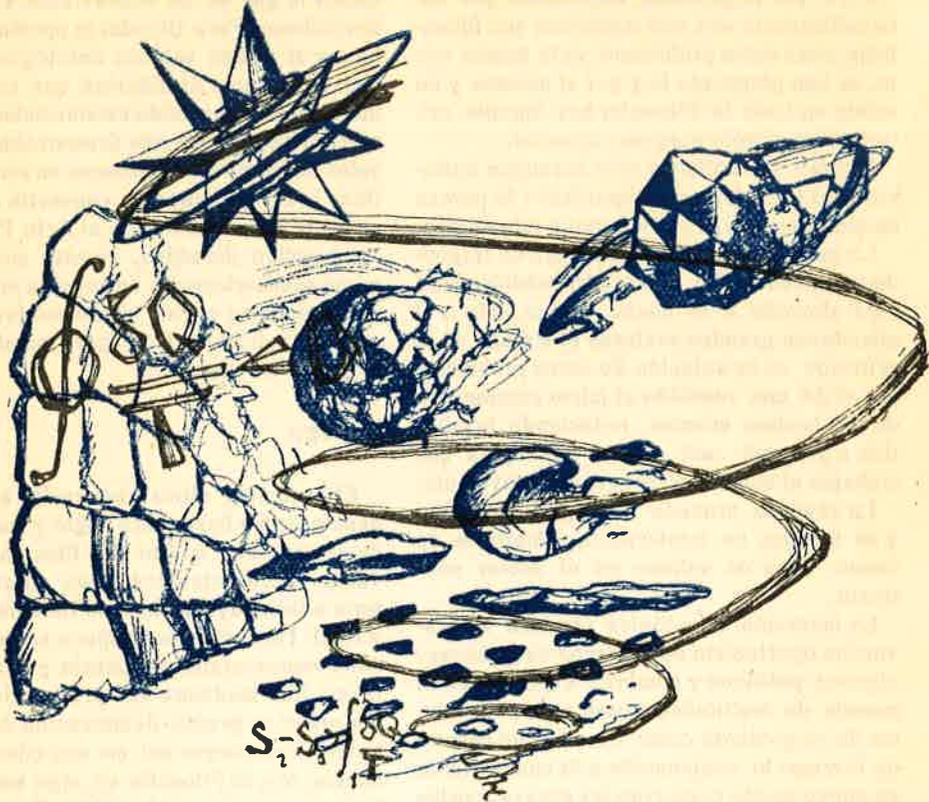


# DEL UNIVERSO

## MUERTE TÉRMICA



Antonio Medina S. I.

**E**l problema de la eternidad del mundo ha sido contemplado ya en esta revista (octubre 1955). Analizando los datos empíricos que parecen postular la existencia de un *cero natural de tiempo*, pudo entonces vislumbrarse el punto de partida del universo actual.

Ahora fijamos la vista en la meta. La incógnita llena de polvo y de años que investigadores de vanguardia tratan hoy de despejar. ¿Se puede hablar científicamente de un universo con energía apta para una vida perdurable?

La respuesta a esta interrogante decide el destino del mundo. Aunque también es rica en proyecciones de luz hacia el pasado.

Así, una respuesta negativa nos manifestaría un ente cósmico con principio y fin. Hubo un  $T_0$  en que empezó a existir y llegará un  $T_x$  en que todo volverá a un equilibrio letal.

Pero, antes de atacar el nervio del problema, y en gracia de una mejor claridad desde el principio, adelantemos un esquema de nociones.

### Concepto de entropía

La definición termodinámica de entropía es abstractamente matemática: una función cuya diferencial, multiplicada por la temperatura absoluta, nos da la diferencial de la energía calorífica del cuerpo o sistema. Designando por  $S$  la entropía,  $dS = dQ/T$ .

Pero, por razones obvias, debemos dar mayor asequibilidad al concepto de entropía y prescindir de una definición rigurosa.

La Física enseña que tal concepto está fuertemente ligado con el de energía útil o inútil. Esta ligazón se anuncia aun en el significado etimológico de entropía (del grie-

go εν y τροπή): el estado de la energía replegada en sí misma, no utilizable exteriormente.

Al estado de la energía no utilizable se le conoce como degradación de la energía.

