

## A 50 AÑOS DE LA FUNDACIÓN DEL LABORATORIO DE FÍSICA CÓSMICA DEL MONTE CHACALTAYA. "LA EDAD DEL UNIVERSO"

*Instituto de Investigaciones Físicas*

*Universidad Mayor de San Andrés  
La Paz-Bolivia*

### RESUMEN

Hace 50 años se creó oficialmente el Laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya, dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, bajo la dirección del Prof. Ismael Escobar.

El antecedente que permitió la creación oficial de este laboratorio fue la confirmación experimental de la existencia del mesón  $\pi$  y su decaimiento en el mesón  $\mu$  en las placas de emulsiones nucleares colocadas en el Monte Chacaltaya por el científico brasileño Cesar Lattes del grupo de investigación dirigido por el Prof. Frank Powel de la Universidad de Bristol.

Este descubrimiento hizo acreedor al premio Nobel de Física en 1949 al Prof. H. Yukawa del Japón por haber predicho la existencia de esta partícula responsable de las fuerzas nucleares y al Prof. Cecil Frank Powel al mismo premio en 1950 como cabeza del grupo que logró la confirmación experimental de su existencia.

Desde entonces han pasado por este laboratorio una gran cantidad de científicos de gran renombre. La investigación en rayos cósmicos que se lleva a cabo en el Laboratorio de Chacaltaya ha contribuido grandemente al desarrollo de esta rama de la física en el mundo.

En ocasión de los 50 años de su fundación hemos escogido, entre la gran cantidad de material científico producido desde el laboratorio, una monografía titulada "La Edad del Universo", publicada en julio de 1955 cuyo autor es el conocido científico y filósofo Prof. Mario Bunge.

Es, sin duda, una rareza bibliográfica, un trabajo conocido por pocos y quizás ya olvidado entre la prolífica producción de Mario Bunge.

Por ello es que la hemos escogido, considerando que vale la pena de ser reproducida al cabo de todo este tiempo, como homenaje a los 50 años de fundación del laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya.

*Los Editores*

*Publicaciones del Laboratorio de Física Cósmica.*

## LA EDAD DEL UNIVERSO

por  
**MARIO BUNGE**

Doctor en Ciencias Físicomatemáticas

Monografía No.2, Edit. U.M.S.A.

Julio 1955

La Paz - Bolivia

### DATOS SOBRE EL AUTOR

El Profesor Mario Bunge es argentino, de 35 años de edad, doctor en física. Trabajó con los profesores Guido Beck y David Bohm sobre fuerzas nucleares, dispersión de partículas, cinemática del electrón de Dirac, en interpretaciones de la mecánica cuántica.

Es autor de artículos sobre gnoseología y ontología, habiéndose especializado en la filosofía de la ciencia. Ha colaborado en revistas científicas y filosóficas de su país

y del extranjero, tales como "Conferencias", "Nosotros", "Minerva", "Cuadernos Americanos", "Boletín del Químico Peruano", "Physical Review", "Nature", "Acta Physica Austriaca", "Science and Society", "Philosophy and Phenomenological Research", "The British Journal for the Philosophy of Science" y otras.

De 1947 a 1952 enseñó en la Universidad de Buenos Aires. No pertenece a la Comisión de Energía Atómica de su país, como se anunciara erróneamente.

## PRÓLOGO

Corresponde al Laboratorio de Chacaltaya el presentar, dentro de la serie de sus "Monografías", el notable trabajo del Dr. Mario Bunge que sigue a continuación. Por el sólo hecho de ser el suscrito el Director del Laboratorio y por ende el Editor de estas monografías, debo obligatoriamente presentar cada trabajo. De aquí que, paradójicamente, surge el hecho de que el presentante debía ser el presentado; en este caso, el autor del trabajo debía ser el que encabezara la presentación del suscrito. Sirva esto de justificación, para aquellos que ya conocen la personalidad del Dr. Bunge y para que ese público culto -al que el trabajo va dedicado- considere estas líneas sólo como un mero formulismo, sin la pretensión de "prólogo" que encabeza este corto acápite.

Ha sido un honor para nuestro Laboratorio el haber contado al Dr. Bunge, tan sólo unos meses atrás, como uno de sus profesores en el "Curso Interamericano de Física Moderna"; honor, acrecentando ahora, al poder publicar varios de sus trabajos. En efecto, ya ha aparecido en nuestra serie Cuadernos (No.5), una conferencia que el mismo dictara durante esos mismos cursos y se halla en proceso de impresión una serie de clases sobre mecánicas cuántica, que aparecerá en breve <sup>1</sup>.

Su trabajo La edad del Universo, que ahora publicamos, representa para nosotros un jalón más en el camino de nuestro progreso y una satisfacción -como lo manifestara nuestro Rector- no sólo para el Laboratorio mismo de Chacaltaya, sino también para nuestra Facultad de Ciencias Exactas.

Encaja, por otro lado, el tema dentro de los problemas que, los hombres que trabajamos -aunque muy modestamente- en la radiación cósmica tenemos planteados.

Sabido es que una de las preocupaciones del momento es el conocer el origen y la naturaleza de estas radiaciones ultrapenetrantes. Aunque algunos estiman que se vienen originando en forma continua en los espacios interestelares, otros opinan que los rayos cósmicos son los fósiles de la "creación"; creación que es precisamente el tema y motivo del presente trabajo. Aunque de seguir la tesis sustentada por el autor, no podríamos hablar de "principio no fin", es por lo menos cierto que -los que a estas disciplinas nos hallamos ligados- al adentrarnos en el origen de estas partículas de alta energía, quizá podamos penetrar en un mejor conocimiento sobre el campo magnético de nuestro planeta, sobre otros campos magnéticos en y fuera de nuestra galaxia y por ende tener mejores herramientas para poder -en un futuro mediato- encarar con mayor conocimiento de causa, el movimiento de nuestra galaxia a través del espacio y quizás a obtener nuevas conclusiones sobre el origen, evolución y destino -si cabe así plantearlo- de nuestro Universo; sin referirnos aquí al

origen, por lo menos a la ordenación formal y energética de la creación.

Estas últimas consideraciones, si las ya expuestas no hubieran sido suficientes, son las que nos han movido a escribir estas líneas.

Jean Gebser a quien se ha dado en llamar el filósofo de la cultura, durante una de las charlas pronunciadas en una conferencia de carácter internacional hablaba de la "necesidad y posibilidad de una nueva visión del mundo", y nada más acertado que estas palabras para poder resumir los conceptos vertidos por el Dr. Bunge en este su trabajo sobre "La Edad del Universo"; una nueva visión, que el mismo autor justifica con las palabras finales de esta monografía, al decir modestamente "el lector podrá ahora juzgar cuán disparatado es el título de este trabajo, ya que lo que es eterno no tiene edad". ¿No es éste acaso una nueva visión del mundo? Aunque, esta visión como todo el proceso científico, puede encontrarse ya más o menos manifestada en otros modelos.

Este trabajo, que encaja dentro del llamado materialismo científico, excluye todo principio creacionista.

No podemos, ni por nuestras limitaciones propias, ni por la condición del mismo Laboratorio de Física Cósmica de Chacaltaya, sostener ni refutar, las afirmaciones aquí contenidas; lo presentamos como un aporte más a esta nueva visión del mundo a la que antes hacíamos referencia. Pensadores físicos y matemáticos, preclaros, hay dentro de cada una de estas diferentes escuelas, cosmólogos que han expuesto también sus diferentes conceptos sobre este mismo tema, usando los unos conceptos puros y construyendo los otros toda una imagen -hasta matemática- en el cuasi sentido de exacta de este nuestro Universo; pero lo que sí podemos destacar es el hecho de que es un gran aporte para una mejor comprensión del problema y un nuevo -si cabe- punto de vista, dentro de estos conceptos e ideas que han venido a transformar y revolucionar el mundo del saber físico y filosófico -quizá bastaría aunar ambos términos- en los últimos años.

Tiene además -para nosotros- la gran virtud este trabajo, de que aunque corto, -pues el autor no se detiene a exponer ni se lo ha propuesto en forma detallada cada una de las diferentes concepciones- es exhaustivo en cuanto a las ideas por el mismo contenidas; clasificándolas en forma tal que, permite una comprensión cabal del problema planteado, pudiendo llegar -con el razonamiento que el autor nos brinda a las conclusiones que el mismo tiene.- Por ello mismo el método de exposición se ajusta a un didactismo preciso, escueto y hasta lacónico a veces que va en beneficio de la mayor comprensión de toda y cada una de las muchas ideas sustentadas.

En resumen, debemos felicitarnos de que -como reconoce el autor- haya sido uno de los Decanos de la Universidad Mayor de San Andrés el que haya incitado a la publicación de este trabajo que, por su valor, debería ser conocido con mayor amplitud; tocándonos a nosotros únicamente la satisfacción de haber efectuado la primera impresión del mismo.

<sup>1</sup> Las publicaciones sobre el "Curso Interamericano" fueron también coauspiciadas por el Centro de Cooperación Científica para América Latina de la UNESCO, quien patrocinó con esta Casa de Estudios, el cursillo de referencia.

*Chacaltaya, La Paz, Junio de 1955.*  
*Ismael Escobar V.*

*Homenaje a la memoria de*  
**ALBERT EINSTEIN (1879-1955)**  
*Sabio y ciudadano*

## PREFACIO

La finalidad de esta monografía es examinar los argumentos que se han esgrimido en los últimos años para intentar justificar científicamente los mitos de la creación y del fin del mundo. Ella está destinada al público culto que se interesa por los problemas de la ciencia y sabe que ésta va conformando, cada vez en mayor medida, nuestra visión del mundo. También está dirigida a quienes se interesan por los problemas filosóficos y a aquellos colegas -por cierto contados- que con toda naturalidad hablan acerca del origen del universo, como si se tratase de un hecho natural y hasta confirmado empíricamente.

Redactada hace tres años, expuesta ante un núcleo de estudiantes y colegas, y discutida en el Círculo Filosófico al que pertenezco, esta monografía se publica con algunos agregados y correcciones. Entre ellas figura la duplicación de las distancias intergalácticas, encontrada por Behr (1951) y confirmada por Bade (1953). Esta duplicación resultó del descubrimiento de un error que se había deslizado en cierto cálculo tenido durante años por correcto. A mi modo de ver, este acontecimiento simboliza el estado actual de la astronomía extragaláctica y muestra cuán prematura e ingenua -cuando no deshonesto- es la tentativa de decidir desde ya, a tambor batiente, que el universo tiene una estructura y extensión dadas, y que evoluciona en su conjunto de una manera determinada. Si alguna ciencia debiera adoptar transitoriamente la divisa de Spinoza -Caute- es la cosmología, expuesta más que ninguna otra a los extravíos de la fantasía y a la inercia de los mitos arcaicos.

Agradezco a mi colega y amigo, el Dr. José F. Westerkamp, por haber revisado el manuscrito de este trabajo, cuyos errores son, sin embargo de mi exclusiva pertenencia; al Prof. Hugo Mansilla, Decano de la Facultad de Ingeniería de la U.M.S.A., de La Paz, por haberme instado a publicarlo y por haber tenido la gentileza de corregir las pruebas de imprenta; y al Prof. Ismael Escobar V., Director del Laboratorio de Chacaltaya, por haber acogido esta monografía en la serie de publicaciones que dirige.

Buenos Aires, Junio 1955.

## INTRODUCCIÓN

Si hay una ciencia que aun no ha logrado desembarazarse totalmente de la mitología, ella es la cosmología, vale decir, la ciencia que estudia la estructura y la evolución del universo en su conjunto. Los modelos cosmogónicos y escatológicos <sup>2</sup> actualmente de moda fueron casi todos delineados en la antigüedad, y aun en

<sup>2</sup> En su sentido estricto y etimológico, **cosmogonía** es el estudio del origen del universo; en la actualidad, el mismo término se

emplea a menudo para designar la rama de la ciencia astronómica que estudia la evolución de los cuerpos celestes, sin aceptar necesariamente el dogma de que el universo en su conjunto ha tenido un origen en el tiempo. Para evitar confusiones, en lo que sigue se utilizará la palabra **cosmogonía** en su sentido etimológico, entendiéndose en cambio por **cosmología** el estudio científico de la estructura y evolución del universo o, mejor dicho, de la parte explorada del mismo. En cuanto al término **escatología**, en su sentido estrecho designa la parte de la teología que trata del fin del hombre; lo emplearemos en su significado general, si bien poco usual, de teoría del fin del universo.

Ahora se los puede conciliar con uno u otro hecho empírico, lo que no es muy difícil debido a la imprecisión de los datos proporcionados por la astronomía extragaláctica, esto es, la que se ocupa de los cuerpos celestes que no pertenecen a nuestra galaxia (la Vía Láctea). Y, sobre todo, se les puede conferir cierta apariencia racional mediante una dosis conveniente de matemática, lo que puede impresionar a quienes creen que para confirmar una hipótesis basta darle una formulación matemática. Pero ni el dudoso acuerdo con imprecisos datos observacionales, ni el imponente aparato matemático hace que aquellos modelos cosmológicos impliquen -o no un origen y un fin de todas las cosas- dejen de ser conjeturas y, más que conjeturas, fantasías con una carga variable de teología. No por ello dejan de ser elaboraciones más o menos detalladas de las fantasías que encontramos en los mitos prehistóricos y arcaicos, o en la filosofía de la naturaleza de los antiguos.

## 1. LOS PRINCIPALES TIPOS DE CONCEPCIONES COSMOGÓNICAS Y ESCATOLÓGICAS

### 1.1. Criterio de clasificación

Desde el punto de vista filosófico, las concepciones cosmogónicas y escatológicas pueden clasificarse en dos grandes grupos: las materialistas y los idealistas. Ambos calificativos se tomarán aquí en su acepción ontológica, no en la gnoseológica <sup>3</sup>. En este sentido es idealista toda teoría que, por oposición a la filosofía materialista, sostiene la existencia de entes (sustancias, fuerzas, seres animados, objetos en general) que existen y obran independientemente de la materia, sustrayéndose a las leyes naturales; una teoría es idealista, en suma, si afirma la existencia autónoma de entes inmateriales, por ejemplo, de dioses o de ideas que existen de por sí, fuera del

emplea a menudo para designar la rama de la ciencia astronómica que estudia la evolución de los cuerpos celestes, sin aceptar necesariamente el dogma de que el universo en su conjunto ha tenido un origen en el tiempo. Para evitar confusiones, en lo que sigue se utilizará la palabra **cosmogonía** en su sentido etimológico, entendiéndose en cambio por **cosmología** el estudio científico de la estructura y evolución del universo o, mejor dicho, de la parte explorada del mismo. En cuanto al término **escatología**, en su sentido estrecho designa la parte de la teología que trata del fin del hombre; lo emplearemos en su significado general, si bien poco usual, de teoría del fin del universo.

<sup>3</sup> Entiendo por **ontología** la teoría general de la realidad o, si se prefiere, el estudio de los rasgos generales de la realidad. La **gnoseología**, o teoría del conocimiento, es la disciplina que se ocupa de las fuentes, de las formas y del alcance del conocimiento.

cerebro humano que produce unos y otras.

Por ejemplo, Aristóteles es a grandes rasgos materialista en su gnoseología, pues contrariamente a Platón afirma que no hay ideas fuera del ser pensante, y sostiene que las mismas se originan en las impresiones producidas en nuestros sentidos por objetos que poseen una existencia independiente de nosotros. En cambio, la ontología aristotélica es parcialmente idealista, puesto que afirma que los cuerpos materiales tienen un ingrediente inmaterial (la forma) y puesto que, además del mundo material, reconoce la existencia de un principio inmaterial (el primer motor, Dios) que es su causa final.

Esto no quiere decir que todas las cosmologías sean consecuentemente materialistas o consecuentemente inmaterialistas. Numéricamente son más las inconsecuentes o eclécticas que las consecuentes. Entre las cosmologías idealistas inconsecuentes figuran todas aquellas que afirman que el universo no fue **creado** a partir de la nada, sino **organizado** por potencias divinas a partir de una materia caótica preexistente y coeterna con sus organizadores; tal es lo que dice Platón en su diálogo **Timeo** (30 a). Por su parte son inconsecuentemente materialistas las cosmologías que incluyen una cosmogonía (en el sentido estricto del término) y una escatología; es decir, teorías acerca del origen y del fin de la materia, aun cuando ese origen y este fin se supongan ajenos a toda intervención divina.

En última instancia es idealista toda ontología que toma por realidades las que no son sino abstracciones humanas, tales como el espacio y el tiempo en sí, desvinculados de la materia. La hipótesis de que el espacio y el tiempo tienen existencia independiente de las cosas espaciales y temporales, puede conducir a suponer que la materia tuvo un origen **en** el tiempo y **en** el espacio, cuando en realidad uno y otro, lejos de constituir el escenario pasivo en que se representa el teatro del mundo, no son sino abstracciones, categorías abstraídas por el hombre en su manejo y estudio de la materia en movimiento. Por este motivo, y por violar el antiguo principio materialista **ex nihilo nihil fit** (nada proviene de la nada), no son consecuentemente materialistas las cosmologías que admiten un origen y/o un fin de la materia.

Precisado el sentido en que empleamos los adjetivos **materialista** e **idealista** al referirnos a las concepciones cosmológicas, y acordado en significado del calificativo **consecuente**, podemos incluir los principales tipos de concepciones cosmogónicas en el esquema siguiente.

## 1.2. *Los principales tipos de cosmogonías*

### *Cosmogonías idealistas*

#### A *Idealistas inconsecuentes*

- a. Dios y el mundo son **coeternos**, increados e incorruptible. La función de Dios es mantener el movimiento y dirigido a fines (Aristóteles). Esta teoría, muy combatida por las iglesias, fue sostenida durante toda la Edad Media por los heterodoxos de las tres religiones medite-

rráneas, en particular por Averroes y los averroístas latinos.

- b. El universo fue **organizado** (no creado) de una vez por todas, por una potencia coexistente y coeterna, de naturaleza divina, a partir del caos primitivo (o del mar, o de la conjunción del cielo y de la Tierra), el que existía desde toda la eternidad. Estas cosmogonías son las que se encuentran con mayor frecuencia en los tiempos prehistóricos y arcaicos; entre los griegos fue sostenida por el Platón del **Timeo**; y a comienzos de la era cristiana. Proclo y Amonio defendieron teorías de este tipo. En ellas, el creador no es propiamente tal sino escultor: crea las formas, no la materia de las cosas; pone orden en el movimiento, no lo crea.
- c. La divinidad creó la materia uniforme e indiferenciada, dotándola luego de movimiento; a partir de este momento, el universo evolucionó. Por si solo conforme a las leyes naturales, hasta alcanzar su estado actual. Esta fantasía ha sido sostenida por Descartes y, en forma levemente diferente, ha sido defendida en nuestros días por diversos cosmólogos (Lemaitre, Jeans, Eddington). No es del todo satisfactoria para el irracionalismo, pues relega la intervención divina a una época remota y del todo conjetural.

#### B *Idealistas consecuentes*

El universo fue creado a **partir de la nada**, una o varias veces, por una potencia inmaterial que **sigue vigilando su funcionamiento**. La creación fue un acto material (mitos babilonio y de Urano) o un acto puramente mental o, más exactamente, verbal (asirios, Ra, Código de Manú, Antiguo Testamento, Corán, Jeans, Eddington). Se verificó en un instante (Lemaitre), en el curso de pocos días (algunas mitologías del Oriente clásico, en particular la judía y sus derivadas), a lo largo de varias generaciones (mito de Urano) o en larguísimas etapas sucesivas (Código de Manú).

Para emplear el símil del reloj, tan caro a los deístas desde el siglo XVII, puede decirse en resumen que las cosmogonías idealistas inconsecuentes suponen que una o varias potencias inmateriales reunieron en un reloj las piezas dispersas preexistente, dándole cuerda una vez armado y dejándolo funcionar por sus propios medios. En cambio, la fábula cosmogónica consecuentemente idealista supone que el Relojero no solamente ha fabricado el reloj a partir de la nada, sino que sigue regulando su funcionamiento. Es digno de ser notado que el avance de la ciencia -y, paralelamente, el fortalecimiento y enriquecimiento del materialismo- ha hecho que ningún cosmólogo contemporáneo se atreva a sostener una cosmogonía idealista consecuente: aun

las cosmogonías creacionistas admiten que, una vez creada, la materia se rige por sus propias leyes, sin la intervención del dedo de Dios.

### *Cosmogonías materialistas*

#### A *Materialistas inconsecuentes*

- a. El universo se **autocreó** (Pitágoras y Lucrecio).
- b. El cosmos se **autoorganizó**, sea de una vez por todas sea en etapas, a partir de elementos físicos preexistentes, sea por la sola acción de las leyes naturales, sea por obra de un organizador material. En algunos mitos primitivos, el agente organizador es un animal o una planta; en otros un arquetipo humano (pescador, cazador o artesano). En Confucio, la energía cósmica impersonal y caótica engendró dos principios opuestos, el **yin** y el **yan**, que en su lucha crearon el mundo tal como lo conocemos actualmente. Empédocles, el universo se autoorganizó a partir de los cuatro elementos eternos. En Kant y en Laplace, a partir de la nebulosa primitiva, reedición refinada del caos primigenio.

#### B *Materialista consecuente*

El universo existe desde toda la eternidad: **carece de origen**. Esta tesis materialista no pertenece a una cosmogonía propiamente dicha, sino a la cosmología. Parece haber sido sostenida por primera vez en la antigüedad clásica, en particular por Leucipo, Demócrito y Epicuro. Se verá más adelante que es la única hipótesis compatible con la ciencia.

#### 1.3. *Los principales tipos de escatologías*

##### *Escatologías idealistas*

#### A *Idealistas inconsecuentes*

- a. El universo se encamina en su conjunto (es decir, al mismo tiempo en todas sus partes) hacia un estado final caótico, como resultado de una permanente intervención divina, o bien de las leves inmanentes de que el creador dotara a la materia en el momento de la creación. El mundo dejará de ser un cosmos para convertirse en un caos, pero la materia seguirá existiendo. El caos aparece aquí en la escatología, no necesariamente en la cosmogonía.
- b. La historia del universo es una sucesión ilimitada (en uno o en los dos sentidos del tiempo) de ciclos de renovación, gobernada por principios inmateriales (en Empédocles, el amor y el odio). El período de los ciclos es fijo (como en la cosmogonía brahamánica y en la teogonía etrusca, que permaneció en la superstición popular romana) o variable (como en algunos mitos centros y sudamericanos).

- c. El universo no tendrá fin: los cuerpos celestes son incorruptibles por ser de naturaleza divina (Aristóteles).

#### B *Idealista consecuente*

El universo evoluciona en un sentido fijo: no puede volver atrás ni puede renovarse; tendrá un fin absoluto así como tuvo un comienzo absoluto (escatologías del Oriente clásico, en particular la judía y sus derivadas). Podrá o no ser recreado después de su total desaparición y su fin coincidirá o no con el advenimiento de un salvador o Mesías.

Las diversas escatologías suponen que la cuerda del reloj cósmico termina por acabarse, o que no se acaba porque el Relojero tiene el propósito de mantenerla. Está claro que las escatologías pesimistas -que por norma aparecieron en periodos de convulsión social, y que no siempre han estado íntimamente vinculadas a las cosmogonías- unas veces expresan la sensación de desesperanza y derrota de grupos sociales aplastados, y otras contribuyen conscientemente a acentuar la sensación de pequeñez e impotencia del hombre -que tan bien suscitan las religiones- y de la inutilidad de todo esfuerzo humano, del cual no quedaría rastros en el mundo natural.

##### *Escatologías materialistas*

#### A *Materialistas inconsecuentes*

- a. El universo se encamina por sí mismo a un fin en cuanto cosmos, como resultado natural de su envejecimiento; vale decir, acabará en un estado final en que todo cambio, o al menos todo cambio importante, será imposible. Es la teoría de Clausius y Kelvin, de la muerte térmica del universo.
- b. El universo pasa por ciclos de eterno retorno a estados idénticos o similares (los pitagóricos, algunos estoicos y Nietzsche).

#### B *Materialistas consecuentes*

- a. La historia del universo es una sucesión ilimitada de ciclos sin eterno retorno ni período fijo (Demócrito y muchos otros materialistas antiguos, Engels y Tolman).
- b. El universo no evoluciona como un todo en forma unidireccional; sin ser un caos, tampoco es un cosmos perfecto; junto a mundos que "envejecen" (en el sentido termodinámico) hay otros en formación (Arrhenius y Vorontzoff-Velyaminov).