Ejemplo de energía degradada o inútil es el calor desprendido de una fuente térmica, desde que se ha difundido por igual a todo el ambiente. Porque el calor, sin desniveles de temperatura, es una modalidad energética incapaz de reportar utilidad alguna.

En síntesis:

Hay enlace íntimo entre los conceptos de entropía y energía inútil.

Pero energía inútil = energía degradada.

Luego existe un enlace íntimo entre los conceptos de entropía y degradación de energía. Podemos echar mano de uno u otro indistintamente.

Según esto, diremos que la entropía de un sistema logra el valor más alto cuando la degradación de su energía es máxima; o, lo que es lo mismo, cuando su energía íntegra se ha hecho inútil. Será mínima la entropía en el caso opuesto, en que la energía es todavía utilizable plenamente.

### La flecha del tiempo

La experiencia ha entregado al hombre dos resultados: los fenómenos naturales tienden a producir calor. Segundo, el calor pasa espontáneamente de los cuerpos calientes a los más fríos, equilibrando sus temperaturas.

Dos resultados a los que, sin más, se da valor universal.

Conclusión: la Naturaleza adelanta a pasos invencibles hacia una situación de equilibrio termodinámico, sinónimo de entropía máxima. Efectivamente, los datos de la experiencia nos enseñan que las energías que intervienen en los fenómenos naturales tienden a convertirse en calor a temperatura uniforme. Y sabemos que el calor en tal estado es una forma de energía inoperante, totalmente degradada.

Por eso cabe afirmar que la Naturaleza avanza hacia la máxima degradación energética.

Roberto Clausius, en 1863, descubrió esta dialéctica lineal de las cosas. Publicó su ha-

llazgo en el siguiente reportaje matemático: «la entropía del universo tiende a un máximo». Sobre el reportaje figuraba un rótulo: «ley del crecimiento de la entropía».

Esta ley, en su implacable sencillez, clava la flecha del tiempo —la imagen es de Arturo Eddington— distinguiendo el pasado cósmico del futuro.

Minuto a minuto, la ley escribe arrugas en la frente del universo. Sólo ella sabe hacerlo (1). Ella sabe que el universo es hoy más joven que mañana porque mañana su temperatura total es un poco más gris y sin relieves. Que lo que postrará al universo no es una montaña de siglos, sino el aumento numérico de una función característica: la entropía.

Es que en la vereda del tiempo hay una flecha para indicarnos dónde quedan mañana y pasado mañana y el día postrero. Y la flecha no marca sino esto: «a la entropía máxima».

### Los arcos del mundo crujen

El segundo principio de la Termodinámica (así se denomina también la ley de la entropía) es de agrio sabor matemático, pero imprime claridad en la dinámica del mundo: hacia la nivelación de temperaturas.

Se intuye fácilmente la meta de la trayectoria cósmica sabiendo que toda actividad energética se alimenta de desequilibrio térmico. El universo en equilibrio no será ya aquel organismo gigante por cuyas células —las galaxias (2)— descargaban corrientes vitales de alta tensión.

Los astros seguirán rodando sobre el tiempo, pero sin transformaciones de energía —en escala perceptible—, sin comunicación de calor, sin vida. Miembros del gran autómata extraviado en su eternidad, que busca a tientas la flecha del tiempo.

La flecha ha caído. No queda sino el reposo de la tumba, porque es el fin del mundo.

(1) Cfn. EDDINGTON, *La nature du monde physique*, tr. Cros, 1929, p. 94.

(2) Conjuntos de estrellas denominados así por su analogía con nuestro sistema estelar, la Galaxia o Vía Láctea (a la que pertenecen todas las estrellas perceptibles a simple vista). Se llaman también nebulosas espirales porque en su mayor parte presentan forma de espiral.