En rigor no hay escatología materialista, ya que no se trata de una desaparición total de la materia; lo que hay son diversas hipótesis acerca de la evolución del universo. He tildado de materialista inconsecuente a la de la muerte térmica porque, como se verá en el Capítulo

IV, conduce a absurdos; en cuanto al mito del eterno retorno a lo idéntico, que tanta fortuna conociera en la antigüedad, resulta de una visión estrictamente mecanicista, en la que no hay lugar para la emergencia de nuevas cualidades y de nuevos modos de ser de la materia. En lo que respecta a las dos hipótesis materialistas consecuentes, que he consignado, ninguna de ellas posee aval suficiente, salvo en lo que concierne a la eternidad de la materia en movimiento. La hipótesis de la autorrenovación cíclica supone que el universo evoluciona como un todo, aún cuando algunas de sus partes puedan evolucionar con mayor rapidez que las otras; esta no es más que una conjetura, fundada a su vez en la creencia del efectivo envejecimiento del universo en la etapa actual de su existencia. Me parece una conjetura menos plausible que la segunda, según la cual el universo no evoluciona como un todo en forma unidireccional.

Aún los modelos cosmológicos científicos, que carecen de elementos cosmogónicos y escatológicos, son de índole conjetural, y no teorías edificadas sobre datos empíricos. Lo único que puede exigirse por el momento de tales modelos es que respeten los principios generales de la ciencia -que son los del materialismo- y que den cuenta de los escasísimos hechos recogidos por la observación astronómica. Querer decidir desde ya entre modelos finitos o infinitos, estáticos o en expansión, de evolución unidireccional o cíclica, o simplemente sin evolución de conjunto, sería a mi juicio prematuro.

En la actualidad, lo más que puede pedirse a la cosmología es que investigue algunos de los modelos conceptualmente posibles y que se ajustan al pequeño puñado de observaciones exactas de que se dispone. Todas las posibilidades racionales compatibles con los hechos observados y con la física, y que no sean dictadas por intereses religiosos, debieran ser examinadas sin prejuicios por la cosmología científica.

Pero la cosmología científica no podrá progresar, no podrá salir del marasmo creacionista, si no efectúa previamente una limpieza que la desembarace de su tradicional carga cosmogónica y escatológica. Las páginas que siguen están dedicadas a examinar precisamente esas tesis idealistas, esas cuestiones ideológicas centrales de la cosmología contemporánea. Empezaremos por precisar la forma en que se plantean.

## 2. EL PROBLEMA COSMOLÓGICO

### 2.1. Posibilidad y necesidad de la cosmología

La tarea de la cosmología es averiguar la estructura actual de la parte conocida del universo en base a los datos de la astronomía, de la astrofísica y de la geofísica, infiriendo de este conocimiento conclusiones probables acerca de una parte de la historia pasada y de una parte de la evolución futura del mundo. Una y otra tarea, la recolección de datos y la construcción de teorías, están en la infancia, aún cuando se vienen realizando desde hace milenios. Las cosmologías actuales no sólo usan la hipótesis como método -y, más la hipótesis, la fantasía incontrolada- sino que su estado todo es conjetural. Lo

es a punto tal de que más de una vez ha sido puesta en duda la posibilidad misma de una ciencia del universo en su conjunto.

Sostener la imposibilidad de la cosmología -como la sostuvieron los positivistas Comte y Wittgenstein, y como la sostienen algunos astrónomos contemporáneos que, ante la ofensiva creacionista, adoptan la actitud del avestruz- es, en mi opinión, adoptar un punto de vista estrecho, que elude las dificultades y deja las especulaciones cosmológicas en manos de charlatanes. Es falso que las proposiciones cosmológicas carezcan de sentido porque no se las puede verificar empíricamente; las proposiciones cosmológicas pueden ser verdaderas o falsas, pero tienen sentido en todos los casos en que consisten en enlaces no contradictorios de conceptos conocidos.

Por cierto que es muy audaz la empresa de imaginar la arquitectura del universo en su conjunto; ello supone **extrapolar** lo poco que sabemos acerca de la región que está al alcance de los telescopios moderno. Pero todas las ciencias participan de esta audacia, aunque ciertamente en menor medida; en todos los sectores de la realidad, lo que conocemos -y ello en forma aproximada y perfectible- es tan sólo una parte. Toda predicción es una problemática extrapolación en el tiempo; toda inducción es una problemática extensión, a un conjunto, de lo que se predica acerca de una parte de él. Si fuera a detenernos el riesgo inherente a toda predicción, a toda interpolación y extrapolación, a toda generalización y a toda deducción, entonces se detendría la investigación científica. La actitud positivista de negar la posibilidad de la cosmología equivale, en los hechos a imponerle al conocimiento una limitación **a priori**; equivale a sostener un **ingnoramus et ignorabimus** (ignoramos y nunca sabremos) que no es sino la antesala de la religión.

Admitiremos, pues, que es posible investigar el universo en su conjunto o, mejor dicho, la parte explorada del universo, sin que esto suponga que la misma evolucione como un todo. Más aún, creo que las investigaciones cosmológicas son necesarias, ya que el verdadero peligro para la cultura no reside en inventar modelos cosmológicos cuando de antemano se sabe que son provisionarios y, que consisten en conjeturas fundadas en extrapolaciones, y que sólo la observación astronómica puede validarlos; el peligro reside en abandonar la cosmología en manos de charlatanes deshonestos guiados por móviles extraños y aún opuestos a los de la ciencia.

### 2.2. Motivos del atraso de la cosmología científica

Todas las ramas de la ciencia poseen un puñado de verdades definitivas, de conocimientos que habrán de ser retocados y profundizados, pero cuyo núcleo permanece inalterado. Todas, salvo la cosmología, que es a la vez la más ambiciosa y la menos evolucionada de las ciencias. Los principales motivos de las dificultades con que se desenvuelve la cosmología son, al parecer, los siguientes:

- a. Los datos observacionales referentes a la estructura y evolución del universo son pocos y casi todos inseguros. Abarcan una región cuyo radio es de unos

2.000 millones ( $2 \times 10^9$ ) de años luz,<sup>4</sup> que tal es el alcance del mayor de los telescopios existentes; por lo tanto, la luz proveniente de las nebulosas más lejanas que se conocen nos trae datos acerca de lo que ocurrió hace 2.000 millones de años. Ni siquiera sabemos si tales distancias son pequeñas o grandes en relación con el universo entero, aunque son ciertamente fabulosas comparadas con las que se habían alcanzado en la época de Newton. Por su parte la geofísica nos da tiempos del mismo orden de magnitud, pues alcanza a establecer que algunos procesos -tal el de la solidificación de la corteza terrestre- ocurrieron hace 3.000 ó 4.000 millones de años. Pero hay ciertos datos muy importantes para establecer la forma y estructura de la parte ya explorada del universo, que se conocen con una imprecisión tal que no permiten inferir ninguna conclusión acerca de la geometría del mundo. Entre ellos figuran, en lugar prominente, la densidad media de la materia (partículas más radiación), cuyos límites se han fijado entre  $10^{-26}$  y  $10^{-30}$  gramos por centímetro cúbico. La densidad media de la materia luminosa es de unos  $10^{-30} g/cm^3$ <sup>5</sup>, pero si se tienen en cuenta el polvo cósmico y otros objetos no luminosos que existen en el espacio (como lo muestran las exploraciones con globos sondas y cohetes) tal vez se llegue a los  $10^{-26} g/cm^3$  estimados por Zwicky.

- b. La física que conocemos es esencialmente terrestre. No hay la menor garantía de que podamos extrapolar **todas** las leyes actualmente conocidas en la Tierra o en el sistema solar, o aún en nuestra galaxia, al universo en su conjunto ni a épocas muy remotas. La inseguridad es tal, que en su primer modelo cosmológico Einstein postulaba una repulsión universal (representada por la constante cosmológica) que más tarde fue abandonada; no hay, pues ni siquiera la certidumbre de que las ecuaciones de la gravitación, que valen con buena aproximación dentro de nuestra galaxia, sigan valiendo con la misma aproximación fuera de ella. Hasta sería posible (como lo ha sugerido Dirac) que la constante universal de la gravitación varíe con el tiempo. Así resulta que la cosmología científica, a falta de pruebas en contra, se ve obligada a suponer la validez de la extrapolación de las leyes encon-

tradas en nuestra galaxia; tal extrapolación es una extensión en varias etapas: de la Tierra al sistema solar, de éste a nuestra galaxia, y de ésta al universo ya explorado, y de este al universo entero. A nadie debiera escapársele que se trata de un hipótesis de trabajo, no de un resultado comprobado.

- c. Las especulaciones cosmológicas -pues por el momento no son otra cosa que especulaciones- han sido y siguen siendo deformadas por prejuicios religiosos, por las exigencias de las diversas iglesias de justificar los mitos cosmogónicos y escatológicos. Tales intereses de iglesia hacen que muchos científicos abandonen su habitual cautela y prudencia cuando mayor necesidad tienen de ella, es decir, cuando se embarcan en especulaciones cosmológicas.

La exigüedad de los datos observacionales y las lagunas teóricas hacen que los cosmólogos inventen e investiguen diversos modelos cosmológicos conceptualmente posibles. La guía consciente o inconsciente de estas fantasías científicas es, demasiado a menudo un mito religioso: ya dijimos que casi todos los modelos cosmológicos fueron pensados en tiempos remotos, si bien en formas diferentes en lo que concierne a los detalles. Bastaría esto para mirar con desconfianza las apresuradas conclusiones, que se leen tan a menudo, de que la cosmología (que no existe, pues hay tantas cosmologías como cosmólogos) ha demostrado cabalmente que el universo es espacialmente finito o infinito, curvo o "chato", estático o expansivo, estable o inestable, eternamente inmutable o eternamente renovable. En esto, y solamente en esto, reside el peligro de considerar el Universo en su conjunto: en tomar por conclusión segura lo que no es sino conjetura introducida **ab initio**, en tomar por resultado lo que no es sino tanteo preliminar, por dato de la ciencia lo que no es sino arcaico prejuicio. Pero tal peligro sobreviene solamente cuando se olvidan elementales reglas de la metodología científica, y ellas acechan a todo el que se aventura sin espíritu crítico en investigaciones de gran interés ideológico, como son las que se refieren al origen del universo, de la vida, de las funciones psíquicas, o de la propiedad.

### 2.3. Los dos aspectos de problema cosmológico

El problema cosmológico tiene dos caras principales, que correspondan a otros tantos problemas interdependientes: (1) el problema **geométrico**, consistente en averiguar la forma y extensión del universo (esto es, la estructura del espacio tal como es determinada por la distribución de la materia, sea en forma de corpúsculos o de radiación); y (2) el problema **dinámico**, que consiste en averiguar (por ahora, en conjeturar) la evolución del universo y de sus partes, en particular de las nebulosas, de los cúmulos de estrellas, de éstas y del sistema planetario.

Según la teoría general de la relatividad -cuya validez ha sido confirmada hasta ahora por la observación as-

<sup>4</sup>Un año luz es la distancia que la luz recorre en un año. Equivale a unos  $9,46 \times 10^{12}$  kilómetros, o sea, aproximadamente nueve millones de millones de kilómetros. El diámetro de la Vía Láctea (que es nuestra galaxia) es de aproximadamente 10.000 años luz. La distancia que nos separa de la nebulosa espiral de Andrómeda es unas 150 veces mayor, o sea, aproximadamente un millón y medio de años luz.

<sup>5</sup>La densidad media de la materia luminosa contenida en las nebulosas se calcula de la siguiente manera. Los cálculos dan, para la masa de las nebulosas, un valor que oscila en torno a los  $10^{41} g$ ; los recuentos astronómicos muestran que el número de nebulosas que se encuentran dentro del radio  $r$  (medido en cm) es  $N = 4 \times 10^{71} \times r$ . De ambos datos resulta el valor  $10^{-30} g/cm^3$  de la densidad.

trónomica, aún cuando presenta todavía difíciles problemas de interpretación- ambos términos del problema, el geométrico y el dinámico, son interdependientes o, más precisamente, son dos aspectos de un problema único. En efecto, según esta teoría las propiedades del espacio y del tiempo están determinadas por la distribución de la materia; y recíprocamente, el movimiento de las masas y de los rayos de luz esta condicionado por la estructura del espacio <sup>6</sup>.

Cabe observar, de pasada, que la idea central de esta teoría es una brillante confirmación de la antigua tesis materialista según la cual la materia (en su acepción filosófica que incluye a las radiaciones y, en general, a todo lo que existe fuera de nuestra conciencia), el movimiento, el espacio y el tiempo forman **in res** una unidad inescindible; y que la tradicional tetratomía **materia - en movimiento- a través del espacio-en el curso del tiempo** es producto de la abstracción.