## SIR JAMES JEANS

*«La concepción científica más ortodoxa es que la entropía del universo no dejará de crecer hasta un máximo final. Como quiera que crece rápidamente, es preciso que haya tenido un principio: ha tenido lugar necesariamente lo que podemos llamar una creación, en una época no infinitamente lejana».*

(The Mysterious Universe, 1980, cap. V)

## SIR E. WHITTAKER

*«El continuo aumento de la entropía debe haber tenido un comienzo, una creación, cuando la entropía ha sido menor que en cualquier momento posterior. Nunca fue posible oponerse seriamente el dogma de la creación [en el tiempo], a no ser sosteniendo que el mundo ha existido desde la eternidad en un estado más o menos igual al presente. Hoy, sin embargo, nadie puede sostener tal cosa frente a los hechos».*

(The Beginning and End of the World, conferencias Riddell, 1942)

## PIO XII

*El mundo «aclama con voz poderosa e irresistible al Creador, distinto del mundo e inmutable por su naturaleza. Por eso, ninguna maravilla nos ha producido el leer que, recientemente, un eminente hombre de ciencia no católico, Max Planck había declarado poco antes de morir que el mundo físico le conducía a reconocer la existencia de un Dios personal».*

Alocución a los jóvenes de A. C. de Italia, 12-IX-48, A. A. S., 40 (1948) 409.

## Más allá del tiempo

El equilibrio termodinámico llegará en un intervalo de tiempo limitado. Es decir, que si el mundo fuera eterno, ya lo hubiera alcanzado. Nosotros no estaríamos aquí, porque mucho antes que nosotros habría pasado sobre el mundo el aleteo de la muerte.

Luego no es eterno. Retrocediendo en el tiempo llegaremos a un momento,  $T_0$ , en que la entropía era mínima (la entropía ha crecido con el tiempo). En ese instante el reloj de la Naturaleza recibió su primer impulso y un torrente de actividad se volcó en la Creación.

Estamos en el umbral de lo trascendente. En el origen de la temporalidad.

Es hora de la razón, desplegando su poder y pasando la barrera del tiempo, que empezó a ser, nos ponga en presencia de *El que es*. Porque reflexiones de evidencia metafísica muestran que el inicio del tiempo —o del universo en el tiempo, que científicamente es lo mismo— exige la intervención de un Creador, el Ser necesario.

Hemos subido las vertientes de la argumentación cargados de íntimas inseguridades que ocultábamos, aliviados por ilusión de cumbre. Pero, ahora que hemos coronado, nuestra mente es presa del vértigo de la duda. ¿Es posible levantar toda la Creación sobre el segundo principio de la Termodinámica? Queremos saber su solidez.

## La Ley Suprema

Lo es la segunda ley de la Termodinámica, si hemos de creer a Eddington: «A mi parecer, la ley según la cual la entropía crece constantemente, ocupa la posición suprema entre las leyes de la Naturaleza. Si alguien le advierte a Vd. que su teoría favorita del universo está en desacuerdo con las ecuaciones de Maxwell (3), tanto peor para estas ecuaciones [...] Pero si se comprueba que contradice a la segunda ley de la Termodinámica, no hay remedio: Vd. tiene que bajar la cabeza» (4).

(3) Las célebres ecuaciones del campo electromagnético, confirmadas brillantemente por la experiencia.

(4) O. c., p. 89. Las opiniones de otros autores han sido recogidas por R. PUIGREFAGUT en Estudios Eclesiásticos, 18 (1944) 443, donde hace una crítica serena del argumento entropológico.

Sin embargo, ¿tiene hoy vigencia el sentir de Eddington? Para la ley del aumento de la entropía, ¿qué significan, por ejemplo, las modernas teorías sobre la evolución estelar y la expansión del universo?

Vamos a insistir brevemente en ellas, porque pesan mucho en el enfoque actual del problema entrópico.

### Evolución estelar

Una estrella abre sus ojos a la vida — como débil resplandor rojizo — cuando la atracción gravitatoria entre sus partículas ha condensado lo suficiente el primitivo globo de gas, caldeándolo grado a grado.

Vive lo mejor de su existencia derrochando energía nuclear. Su inagotable bolsa proviene de los núcleos de hidrógeno que se sintetizan para formar helio. El núcleo resultante es más pobre en masa que los cuatro que le dieron el ser. La fracción de masa evaporada aparece en forma de energía — según la fórmula de Einstein — y es irradiada como luz y calor.

Al fin — anciana de milenios — la estrella agoniza cuando el último átomo de hidrógeno se convierte en helio, ceniza de astros. Sufrirá uno o varios colapsos. Atraerá, tal vez, la atención de millones de mundos por su brillo inusitado aunque pasajero (5). Pero su voluntad de vivir se quebrará contra los muros del destino.

Y, atenazada por el frío, la estrella fenececerá.