Pero, en el momento actual, los datos astronómicos acerca de la repartición de la materia en el universo no bastan para determinar la estructura del espacio (su métrica). Esta deficiencia tiene dos consecuencias. La primera es que hay diversos modelos cosmológicos compatibles con los conocimientos actuales; la segunda es que ambas facetas del problema -la geométrica y la dinámica- se tratan hasta cierto punto por separado. La falta de datos observacionales suficientemente exactos permite que los cosmólogos forjen suposiciones más o menos arbitrarias acerca de la estructura del universo. El riesgo de este procedimiento radica en que lleva a muchas personas -por ejemplo a Milne- a suponer que la cosmología es una ciencia de tipo matemático; esto es, que está edificada sobre axiomas arbitrarios y que su único método es el hipotético-deductivo. Más aún: se cree a menudo que los modelos cosmológicos de Einstein, de Sitter o Lemaitre son **resultados** forzosos de la teoría relativista de la gravitación; cuando en rigor no son sino teorías extremadamente especulativas fundadas sobre conjeturas específicamente cosmológicas y que **usan** la teoría gen-

<sup>6</sup>La ecuación fundamental de la teoría clásica de la gravitación es la ecuación de Poisson

$$\Delta U = 4\pi kd$$

que permite encontrar el campo gravitatorio (descrito por el potencial  $U$ ) conociendo la densidad  $d$  de las masas que lo engendran. En la teoría relativista de la gravitación, la única función ( $d$ ) es reemplazada por las 10 componentes del tensor impulso-energía  $T_{ik}$  y el laplaciano del único potencial escalar  $U$  es sustituido por el tensor de Riemann-Christoffel  $R_{ik}$ ; las 10 ecuaciones fundamentales de la teoría son

$$R_{ik} - \frac{1}{2}g_{ik}R = -kT_{ik},$$

donde  $g_{ik}$  es el tensor métrico, que figura en la expresión del elemento de línea.

$$ds^2 = g_{ik}dx^i dx^k.$$

Conocida la estructura del espacio y del tiempo (o sea, conocido el tensor  $g_{ik}$ ), en principio queda determinada la distribución de materia  $T_{ik}$  (y viceversa) ya que tanto el tensor de curvatura  $R_{ik}$  como la curvatura escalar  $R (= g^{ik}R_{ik})$  dependen solamente de  $g_{ik}$ .

eralizada de la relatividad, del mismo modo que otros modelos cosmológicos han usado la teoría newtoniana de la gravitación sin ser consecuencias forzosas de ésta.

La prueba de que los modelos cosmológicos propuestos en los últimos años no son consecuencias forzosas de la teoría de la relatividad, es que no hay una sino muchas cosmologías relativistas. Los diversos modelos cosmológicos relativistas contienen tres ingredientes básicos, uno solo de los cuales es la teoría de la gravitación de Einstein. Los otros dos son:

- a. Hipótesis cosmológicas específicas de tipo geométrico (p.ej., que el universo posee una curvatura constante positiva) y dinámica (p.ej. que el universo es pulsante). Aquí es donde a menudo se esconden las **premisas** cosmogónicas que luego se hacen aparecer como resultados, una de ellas es la suposición de que todos los cuerpos celestes evolucionan en un mismo sentido.
- b. Datos astronómicos tan exiguos e imprecisos que permiten la construcción de teorías muy dispares. Entre ellos figura la densidad media de la materia, que -como no podía ser de otro modo en una primera etapa de la exploración- parece ser constante e independiente de la dirección de observación (o sea, homogénea e isotropa).

Hay modelos cosmológicos creacionistas que son relativistas (como el de Lemaitre) y otros que no lo son (como el de Milne); hay, por otra parte, universos imaginados en conformidad con las exigencias relativistas, y que son infinitos en el espacio y en el tiempo. Sólo quien desconozca los elementos de la teoría relativista de la gravitación puede afirmar que ella **impone** la elección de un modelo cosmológico determinado. El marco matemático que ofrece esta teoría es muy amplio, tanto que el número de modelos de universo compatibles con ella es nada menos que **infinito** <sup>7</sup>. Uno de los problemas de los cosmólogos es, precisamente, el de restringir -en base a datos empíricos- esta infinita variedad matemáticamente posible; pero para lograrlo se necesitan muchos más datos observacionales, y más precisos que los disponibles <sup>8</sup>.

#### 2.4. El principal problema cosmológico

Hemos dicho que ambas caras del problema cosmológico son interdependientes, pero que la exigüidad de los datos observacionales permite un tratamiento hasta cierto punto independiente de cada uno de sus aspectos.

<sup>7</sup>H. P. Robertson, "On the Foundation of Relativistic Cosmology", **Proceedings of the National Academy of Sciences**, **15**, 822 (1929).

<sup>8</sup>En las ecuaciones de la teoría relativista de la gravitación figura una constante (la constante de curvatura) que en principio podría determinarse en base a datos observacionales, pero cuyo valor se desconoce por el momento. Si dicha constante, que está vinculada con la densidad de materia, es positiva, quiere decir que la curvatura del universo es positiva (universo cerrado, de volumen finito); pero si la constante de curvatura es negativa, ello quiere decir que el universo es abierto, esto es, infinito. Las últimas mediciones parecen favorecer esta segunda posibilidad.

Ahora bien, algunos científicos sostienen que el principal problema cosmológico es el geométrico; más precisamente, afirman que el verdadero problema ideológico de la cosmología es el referente a la forma y extensión del universo, llegando a decir que es menester partir de la infinita (o finita, según los casos) extensión del universo, en el espacio como de una verdad evidente o al menos indiscutible.

La hipótesis de la infinitud espacial del universo era plausible en los tiempos de Giordano Bruno, cuando los viajes y las observaciones astronómicas ampliaban el estrecho mundo medieval hasta el punto de hacer concebir la esperanza de una ampliación ilimitada; entonces era plausible y tenía un contenido progresista, ya que se oponía al finitismo de la ideología oficial, dominada por la religión. Pero la exigencia dogmática de adoptar la hipótesis de la infinitud como punto de partida indiscutible, es de neto corte idealista, aún cuando sea formulada por pensadores que se dicen materialista; es tan idealista como cualquier otra tentativa de imponer a la realidad propiedades que están lejos de haber sido verificadas.

Lo que interesa decisivamente, desde el punto de vista filosófico, es que ninguna de las dos hipótesis es incompatible con el materialismo. Ninguna de las dos lesiona las tesis de la materialidad del mundo, de su inagotable variedad cualitativa, de su realidad objetiva y de su cognoscibilidad. (En todo caso, la hipótesis de la infinitud implica un **ignorabimus**, ya que nunca podríamos llegar a conocer del todo un universo de extensión infinita). Ambas hipótesis son, en sí, ajenas a los mitos creacionistas y escatológicos; las dos han integrado indistintamente cosmologías idealistas y materialistas. (La única ventaja que tiene la hipótesis finitista para la religión es de índole **psicológica**, pues es más fácil hacer creer al vulgo que un dios personal hizo un mundo finito en un lapso finito de tiempo; pero un deísta educado no encuentra dificultad en imaginar que Dios, puesto que es omnipotente, creó un universo infinito con sólo pensarlo).

El rechazo del examen de cualquiera de las dos hipótesis, en momentos en que ni la física ni la astronomía dan fundamento seguro a ninguna de ellas -y siendo ambas perfectamente compatibles con el materialismo- es prueba de un dogmatismo que sólo puede fundarse en argumentos de autoridad y explicarse por la rutina.

No es el problema geométrico el que tiene mayor interés ideológico. Para la lucha de ideas no tienen un interés decisivo dilucida si el espacio es abierto o cerrado. Lo que tiene verdadero interés es saber si, como lo afirman los idealistas, los conocimientos actuales autorizan a afirmar que el universo tuvo un **origen** y tendrá un **fin**. Este problema, relacionado con lo que los creyentes llaman la "edad del universo", es el problema ideológico central de la cosmología contemporánea.

Para convencerse de ello sin el auxilio de la reflexión basta ver la enorme cantidad de libros de divulgación -escritos algunos por físicos eminentes y los más por

charlatanes- en los que se pretende fundamentar científicamente los mitos cosmogónicos y escatológicos, que es nada menos que pretender demostrar, con ayuda de las leyes naturales, que estas fueron infringidas una vez y que volverán a serlo. Tales argumentos han sido utilizados recientemente por el papado <sup>9</sup>, al que por supuesto no le interesa que el universo sea finito o infinito, ni saber si la teoría de la relatividad tiene validez universal o no: lo que le interesa al Papa es que los cosmólogos contemporáneos, o al menos dos o tres de prestigio, confirmen el mito de la creación y del fin del mundo.

### 2.5. *Los tres problemas dinámicos de mayor importancia actual*

Cuando el Papa y los cosmólogos creacionistas hablan de la **edad del universo**, de su presunto origen y de su presunta vejez actual, se refieren esencialmente a tres fenómenos que, falsamente interpretados, podrían hacer presumir que el universo tuvo un comienzo. Dichos fenómenos son: la desintegración radioactiva, mediante la cual es posible estimar la edad de las rocas; la llamada degradación de la energía, que ha sugerido la hipótesis del desgaste progresivo de la maquinaria cósmica; y el corrimiento hacia el rojo de los espectros de las nebulosas, que ha sido interpretado como síntoma de la expansión del universo. De los tres nos ocuparemos en lo que sigue.

Los problemas cosmológicos de mayor importancia ideológica en el momento actual son, por lo tanto, los siguientes:

- (1) "*Edad*" de la materia. Decidir qué se entiende por **edad de la materia** cuando se habla de la edad de las rocas y, en general, de la edad de la corteza terrestre; es decir, establecer si ésta es o no, al mismo tiempo, la edad de la materia, la edad del universo.
- (2) "*Degradación*" de la energía. Precisar qué validez tiene la extrapolación, a todo el universo, del llamado principio de degradación de la energía; averiguar, en consecuencia, qué fundamento tiene el célebre argumento termodinámico a favor del origen del mundo y de su "muerte térmica".
- (3) "*Expansión*" del universo. Resolver si el corrimiento hacia el rojo exhibido por los espectros de la nebulosa extragaláctica debe o no atribuirse al efecto Doppler Fizeau; esto es, decidir si el universo está actualmente en una fase de expansión; en caso afirmativo, averiguar el mecanismo de tal expansión, establecer cuándo comenzó y terminará, y sobre todo si el comienzo de la expansión fue al mismo tiempo el principio del mundo.

Aunque los tres aspectos tienen igual importancia científica e ideológica, me parece conveniente insistir en

<sup>9</sup>Véase el discurso del Papa sobre "Las pruebas de la existencia de Dios a la luz de la ciencia natural moderna", del 22. XI. 1951, reproducido en L'Osservatore Romano del 26 XI. 1951.

el problema termodinámico, ya que el argumento de la "degradación" de la energía sigue siendo el preferido en las presuntas demostraciones de la tesis antropomórfica de que el universo envejece y que, por lo tanto, tuvo un nacimiento y habrá de morir. De aquí que dediquemos mayor atención a este problema.

### 3. LA "EDAD" DE LA MATERIA

#### 3.1. *Fijismo y transformismo*

Durante milenios un argumento clásico de los creacionistas fue la supuesta fiereza de las especies en los llamados reinos de la naturaleza. La presunta invariabilidad de las especies minerales, vegetales y animales concordaba con los mitos relativos a su creación y parecía comprobar que la naturaleza es impotente para crear nuevas formas, recibiendo toda novedad desde afuera. Pero ya a partir del Renacimiento se reconquistaron las ideas transformistas de la antigüedad grecorromana -tan bellamente expuestas por Lucrecio en su inmortal poema- y a partir de mediados del siglo XVIII se fueron afirmando sobre fundamentos sólidos las ideas transformistas, tanto las evolucionistas como las de tipo catastrófico, en biología, mineralogía y cosmología.