Este parece ser el desarrollo normal de las estrellas, durante el cual la energía potencial (la gravitatoria y la que originariamente existe como masa) degenera lenta, pero irreparablemente, en radiaciones que se disipan en el espacio. La degeneración consiste en ese paso de la energía condensada de las estrellas a energía difusa, «repartida en un número siempre creciente de fragmentos» (6)

De esta manera, cada una de las estrellas, dilapidando su propia sustancia, pone su

(5) A. DUE, *Vida y muerte de las estrellas*, Euclides (en prensa).

(6) LEMAITRE, *Sophia* (1950) 26.

granito de calor para que en el universo haya un poco más de equilibrio térmico y un poco menos de energía operante.

### Expansión del universo

Pero una estrella no es el firmamento. Ni ese conjunto de miles de millones de estrellas que intitulamos Galaxia o Vía Láctea es el Todo. El Todo, el Universo, es la plenitud del espacio rasgado de gotas de luz — las nebulosas espirales o galaxias.

Desde que en el espectro de las galaxias aparecieron rayas desplazadas hacia el rojo, sabemos que nuestro universo es un «universo en expansión» (7).

Veamos ahora por qué y en qué forma el descubrimiento de la expansión arroja nueva luz sobre el tema entrópico.

Ciertamente, es compleja la interrelación de la expansión cósmica y el principio de entropía. En su mínima expresión viene a decir esto: mientras la masa de cada una de las estrellas se esfuma en energía radiante, ésta es devorada por un espacio en dilatación. A medida que las distancias aumentan con el tiempo, se va debilitando aquella energía, según pone de manifiesto el desplazamiento hacia el rojo o enrojecimiento de la luz galáctica.

Además, la dilatación del universo origina un descenso de su temperatura media, aun permaneciendo constante su energía total (8). Y de la definición matemática de entropía se deduce que ésta es tanto mayor cuanto más baja sea la temperatura del universo. Es un segundo probable aspecto de la interrelación entropía - expansión.

(7) G. J. WHITROW (*Monthly Notices Royal Astronomical Society*, 114, 1954, 180) abre la puerta a otras interpretaciones del fenómeno, pero afirma (p. 185) que existen razones para preferir la de la expansión. Véase, con todo: *Soviet Cosmology and Communist Ideology* (M. W. MIKULAK, *The Scientific Monthly*, 81, 1955, 169). Aunque el enrojecimiento de la luz se explicara por el influjo del tiempo o de factores intergalácticos, comprobamos, al menos en los efectos, que la energía radiante de longitud de onda corta tiende a transformarse en energía de longitud de onda larga o de menor valor — luz más rojiza —, es decir, a degradarse.

(8) G. GAMOW, *Modern Cosmology*, *Scientific American*, 190 (1954) 61.

Podría añadirse que, como consecuencia del enrarecimiento de la materia provocado por la expansión, disminuyó la probabilidad de que sean absorbidas y aprovechadas las radiaciones. Una vez más, esa energía que se inutiliza y se degrada por momentos, da la razón al genio de Clausius.

¿Cuál sería el aspecto probable del universo al borde de la máxima entropía? Sintetizamos lo expuesto hasta aquí. Las estrellas se acercan lentamente a su lecho mortuorio. Al mismo tiempo, las nebulosas espirales se nos escapan por efecto de la repulsión cósmica. Pronto las perderemos de vista para siempre.

Seguirán huyendo, encerrándose en la soledad de sus ermitas. Cada vez más ermitañas. Aquí una, allá otra. *Nadas* perdidas en el amplio espacio vacío.

Y «el año 100 000.000 000 d. C. encontrará un espacio infinito, escasamente poblado de islas esterales aún en retroceso, de estrellas muertas o agonizantes».

### No es un péndulo infinito

Las nebulosas se van, y para siempre hemos afirmado. ¿Por qué motivo? ¿Es que no existe ley de detención para las galaxias? Teóricamente, al menos, pudiera la dilatación del universo detenerse en un instante crítico y ceder su lugar al movimiento de contracción.

La posibilidad de esta oscilación del cosmos —contraria a la hipótesis de la expansión ilimitada— representa una objeción al crecimiento continuo de la entropía, tal como lo hemos descrito algunas líneas más arriba.