La química fue el último baluarte del fijismo, y se comprende, pues primero tuvo que desembarazarse del transformismo imaginario de los alquimistas. A fines del siglo pasado se descubrió que ciertos elementos químicos, tenidos hasta entonces por invariables, se transmutan espontáneamente (esto es, sin causa eficiente conocida hasta ahora). A este descubrimiento de la radioactividad natural se añadió después el de la radioactividad artificial. Más precisamente, se comprendió que todos los átomos, salvo el más sencillo (que es el de hidrógeno) pueden tornarse radioactivos -o sea, pueden transmutarse- en condiciones que al comienzo parecieron excepcionales. Más tarde se comprobó que al menos parte de estas transformaciones de unas especies químicas en otras tienen lugar en el interior de las estrellas y aún en torno nuestro. (En la corteza terrestre, los principales agentes desintegradores y productores de reacciones nucleares son los rayos cósmicos). Por último, se reconoció que los propios constituyentes de los átomos (las llamadas partículas elementales) son pasibles de transformación: que los neutrones son radioactivos (convirtiéndose en protones) y que los electrones negativos y positivos (o positrones) pueden unirse en parejas convirtiéndose en radiación; también se descubrió la llamada "materialización de la energía", que no es sino la conversión de radiación en partículas ("creación" de pares).

Ahora se sabe, en suma, que incluso los constituyentes "elementales" de la materia tienen historia. Se ha visto que los procesos de desintegración y de fisión, los fenómenos termonucleares de síntesis o integración (que, según la teoría de Bethe, originan la radiación estelar), y los procesos de conversión de la radiación en partículas y viceversa, muestran que la materia inanimada tiene historia. En particular, uno de los procesos mencionados, el de la radioactividad, permite explicar la abundancia

relativa de los elementos químicos que forman la corteza terrestre como resultado natural de su evolución a partir de su solidificación.

#### 3.2. *La edad de la corteza terrestre*

No se sabe cuándo empezaron a formarse los átomos a partir de las llamadas partículas elementales; ni siquiera se sabe si este proceso tuvo un origen único en el universo (hipótesis monogenista) o si, por el contrario, sigue produciéndose en algunas regiones del cosmos, simultáneamente con los procesos de disolución o desintegración que conocemos en la Tierra (hipótesis poligenista). Los procesos evolutivos que tienen lugar en algunas nebulosas extragalácticas parecerían favorecer esta última hipótesis, indicando que en algunos lugares del universo predominan las reacciones nucleares de síntesis, en tanto que en otras regiones predominan las reacciones de desintegración; pero esto no se sabe con certidumbre.

Lo que se sabe con cierta exactitud es cuándo comenzó la desintegración radioactiva espontánea en nuestro planeta. Es decir, cuándo empezaron a desintegrarse los átomos (constituidos en una época desconocida) de uranio, torio, etc.. Esto se conoce bastante bien porque los elementos radioactivos se descomponen con una cadencia bien determinada y que casi seguramente ha permanecido constante durante los últimos mil millones de años ( $10^9$  años).

El método que se emplea para determinar la edad de la radioactividad (que no es lo mismo que la edad de los elementos radioactivos) es el siguiente. Se toma una muestra de mineral radioactivo, por ejemplo, de uranio. En su interior se encuentran, además del uranio padre, dos productos de su desintegración: plomo y helio. Estas "cenizas", ya inactivas, de la desintegración del uranio, serán tanto más abundantes (en relación al peso del uranio) cuanto mayor sea el tiempo transcurrido desde que comenzó la desintegración. Si por cada gramo de uranio se encontrasen 0,13 miligramos de plomo engendrado por aquél, se podría estimar que en la muestra en cuestión el proceso radioactivo empezó hace un millón de años. En resumen, la relación de los pesos del uranio y del plomo residual nos da lo que con cierta impropiedad se denomina la "edad del mineral", y que en rigor es el tiempo que ha durado la desintegración.

El más distinguido investigador de este problema <sup>10</sup> dice, con la prudencia que caracteriza al sabio que el método mencionado nos da "el tiempo transcurrido desde que comenzó a modificarse la constitución isotópica del plomo primitivo de la Tierra, por el agregado de isótopos del plomo derivados del uranio I, del actinio U y del torio". Como se ve, no infiere -a diferencia de ciertos divulgadores, como Gamow- que la edad determinada con su método sea la edad de los átomos, o la edad de la materia.

Ahora bien: a las levadas temperaturas reinantes en

<sup>10</sup> A. Holmes, *Nature*, 159, 127 (1947). Una exposición elemental de sus trabajos, se encuentra en su artículo de *Endeavour*, 6, No.23, de julio de 1947.

las estrellas no existen elementos tan pesados o inestables como el uranio; además es probable, aunque de ninguna manera seguro, que la Tierra se haya desprendido de una estrella (muy probablemente del Sol) o se haya originado en el choque de dos estrellas, junto con el resto del sistema solar. De manera que, **grosso modo**, el tiempo que se determina con el análisis de las rocas radioactivas es la época en que se cristalizó el mineral. Y este proceso debió de producirse casi al mismo tiempo en que empezó a solidificarse el resto de la corteza terrestre.

Este método aplicado a las rocas, ha permitido establecer -en base a las hipótesis mencionadas, que son altamente probables pero no seguras- que la edad de la corteza terrestre es de 3.000 a 4.000 millones de años. Algo menor es el tiempo -determinado por métodos geológicos- transcurrido desde la época en que las rocas adquirieron su forma actual: parece ser, a lo sumo, de 2.000 millones de años. Estos tiempos son del mismo orden de magnitud que el transcurrido desde que se solidificaron los meteoritos analizados hasta ahora, y que se ha fijado recientemente en 4.600 millones de años ( $4,6 \times 10^9$  años).

Por supuesto que estos métodos no nos dicen cuándo se formó la Tierra como cuerpo independiente, sino solamente cuándo empezó a solidificarse su corteza. Pero ciertas consideraciones fundadas en el estudio de la radiación permiten concluir que el lapso transcurrido entre uno y otro proceso no ha sido muy largo. Es así que se admite generalmente que **la edad del sistema solar está comprendida entre 3 y 5 mil millones de años**.

### 3.3. ¿Edad de la materia o de los procesos radioactivos?

Ciertos cosmólogos creacionistas concluyen de lo que precede, que **la materia fue creada** hace 3 a 5 mil millones de años <sup>11</sup>. Como hemos visto, no es ésta la conclusión de Holmes, autor de los principales trabajos en la materia. La patraña es evidente: el número mencionado se refiere tan sólo a la edad **de los procesos radioactivos en la corteza terrestre** y presumiblemente en todo el sistema solar, pero no necesariamente en todos los rincones del universo.

Es probable, pero en modo alguno seguro, que los elementos naturalmente radioactivos hayan empezado a desintegrarse inmediatamente después de su formación; tal ocurriría si la radioactividad natural fuese realmente espontánea y no se debiese a alguna fuerza exterior de naturaleza desconocida por el momento. Si se acepta esa hipótesis, puede admitirse que la edad de ciertos elementos químicos -los más complejos y por ello mismo los más inestables- oscila entre 3.000 y 5.000 millones de años en lo que se refiere al sistema solar. De aquí puede inferirse que esta es también, aproximadamente, la edad de la Tierra y, en general, del sistema solar.

Y todo esto no tiene absolutamente nada que ver con la llamada edad de la materia, la que -dicho sea de paso-

<sup>11</sup> Véase p.ej. G. Gamow, **The Creation of the Universe** (N.York, The Viking Press, 1952), pp.6-8.

no existe solamente en forma de átomos radioactivos, como parecen suponer los creacionistas <sup>12</sup>.

## 4. EL ARGUMENTO TERMODINÁMICO

### 4.1. *El segundo principio de la termodinámica*

Para calentarnos las manos solemos frotárnoslas; en este proceso, el trabajo mecánico de desplazamiento se convierte en calor, pero cantidad de energía puesta en fuego se conserva. La ley de **conservación de la energía** es el primer principio de la termodinámica y, en verdad, de la física toda, pues tiene validez universal, o al menos tal es lo que se ha verificado hasta ahora. Puede enunciarse así: la energía es increable e indestructible en sus variadas transformaciones.

Pero se dice que la calidad de la energía obtenida al frotarnos las manos es inferior a la calidad de la energía empleada, pues sólo en parte puede reconvertirse en trabajo. Se ha producido lo que se llama a veces una **degradación** de la energía. La energía total no ha variado en cantidad al convertirse de mecánica en térmica; lo que ha disminuido es la energía **útil** o **libre**, esto es, la energía capaz de convertirse en formas no térmicas, tales como las mecánicas o las electromagnéticas.

Si ponemos en contacto dos cuerpos que estén a temperaturas diferentes, podremos observar que pasa calor del cuerpo que está a mayor temperatura al que está a temperatura menor, (nunca al revés) hasta que llega un momento en que el calor se ha distribuido uniformemente entre los dos cuerpos. A menos que se haga un gasto extra de energía, no podremos alcanzar nuevamente el estado inicial de inhomogeneidad térmica; en los cuerpos en escala humana (por ejemplo, en las máquinas) la energía tiende a distribuirse uniformemente, nunca a concentrarse. Las diferencias de nivel térmico tienden a desaparecer, y con ellas tiende a desaparecer la energía libre.

Si se destapa un recipiente que contiene un gas, éste se expande, realizando eventualmente un trabajo mecánico (por ejemplo, al mover un pistón; ya no podremos volverlo al recipiente (es decir, comprimirlo) a menos que gastemos un trabajo adicional, porque parte del trabajo realizado por el gas durante la expansión se ha convertido irremediamente en calor (por ejemplo, por la fricción del pistón con las paredes del cilindro). El gas habrá perdido parte de su capacidad para realizar trabajo, parte de su energía libre, aumentando en igual medida lo que se llama la energía ligada, o -lo que es equivalente- su **entropía**.

Los anteriores son todos ejemplos de procesos **irreversibles**, en que un estado dado ha sido seguido por otro estado más homogéneo, más estable, de menor energía libre que el estado inicial. Son procesos de "degra-

<sup>12</sup> El uso generalmente incorrecto del vocablo **materia** se presta a una confusión. Los físicos y químicos sin cultura filosófica entienden generalmente por **materia** los cuerpos de constitución atómica, dando nombres especiales a las demás formas de la materia (partículas "fundamentales", campos gravitatorio, electromagnético, mesónico, etc.).

dación” de la energía, procesos en los que ha aumentado la energía ligada, que es irre recuperable en forma útil para el hombre. Lo que es lo mismo, son procesos en que aumenta la entropía <sup>13</sup>.

El examen de la faz termodinámica de un enorme número de fenómenos macroscópicos -en rigor, de fenómenos en escala humana- les mostró a Carnot y a Clausius que, **en esa escala**, los fenómenos físicos y químicos son irreversibles y se producen con aumento de la entropía. Tal es el contenido del **segundo principio de la termodinámica**, el que marca la tendencia más común (o probable) de los procesos de transformación de la energía: una tendencia al **equilibrio** termodinámico, a la igualación de temperatura y a la equipartición de la energía. En este estado, que es el de máxima entropía, ha cesado todo movimiento macroscópico, subsistiendo tan sólo los movimientos incesantes moleculares caóticos y, por supuesto, los movimientos que tienen lugar en el interior de las moléculas y de los átomos, movimientos éstos que no son afectados por la llamada degradación de la energía.

Es preciso tener bien en cuenta -lo que a menudo se olvida cuando se aplica la termodinámica a la cosmología- que el segundo principio de la termodinámica es general pero **no universal**, como lo es, en cambio, el principio de conservación de la energía. En efecto, mientras éste vale en todas las escalas exploradas hasta ahora, el segundo vale allí **donde tiene sentido hablar de calor** o, más exactamente, de diferencias de temperatura. El segundo principio no vale en escala molecular y, a **fortiori**, tampoco vale en escala atómica, donde la energía se conserva en cantidad y en calidad o “nivel”, y donde ni siquiera tiene sentido emplear las variables termodinámicas (temperatura, entropía, etc.), ya que éstas se refieren siempre a agregados compuestos de enormes cantidades de moléculas y átomos. Por consiguiente, es absurdo afirmar que la materia en su conjunto sufre un proceso de desgaste o envejecimiento. El “envejecimiento”, consistente en la disminución de energía utilizable; o libre, solamente tiene lugar en escala humana; se sabe positivamente que no se produce en escala atómica, y hay motivos para suponer que tampoco se produce en la otra punta de la escala, es decir, en la galáctica.

#### 4.2. La conjetura de la “muerte térmica” del universo

Como los procesos naturales en escala humana que conocemos son acompañados de un aumento de la entropía, Clausius y Lord Kelvin creyeron poder **extrapolar** sin más el segundo principio de la termodinámica al universo entero, a todos sus rincones y a todas sus

<sup>13</sup>Si la cantidad de calor absorbida por un sistema a la temperatura absoluta  $T$  es  $dQ$ , el aumento de entropía que sufre el sistema es  $dS = dQ/T$ . La segunda ley de la termodinámica puede formularse de la siguiente manera:  $dS/dt \geq 0$ , donde  $t$  denota el tiempo. La igualdad vale para los procesos irreversibles (ideales en escala humana), la desigualdad para los procesos irreversibles, que son todos los que tienen lugar al nivel macroscópico. La cantidad de energía que al cabo del proceso ha quedado ligada al sistema en forma de movimiento molecular caótico es  $TdS$ .

épocas, pasadas y futuras. Sostuvieron así que la entropía total del universo aumenta en el curso del tiempo de manera que llegará un momento en que alcanzará su valor máximo. Este sería el instante en que el mundo habría llegado a su estado “final” de equilibrio termodinámico, estado en que toda inhomogeneidad térmica habría desaparecido, en que todo cambio macroscópico sería imposible, ya que toda la energía libre se habría “degradado”, convirtiéndose en la energía térmica del caótico movimiento molecular; ésta última quedaría uniformemente distribuida -de acuerdo con las leyes de la mecánica estadística- por los siglos de los siglos, amén <sup>14</sup>. En una palabra, el universo envejece y terminará muriendo de “muerte térmica” (**Warmetod, thermal death**). Quedarían así confirmados -¡ en una forma groseramente materialista!- Los mitos escatológicos.

Si tal proceso se realiza a una velocidad dada y en forma monótona, como ocurre con los procesos irreversibles que conocemos, quiere decir que el estado final de equilibrio térmico será alcanzado por el universo dentro de un tiempo finito, aunque probablemente muy grande (seguramente más que suficiente para que se hayan olvidado los mitos cosmogónicos y escatológicos). Esto no es todo. Así como ese estado de entropía **máxima** provendrá del estado actual -en que la entropía tiene un valor inferior al máximo- parece lógico admitir que a su vez este estado actual provenga de un estado inicial de entropía **mínima**, o sea, de un estado en que el “nivel” de la energía total del mundo era máximo, por serlo el valor de su energía libre; por el mismo razonamiento, este estado se habría producido hace un tiempo finito. En ese estado de entropía mínima -por ejemplo, nula- en esa edad de oro del cosmos en que hasta la energía era mejor y más barata, el “primer cambio termodinámico que se produjese (el “primer” choque entre dos masas con producción de calor, la “primera” expansión, el “primer” flujo térmico) debía producir un aumento de la entropía del universo. ¡Oh, perdido paraíso de entropía nula!

De esa conjetura, algunos cosmólogos religiosos han concluido otra, a saber, que el universo fue **creado** hace un tiempo finito, ya que la materia no puede experimentar cambios macroscópicos sin que aumente su entropía; el estado “inicial” del universo habría sido tan inestable, que el cosmos no habría podido existir ni un solo minuto antes de la “creación”. En otras palabras, los creacionistas sostienen que, puesto que el universo parece “envejecer” **en su aspecto termodinámico**, debió de tener un principio. Nada más natural para una mentalidad antropomórfica es tragada desde su infancia por los mitos religiosos. Nada más plausible para quien se representa el universo como un reloj al que alguien debió de darle cuerda y que, como todo reloj, habrá de detenerse algún día por la fricción y el consiguiente desgaste de sus partes. Y, también, nada más opuesto al **primer principio** de la termodinámica, y primero de la física to-

<sup>14</sup>Para una exposición moderna de esta fantasía científica, cf. J. Jeans, **The Mysterious Universe** (Cambridge, University Press, 1930 y numerosas reediciones).

da, el principio según el cual la energía es increable e indestructible.

#### 4.3. *Crítica clásica del argumento termodinámico creacionista*

El talón de Aquiles del argumento termodinámico a favor de la creación y del fin del mundo es su total desdén por el principio de conservación de la energía, que, como se vio, es universal, a diferencia del principio de "degradación". Otro de sus lados flacos es que supone implícitamente que el universo posee una extensión finita en el espacio y que por lo tanto le es aplicable la termodinámica de los sistemas finitos, que es la única que conocemos y que tiene sentido. Un tercer punto débil es el supuesto de que el principio de Carnot-Clausius puede aplicarse, en su formulación no relativista, a todo el espacio y a todos los tiempos. De esto último nos ocuparemos en los párrafos 4 y 5; por el momento señalemos otro argumento en contra del "fundamento" termodinámico de la creación.

La entropía mínima del "estado inicial", correspondiente al instante en que se habría producido el "primer" flujo térmico, tiene que haber sido nula, o por lo menos menor que la actual; tal sostienen los creacionistas, y podemos admitirlo a los fines de la discusión, ya que sería absurdo suponer que el Creador fabricó un reloj ya gastado. Pero de aquí **no** se sigue que el universo no existió **antes** de ese instante en que se habría producido el primer flujo térmico. En efecto, cualquiera fuese el valor de la entropía del universo en el instante en que comenzaron los procesos térmicos, dicho valor pudo haberse mantenido constante **desde toda la eternidad**, a condición de que no se produjesen cambios termodinámicos, es decir, siempre que en la lista de los fenómenos naturales no apareciese el calor (y ¿qué nos obliga a suponer que siempre ha figurado en la lista?)

Precisemos este argumento. La entropía de un cuerpo es nula solamente si también lo es su temperatura absoluta; de modo que al comienzo de la presunta evolución que habría llevado al universo a su estado actual, su temperatura tienen que haber sido de 273° Celsius bajo cero. A esta temperatura no habría habido calor, pero no por ello habrían faltado fenómenos físicos y hasta químicos. En efecto, según el tercer principio de la termodinámica, o teorema de Nernst, en la vecindad del cero absoluto los procesos físicos y químicos son **isoentrópicos**, es decir, tienen lugar si cambio de entropía. O sea, al cero absoluto de temperatura no sólo continúan las minúsculas oscilaciones del "punto cero!" de que nos habla la teoría cuántica, no sólo persisten los movimientos nucleares atómicos y moleculares, sino también todos los demás fenómenos físicos y químicos en los que no entra en juego el calor.

Por consiguiente, la hipótesis de que el estado actual del universo proviene de un estado inicial de entropía nula no implica, en modo alguno, que ese estado haya sido al mismo tiempo el **primero** en la historia del mundo. La materia pudo haber existido eternamente sin que

variase su entropía, siempre que no se produjese calor, siempre que no hubiese habido fuentes de producción de entropía (tales como la fricción, la conducción de calor, etc). Vale decir, aún admitiendo la validez del segundo principio de la termodinámica en escala cósmica, y aún admitiendo que en esta escala podría ser aplicado en su formulación no relativista, (hipótesis ambas injustificadas), la termodinámica no da asidero al mito creacionista. A lo sumo conduce a admitir que los procesos **termodinámicos** tuvieron principio hace un número finito de años, lo que nada tiene que ver con la creación del universo. Veremos en seguida que, si se abandonan los marcos de la termodinámica clásica, no siquiera se impone la conclusión de un comienzo y de un fin **termodinámicos** del universo.

#### 4.4. *Crítica relativista de la conjetura de la muerte térmica*

Se vio en el párrafo anterior que, aun admitiendo la validez universal del principio de Carnot-Clausius, la hipótesis de la creación es gratuita; hemos sugerido también que, si dicho principio no vale en escala atómica, no hay por qué suponer a **priori** que valga en escala cósmica, pues es cosa sabida que no todo lo que vale para las partes vale para el todo. Y veremos ahora que, aun admitiendo la hipótesis de la validez del segundo principio en escala cósmica, él no conduce necesariamente a la "muerte térmica" del universo.

Pero no podemos pretender aplicar el segundo principio de la termodinámica, en su formulación **clásica**, al universo entero. Sabemos que cuando se trata de vastas regiones del espacio debemos aplicar la física que cumple los requisitos de la teoría generalizada de la relatividad; en particular, es la termodinámica relativa (generalizada), y no la clásica, la que debemos emplear en las especulaciones cosmológicas. Es una total inconsecuencia de la de los cosmólogos idealistas que emplean la teoría relativista de la gravitación cuando quieren dar una apariencia científica a los mitos cosmogónicos, usando en cambio la termodinámica clásica cuando quieren justificar los mitos escatológicos. ¡Oh, los misterios de la ciencia dirigida por la religión!

Ante todo es preciso tener en cuenta que cuando se extiende el principio de Carnot-Clausius a la relatividad generaliza, por lo común se parte de su formulación clásica, lo que ya constituye una restricción. En segundo lugar, esta generalización no es unívoca; en efecto, puede darse más de una formulación relativista del principio en cuestión, y solamente la observación futura podrá decir cuál de ellas se aproxima más a la realidad. Con todo, en estas formulaciones relativistas aparecen como no podría ser de otro modo, característica nuevas, posibilidades termodinámicas insospechadas en la teoría clásica. Entre ellas figura la posibilidad de escapar a la muerte térmica del universo.

El gran físico y cosmólogo Tolman<sup>15</sup> (1881-1949) in-

<sup>15</sup>R. C. Tolman, **Relativity, Thermodynamics and Cosmology** (Oxford, Clarendon Press, 1934).

vestigó en detalle dos modelos de universo que se ajustan a los requerimientos de la teoría general de la relatividad y que escapan a la muerte térmica. En el primero de ellos se producen procesos reversibles a una velocidad finita (teoría del eterno retorno cíclico); en el segundo se producen procesos que, aun siendo irreversibles, no terminan en un máximo de entropía (teoría de la eterna renovación del universo).

Consideremos la primera variante en un ejemplo elaborado por el mismo Tolman. Encerremos un gas (al que por sencillez supondremos ideal y monoatómico) en un cilindro provisto de pistón. Para que este gas pudiera comprimirse y expandirse alternadamente sin fin, en forma reversible y sin proveerle energía, tendríamos que eliminar todas las fuentes de aumento de entropía: el pistón tendría que deslizarse sin fricción, habría que impedir todo flujo térmico entre las paredes del cilindro y el exterior, etc. En la práctica esto es imposible; si el proceso se realiza a una velocidad finita, al cabo de un ciclo la entropía habrá aumentado y las compresiones que lograremos sin añadir trabajo serán cada vez menores, hasta que por último toda la energía libre del gas se habrá disipado en forma de calor.

Pero ¿qué ocurriría si la expansión del gas fuese libre, o sea, si el gas se expandiese en el vacío? El problema cosmológico correlativo o es: ¿qué ocurriría con un universo consistente en una masa finita de gas libre e expandirse? Este problema no podía tener una solución satisfactoria en la física clásica, porque la teoría newtoniana de la gravitación haría exigido que las moléculas terminasen por caer las unas sobre las otras, comprimiéndose en un estrecho espacio; pero la relatividad general conduce a un resultado que no es catastrófico. El caso es importante porque la nube de densidad uniforme es el más sencillo de los modelos cosmológicos imaginados y el que, por su misma sencillez, es adoptado en la actualidad por casi todos los cosmólogos.

Tolman demuestra que, contrariamente a lo que exige la termodinámica clásica, la relatividad permite **una sucesión sin fin de ciclos de compresiones y expansiones reversibles** de un fluido a una velocidad finita. Cada parte del modelo cosmológico mencionado puede contraerse y expandirse alternadamente sin absorber ni ceder calor a las demás partes, o sea, en forma adiabática. Esto es, el proceso podría continuar indefinidamente sin "degradación" de la energía, con un valor constante de la entropía. No habiendo pistones ni sus equivalente cósmicos, no habría ficción, y en consecuencia no habría generación de calor parcialmente irrecoverable; no habiendo flujos de calor entre las partes, el todo no terminará por alcanzar el estado homogéneo de equilibrio y equipartición de la energía. **Así como no habría origen tampoco habría fin, pese a tratarse de un proceso típicamente termodinámico.**

La naturaleza puramente hipotética de este "móvil de segunda especie" permitido por la termodinámica relativista no disminuye su gran valor científico e ideológico. En primer lugar, no es más hipotético que la conjetura de

Clausius y Lord Kelvin, no mas fantástico que el modelo cosmológico de Willem de Sitter, en el que no hay materia. En segundo lugar, la cosmología, en su estado actual, no puede hacer otra cosa que formular hipótesis, y cuando menos están éstas afectadas de prejuicio, tanto mejor.