Sin embargo, es oportuno señalar el punto débil de la objeción. Dadas la velocidad actual de la expansión y la densidad media atribuida a la materia en el universo, parece que la repulsión cósmica, que tiende a separar las galaxias entre sí, lleva actualmente y cada vez más la ventaja sobre la atracción gravitatoria que trata de aproximarlas (9).

El universo no puede ya volver sobre sus

pasos. Empujado por una dilatación ilimitada, va al vacío, testigo invisible de la máxima entropía.

Y viene del vacío —ha sugerido alguien: en un ayer indefinido, cuando la materia estaba tan extremadamente enrarecida que los espacios masticaban el vacío matemático, el universo sufrió un colapso infinito que lo fue contrayendo paulatinamente.

Hará sólo unos seis mil millones de años que el universo —la eternidad a cuestas— alcanzó la etapa de supercondensación. Y a ésta siguió la presente expansión.

Contracción, expansión. Una pulsación única. Un tic-tac infinito en el que el péndulo cósmico mide la inmensidad del tiempo.

Quien pronuncia esta hipótesis sabe que la pulsación del universo no se aviene muy bien con las leyes de la Termodinámica por nosotros conocidas, las cuales ponían el veto a ese flujo y reflujo del tiempo viajador. Con todo y eso interroga: ¿por qué no ha de ser posible?

Responden investigadores autorizados. Toda hipótesis acerca de la constitución del universo previa a su máxima condensación es completamente innecesaria para la explicación de la composición actual del universo (10). Además, físicamente carece de sentido (11).

De ahí que investigadores de nuestros días acudan al pensamiento de la creación, como más racional, aunque de la naturaleza de la misma no nos pueda dar razón la ciencia. Porque «si es difícil concebir un principio o un fin del universo, no lo es menos concebirlo eterno» (12).

### ¿Quiénes somos nosotros...

—seres infinitesimales de una minúscula porción del mundo— quiénes somos para

(10) Así el físico japonés Ch. Hayashi, R. Alpher, R. C. Herman, J. W. Follin: Gamow, art. cit., p. 63.

(11) Lo afirman expresamente: H. VOGT, *Kosmos und Gott* (1950); cit. *Civiltà Cattolica*, 102 (1951) 406; E. A. MILNE, *Monthly Notices R. A. S.*, 104 (1944) 130; E. WHITTAKER, *The Beginning and End of the World*, (1942) p. 4.

(12) S. H. SPENCER JONES, cit. por A. DUE en *Pensamiento*, 11 (1955) 193. Por brevedad, silenciaremos la teoría de la creación continua de materia y los diversos juicios emitidos sobre ella.

(9) Cf. GAMOW, art. cit., p. 56 y *La Création de l'Univers*, tr. Guéron, 1954, p. 159; P. COUDERC, *L'expansion de l'Univers*, 1950, p. 171 y 173.

apresar en un puñado de normas el universo que fue y el que será?

La pregunta es impecable. Sin embargo, no hay que cargar demasiado el acento. Lo que se nos pide es un proceder equilibrado. Desatrincherarnos de posiciones completamente apriorísticas. Descender a los datos más emparentados con la observación, para sondar en la interpretación que de ellos dan hombres de ciencia acreditada.

Por lo que al tema entrópico respecta, la fidelidad a este programa frutece en una tesis diáfana: hasta ahora la experiencia física no ha hecho valer un argumento perentorio contra la muerte térmica del universo. Por el contrario, todo lo que la teoría y la observación enseñan hoy día, sugiere aquel crecimiento cósmico de la entropía que la Termodinámica clásica proclama ley suprema de la Naturaleza.

### Dios a la vista

Se nos abren amplias lontananzas. En la bruma —ya lo dijimos— insinúanse los contornos de una prueba entropológica de la creación en el tiempo. Aún no vemos limpio. No afirmemos, por lo mismo, que su armazón es de cemento. Pero tampoco digamos: fantasmagorías. Esperemos.

Y, entre tanto, el auténtico «Dios a la vista». La gran realidad de nuestro siglo.

Pío XII lo ha dicho: «La verdadera ciencia, en contra de arriesgadas afirmaciones del pasado, a medida que avanza va descubriendo más claramente a Dios, como si Él estuviese alerta, esperando detrás de cada puerta que la ciencia abre» (13).

(13) Discurso a la Academia Pontificia de Ciencias, 22-XI-51, AAS 44 (1952) 31.