#### 4.5. Universos sin fin termodinámico y sin eterno retorno

La segunda posibilidad inaugurada por la termodinámica relativista en la de los **procesos irreversibles** (no cíclicos) **que no alcanzan un estado final de entropía insuperable**. Desde el punto de vista de la termodinámica clásica éste es un contrasentido, pues por definición un proceso es irreversible si va acompañado de un aumento de entropía; y como ésta aumenta en forma monótona (sin decrecer en su conjunto, aun cuando localmente puede disminuir a costa del aumento de entropía en otra parte), un proceso tal como la expansión y dilatación sucesivas de un fluido debiera terminar en un estado final de equilibrio, que al mismo tiempo sería el de máxima entropía (energía libre nula).

El examen relativista del modelo cosmológico considerado en el párrafo anterior muestra, sin embargo, que la nube de gas puede expandirse a partir de un volumen dado, llegar a un volumen máximo y luego comprimirse, alcanzando un volumen que en general será diferente del que tenía al comienzo del ciclo anterior; y este proceso podría continuar indefinidamente. Es decir, el proceso sería irreversible, pues los estados extremos no se repetirían, pero la entropía no alcanzaría un valor máximo insuperable, de manera que siempre habría energía libre disponible. No habría eterno retorno pero tampoco habría "muerte térmica".

Tolman estudió en detalle los modelos de universo oscilantes, o pulsantes, llegando a la conclusión de que "en la termodinámica relativista no podemos seguir suponiendo que la entropía de nuestro sistema alcanzaría un valor máximo insuperable, el que limitaría la prosecución de los procesos irreversibles que tienen lugar en el fluido, y que por consiguiente conduciría a un estado final de estancamiento".<sup>16</sup> Demostró que en ciertos casos, en lugar de disminuir las amplitudes de las expansiones y contracciones irreversibles sucesivas, estos modelos cosmológicos tendrían una tendencia a aumentar el volumen al cabo de cada ciclo, lo que también contradice a la termodinámica clásica. La entropía podría, pues, aumentar indefinidamente a medida que se sucediesen las contracciones y expansiones; podría aumentar sin límite, sin que el universo alcanzase el estado de "muerte térmica".

#### 4.6. La termodinámica no da fundamento a los mitos cosmogónicos y escatológicos

La termodinámica es resueltamente incompatible con los mitos creacionista, todos los cuales violan su primer principio, que a diferencia del segundo posee carácter

<sup>16</sup> Tolman, *op. cit.*, p. 328. Los modelos cosmológicos pulsantes son estudiados en pp. 322 y ss, y 435 y ss.

universal. También carecen de fundamento termodinámico los mitos escatológicos. En primer lugar, porque no tenemos la certeza de que el principio de Carnot-Clausius, que es inaplicable en escala atómica, valga para el universo en su conjunto; si sabemos que casi todas las leyes físicas conocidas tienen un dominio de validez limitado ¿por qué hacer una excepción a favor del segundo principio, y tan luego en su formulación no relativista? En segundo lugar, porque la formulación relativista de este principio permite varios tipos de evolución que no acaba en la "muerte térmica".

En tercer lugar porque, aun aceptando la extrapolación del segundo principio al universo entero (extrapolación criticada hace y medio siglo por Poincaré), y aun concediendo la validez de su formulación no relativista, la conjetura de la muerte térmica no es válida en referencia a un universo de extensión infinita. Un universo infinito tiene una **reserva infinita de energía libre**; por rápidamente que en algunas de sus partes se gaste la energía libre, siempre queda, en el resto del universo, una reserva inagotable de energía libre, como si se tratase de un pozo de petróleo de profundidad infinita. Y ¿por qué suponer a **priori** que el universo posee una extensión espacial finita cuando no hay razones para ello y en momentos en que los datos astronómicos favorecen a la conjetura opuesta, al punto de que creacionistas como Gamow<sup>17</sup> admiten que la hipótesis de la infinitud del universo es más probable que la contraria?

En cuarto lugar, las consideraciones termodinámicas con referencia a los procesos en escala cósmica han pasado un tanto de moda desde que se ha descubierto que un conjunto de núcleos atómicos que ha alcanzado la "muerte térmica" (o sea, cuyos movimientos de traslación mecánica son tan caóticos que es muy improbable que puedan organizarse dando como resultado un movimiento de conjunto utilizable por el hombre) es cualquier cosa menos inofensivo, ya que en su seno pueden producirse reacciones nucleares (termonucleares, si la temperatura es muy elevada).

La identificación de la "muerte térmica" con el estancamiento nunca fue correcta, pero lo es menos que nunca desde que se conocen las tremendas energía que encierran los núcleos atómicos.

Tolman concluía su examen de los modelos de evolución cíclica afirmando, con su cautela acostumbrada, que no sería acertado inferir con certeza que el universo nunca habrá de llegar a un estado de entropía máxima, en el cual todo cambio termodinámico sería imposible. (Tenía en cuenta solamente los modelos de extensión espacial finita). Sostenía que, sin embargo el descubrimiento de los procesos cíclicos sin comienzo ni fin tendría que ejercer una influencia liberadora sobre el pensamiento termodinámico. "Al menos, parecería más cuerdo que dejásemos de afirmar dogmáticamente que los principios de la termodinámica requieren necesariamente que el universo haya sido creado en un tiempo pasado finito y que está destinado al estancamiento y la muerte en el

futuro."<sup>18</sup>

En vez de buscar el fundamento termodinámica del mito del Juicio Final, sería más acertado investigar sus raíces sociales. Además, no se comprende que utilidad puede tener para las religiones un universo no creado (ya que el mito de la creación se opone al principio de conservación de la energía) pero destinado, por un perverso plan divino, a la muerte térmica. Muy perversa tendría que ser una divinidad que ordenase la disolución final de un universo que fue incapaz de crear.<sup>19</sup>

## 5. LA HIPÓTESIS DE LA EXPANSIÓN DEL UNIVERSO

### 5.1. *El corrimiento hacia el rojo*

La espectroscopía muestra que los elementos químicos que forman los cuerpos celestes conocidos se hallan también en la Tierra. Desde el punto de vista óptico, cada elemento se distingue de los demás por su espectro; es decir, se distingue por el conjunto de frecuencias luminosas capaz de emitir y de absorber. Así es cómo es posible identificar la composición química de los cuerpos celestes luminosos sin disponer de muestras de los mismos.<sup>20</sup>

Ahora bien: la observación muestra que los espectros de las nebulosas extragalácticas (es decir, de las demás galaxias) son idénticos a los que se obtienen en la Tierra para los mismos elementos, con una sola diferencia, que es de carácter cuantitativo, a saber, que exhiben un **corrimiento hacia el rojo**. Este efecto, del que ya se tenía noticia en 1912, fue demostrado concluyentemente por Hubble en 1929 en base a la medición del corrimiento de los espectros de 46 nebulosas y desde entonces no se ha hecho sino confirmarlo. Se ha encontrado que el desplazamiento de las líneas espectrales es proporcional a la distancia de las nebulosas a la Tierra.<sup>21</sup>

<sup>18</sup>Tolman, *op. cit.*, p. 444.

<sup>19</sup>El argumento termodinámico sigue siendo empleado por creacionistas como el Papa, Gamow y von Weizsacker. Otros creacionistas, en cambio, lo han abandonado debido a su fragilidad; entre éstos se cuenta E. J. Opik, "The Age of the Universe", **The British Journal for the Philosophy of Science**, 5, 203 (1954).

<sup>20</sup>La abundancia relativa de los átomos de los principales elementos, tal como se desprende de los cálculos fundados en las observaciones espectroscópicas de las estrellas y demás cuerpos celestes luminosos, es la siguiente:

Hidrógeno	100.000
Helio	10.000
Oxígeno	63
Nitrógeno	46
Carbono	23
Neón	2,6 a 70
Hierro	5
Magnesio	2,9
Demás elementos	3

<sup>21</sup>La relación encontrada por Hubble y Humason entre el desplazamiento relativo  $\Delta\lambda/\lambda$  de la longitud de onda lambda y la distancia  $r$  de la Tierra a la nebulosa, era

$$\Delta\lambda/\lambda = 5,37 \times 10^{-10} \times r$$

si la distancia  $r$  se mide en años luz; si se la mide en centímetros, el segundo miembro es  $5,68 \times 10^{-28} \times r$ . Este valor se reduce a la mitad con el reciente descubrimiento de que es preciso duplicar

<sup>17</sup>G. Gamow, *op. cit.*, pp. 36 y ss.

La explicación **más sencilla** encontrada **hasta ahora** es que el efecto Hubble no es sino un efecto Doppler Fizeau; o sea, que el corrimiento hacia el rojo se debe a que **las galaxias se alejan unas de otras**, y en particular que las nebulosas extragalácticas se alejan de nuestra Vía Láctea.

Recordemos en qué consiste el efecto Doppler Fizeau, que es de observación diaria. El silbato del tren que se aleja de nosotros es más grave (de menor frecuencia) que el que observamos cuando está en reposo respecto de nosotros; el silbato del tren que se aleja de nosotros es más grave (de menor frecuencia) que el que observamos cuando está en reposo respecto de nosotros, el silbato del tren que se acerca a la estación es, en cambio, más agudo. Algo análogo ocurre con todos los demás fenómenos ondulatorios, y en particular con la luz. Las ondas que nos llegan de una fuente luminosa que se aleja respecto de nosotros poseen una frecuencia menor que las provenientes de una fuente en reposo respecto de nosotros. Si se admite que el efecto Hubble no es sino un efecto Doppler-Fizeau, resultaría que la velocidad de alejamiento de las galaxias aumenta proporcionalmente con la distancia <sup>22</sup>.

El que esta explicación sea la más sencilla encontrada hasta ahora no implica, por supuesto, que sea la verdadera, ni que haya sido verificada en sus consecuencias. La sencillez no es un criterio de verdad sino, más bien, un signo de lo rudimentario de una teoría.

### 5.2. Consecuencias de la hipótesis del alejamiento de las nebulosas

Si se admite la hipótesis, que dista de ser hecho certificado, de que el desplazamiento hacia el rojo de las rayas espectrales es un efecto Doppler-Fizeau, es preciso admitir que **el universo se expande** <sup>23</sup>. Y por cierto que a gran velocidad, pues las galaxias más veloces, que al mismo tiempo serían las más lejanas, se alejarían de la nuestra a razón de más de 60.000 kilómetros por segundo, o sea, un quinto de la velocidad de luz.

Esta conclusión no es segura y el mismo Hubble vacila en aceptarla. Bien podría suceder que el desplazamiento hacia el rojo tuviese una causa diferente, desconocida por el momento, tal como ocurrió con el desplazamiento, (también hacia el rojo pero en mucho menor grado), provocado por la curvatura del espacio, previsto

las distancias intergalácticas que se habían hallado hasta 1951.

<sup>22</sup>La teoría ondulatoria de la luz explica el efecto Doppler-Fizeau y da, de conformidad con la experiencia, el siguiente valor del desplazamiento relativo de la longitud de onda:

$$\Delta\lambda/\lambda = v/c$$

donde  $v$  es la velocidad de la fuente y  $c$  la de la luz. Introduciendo el valor del desplazamiento encontrado por Hubble ( $v$ . La nota anterior) se encuentra  $v = 1,7 \times 10^{-17} \times r$  *cm/seg*, velocidad que se reduce a la mitad haciendo la corrección mencionada anteriormente.

<sup>23</sup>La hipótesis de la expansión del universo fue enunciada en 1917 por Willem de Sitter y elaborada por el notable astrofísico y audaz fantaseador cosmológico Arthur Eddington, en **The Expanding Universe** (Cambridge, University Press, 1933).

por la teoría general de la relatividad y luego confirmado empíricamente. Al fin de cuentas, la observación de este fenómeno se limita a la región del universo **explorada** hasta ahora, y no hay motivos para excluir **a priori** la posibilidad de que en el futuro, merced a telescopios de mayor alcance que el de Monte Palomar, se encuentren nebulosas cuyos espectros no se desplace, o bien se desplacen hacia el violeta; esto último indicaría, aceptando que se trata de un efecto Doppler, que lo que ocurre es una acercamiento de esas nebulosas <sup>24</sup>.

Pero el hecho es que, por el momento, no se dispone de una explicación mucho más satisfactoria del efecto Hubble, de manera que, si bien no se puede negar dogmáticamente la posibilidad de otras explicaciones, tampoco hay por que rechazar de plano la hipótesis de que la **parte explorada** del universo se está expandiendo. Lo más razonable parecería ser aceptar esta hipótesis como posible, sin aceptar sin embargo las infundadas conjeturas que suelen adosársele, a saber, que **todo**, el universo se expande, que la expansión se viene produciendo con una cadencia **constante** desde el "comienzo", que no cesará **jamás**, y que confirma el mito de la **creación** del mundo.

¿Cuáles son las principales consecuencias de la hipótesis de la expansión del universo explorado, posibilidad tan calurosamente acogida por los creacionistas como violentamente rechazada por ciertos materialistas? Veremos en seguida que tales consecuencias no son, ni tan alentadoras para los primero, ni tan desalentadoras para los segundos.

Si se supone que el universo es **infinito** (y ya hemos visto que nada se opone a esta hipótesis), la recesión de las nebulosas no lo cambia gran cosa. No hace sino disminuir la curvatura del espacio y aumentar las distancias relativas entre las galaxias, sin que ello modifique la configuración y composición de cada una de ellas. Careciendo el universo de centro, la expansión vendría sucediéndose **desde toda la eternidad** y proseguiría indefinidamente, ya que a una velocidad finita no se termina de recorrer una distancia infinita. Podría objetarse que en épocas muy remotas la densidad debió de ser enorme. Pero esta objeción no sería precisamente útil a los creacionistas, ya que (a) nada autoriza a suponer que la densidad de la materia pueda tener un límite; (b) si el universo tuvo alguna vez una densidad tan grande como la de la materia que forma los núcleos atómicos actuales, es muy difícil explicar cómo pudo expandirse, ya que las partículas se atraen a tales distancias, con fuerza enormemente superiores a las fuerzas del mundo macroscópico (las llamadas fuerzas nucleares específicas). Nada hay, pues, que sugiera que un universo infinito en expansión haya tenido un comienzo obtendrá un fin.

En cambio, si se supone que el mundo es cerrado (de volumen finito), es preciso admitir que **la expansión** tuvo un origen en un tiempo pasado, remoto pero finito

<sup>24</sup>Esta posibilidad fue señalada por R. S. Tolman, en "The Age of the Universe", **Reviews of Modern Physics**, 21, 374 (1949).

(ya que, a diferencia del caso anterior, en este el espacio disponible para contener la masa total del universo era muy pequeño). Pero de esto no se sigue que el universo tuvo un origen, como se ve obligado a reconocerlo el propio Gamow,<sup>25</sup> quien, sin embargo, habla de la creación como si fuese un hecho natural.

Vale decir, si se adopta la hipótesis del universo finito en expansión, se hace preciso admitir que el estado actual del universo es el resultado de una especie de explosión que tuvo lugar hace un cierto número de miles de millones de años, y que podría haberse parecido a la que se observa en las supernovas. En el **estado anterior al comienzo de la expansión** tal vez no habría habido estrellas ni nebulosas, sino un gas homogéneo de enorme densidad a una elevadísima temperatura.

Pero esto estaría en contradicción con la hipótesis de la degradación universal de la energía. En efecto, según se vio en el Capítulo IV, párrafo 3, para que un cuerpo posea entropía nula debe estar a la temperatura del cero absoluto. De manera que los creacionistas debieran optar entre la expansión del universo y la extrapolación cósmica del principio de Carnot. Las dos hipótesis no se pueden sostener a la vez.

### 5.3. *Las hipótesis que supone la teoría de la expansión del Universo*

Coloquémonos en el caso **aparentemente** más favorable al creacionismo; esto es, admitamos que el efecto Hubble es universal, que se debe realmente a la expansión del universo y no a otro proceso, y que el universo tiene una extensión espacial finita. Una sencilla cuenta muestra que el gran suceso -al que el Papa llama el "poderoso principio debió de ocurrir hace unos 4.000 millones de años ( $4 \times 10^9$  años)<sup>26</sup>. Pero la cuenta es demasiado sencilla para ser cierta, y su sencillez se debe a que se funda sobre demasiadas hipótesis violentamente simplificadoras. Recordémosla: (a) el universo es espacialmente finito; (b) el efecto Hubble es un efecto Doppler-Fizeau; (c) las nebulosas partieron todas a la vez de un origen común; (d) una fuerza de naturaleza **desconocida** provocó la expansión, venciendo la atracción de las fuerzas nucleares y de la gravitación (las primeras debieron ser apreciablemente mayores que las segundas en el hipotético estado de alta concentración).

Basta que sólo una de las hipótesis mencionadas fuese falsa para que todo el edificio expansionista se derrumbe. Pero ni siquiera admitiendo que el universo se halla actualmente en una fase expansiva se deduce que haya tenido un origen en el tiempo, pues los tiempos que se calculan (como el mencionado, de  $4 \times 10^9$  años) se refieren

<sup>25</sup>G. Gamow, **op. cit.**, pp. 29 y ss.

<sup>26</sup>Despreciando el efecto retardador de la gravitación, la fórmula de Hubble nos da, para ese tiempo, el valor de  $10^{17}$  seg, o sea, aproximadamente  $2 \times 10^9$  años, admitiendo los nuevos valores de las distancias intergalácticas este tiempo se duplica con gran alivio de los creacionistas, porque el número anterior es inferior a la edad de la corteza terrestre y aún a la época en que apareció la vida sobre nuestro planeta. Según A. Holmes, **Nature**, **173**, 612 (1954) este último hecho ocurrió hace unos  $2,5 \times 10^9$  años.

al comienzo de la expansión y no al comienzo del universo, como lo señala el propio Einstein<sup>27</sup>.

Ha habido otras tentativas de explicar el efecto Hubble. Una de las primeras fue la hipótesis de la "curvatura" del tiempo, que aparecía en el modelo de Sitter, y según la cual los intervalos de tiempo (por ejemplo, los períodos de las oscilaciones electromagnéticas) aumentan con la distancia, de manera que las frecuencias disminuyen con la distancia. Otra tentativa de explicar el corrimiento hacia el rojo sin expansión, fue la de Milne, que los científicos se resisten a aceptar debido al carácter apriorista de la teoría de la "relatividad cinemática", en la que se funda<sup>28</sup>. Una de las últimas tentativas ha sido la de Finlay Freundlich<sup>29</sup>, según la cual el corrimiento hacia el rojo podría deberse a las pérdidas de energía que sufren los fotones (o sea, las "partículas" de luz) al atravesar los campos electromagnéticos interestelares, vale decir, al chocar con otros fotones. Esta explicación, tan poco segura como las demás propuestas hasta ahora, no exigiría la expansión del universo; pero, en cambio, exigiría que las imágenes de las nebulosas se vieran esfumadas, tal vez menos nítidas de lo que se ven.

En definitiva, es posible que se encuentren explicaciones del efecto Hubble que no impliquen la expansión del universo; los astrofísicos están trabajando en este difícil asunto, y a medida que se conoce mejor la naturaleza de la luz y del campo gravitatorio se hace más claro que un mismo efecto, tal el corrimiento hacia el rojo, puede ser producido por varias causas. Pero aun suponiendo que el universo esté actualmente en una fase expansiva, ello no tiene nada que ver con el origen y el fin del mundo.

### 5.4. *La hipótesis de la expansión del universo no sostiene al creacionismo*

Poco importa, desde el punto de vista ideológico, el momento exacto en que habría empezado la supuesta expansión: ni las iglesias ni los amigos de la ciencia harán cuestión por unos pocos miles de millones de años. Más aun, en rigor interesa poco, desde ese mismo punto de

<sup>27</sup>A. Einstein, **The Meaning of Relativity** (Princeton, Princeton University Press, 1945), p. 129.

<sup>28</sup>E. A. Milne, **Relativity, Gravitation and World-Structure** (Oxford, University Press, 1935). Véase la brillante crítica metodológica de las teorías de Milne y Eddington, por M. K. Munitz, "Scientific Method in Cosmology", **Philosophy of Science**, **19**, 108 (1952). La explicación de Milne es probablemente falsa pero sin duda muy ingeniosa. Según Milne, lo que ocurre no es un progresivo desplazamiento de las frecuencias hacia el rojo sino, por el contrario, **hacia el violeta**: las nebulosas lejanas estarían **en reposo respecto** de la nuestra, y la luz que nos llega de ellas es más roja porque la escala del tiempo está cambiando; es decir, los procesos atómicos estarían acelerándose. Si pudiéramos trasladarnos instantáneamente a una de las nebulosas extragalácticas, razona Milne, encontraríamos que **ahora** emite luz con el mismo espectro que el que encontramos en la Tierra; lo que ocurre es que la luz que nos llega de las nebulosas es **más vieja**, habiendo sido emitida cuando los procesos físicos eran más lentos (de menor frecuencia de oscilación). En la fantástica cosmología de Milne hay creación pero no fin del universo.

<sup>29</sup>E. Finlay-Freundlich, *Proceedings of the Physical Society, A*, **67** 192, (1954). Véase también M. Born, *Ibid*, p. 193.

vista, el que el universo se expanda o no. En efecto, lo único que sugiere aquél tiempo de 4.000 millones de años calculado por los expansionistas, es que entonces ha **comenzado la expansión** como una **nueva etapa** en la historia del universo eterno; o, más precisamente, como una nueva etapa en la evolución de la parte explorada del universo. La cosmología científica, que, como las ciencias que le sirven de fundamento se apoya en el **ex nihilo nihil fit, in nihilo nihil revertit**, de los materialistas de la antigüedad, no lleva a la conclusión de que antes de la supuesta explosión cósmica no existiese el universo, y tampoco puede probar que todas las partes del universo provengan de tal explosión. El propio Gamow se ve obligado a reconocer que nada exige suponer que el universo no existía antes del comienzo de la expansión, y Whittaker, miembro de la Academia Pontificia de Ciencias, admite que antes de la supuesta expansión el universo puede haber existido en una forma diferente de la actual. ¿En qué beneficia esto a los creyentes en los mitos cosmogónicos? Y ¿en qué daña a las viejas tesis materialistas de la eternidad de la materia y de su mutabilidad incesante?

En cuanto al problema de si la expansión, en caso de confirmarse para el universo explorado ha de continuar indefinidamente o no, carece de una respuesta unívoca. Gamow responde dogmáticamente que proseguirá eternamente, pero en el Capítulo anterior hemos visto que Tolman inventó modelos cosmológicos oscilantes, que se expanden y contraen alternadamente, sin eterno retorno, y que recuerdan a los imaginados por Empédocles, Demócrito, Engels y Arrhenius. De acuerdo con esta hipótesis, la expansión actual habría sido precedida por una etapa de contracción, durante la cual se habría formado los elementos químicos. Pero nada indica, por el momento, que esta hipótesis sea más plausible que la de la expansión indefinida. En rigor, a este respecto sólo se sabe lo que Sócrates creía saber acerca de todas las cosas, o sea, que nada se sabe.

En resumen, la hipótesis de la expansión del universo -hipótesis que ciertos creacionistas quieren hacer pasar por hecho certificado- no conduce en modo alguno a admitir el mito de la creación y, en rigor, es totalmente ajena al mito del fin del mundo.

## 6. CONCLUSIÓN

Hemos visto que los diversos argumentos esgrimidos por los cosmólogos creyentes a favor de los mitos cosmogónicos y escatológicos carecen de fundamento científico. Las mediciones de los residuos de la desintegración radioactiva nos dan, no la edad de la materia, sino la época en que probablemente se solidificó la corteza terrestre (de 3.000 a 4.000 millones de años atrás). El segundo principio de la termodinámica no sugiere en modo alguno que el universo haya tenido un comienzo; en su forma relativista no conduce a la "muerte térmica", y en todo caso el mito de la creación infringe el primer principio de la termodinámica, que es el de la conservación de la energía. Por último, la hipótesis de la expansión

del universo, aun cuando fuese comprobada en el futuro, nada tiene que ver con los mitos cosmogónicos y escatológicos; el tiempo que ella sugiere no es otro que el transcurrido desde el momento en que habría empezado la presunta expansión.

La coincidencia aproximada de los órdenes de magnitud de los tiempos en que habría empezado la expansión del universo, se habría formado el sistema solar y habrían comenzado a desintegrarse los átomos radioactivos, sólo sugiere que hace unos 4.000 millones de años el mundo empezó una nueva etapa de su existencia eterna, una etapa probablemente diferente a las anteriores. Dicha concordancia solamente sugiere que la materia pudo existir, en la parte explorada del universo, en una forma diferente de la actual. Dada la mutabilidad de la materia, lo sorprendente sería lo contrario, o sea, que el universo hubiese permanecido siempre en el mismo estado.

Para terminar, no encuentro nada mejor que reproducir un párrafo de uno de los últimos trabajos de Tolman. A requerimiento de un amigo escribió un artículo sobre "La edad del universo"<sup>30</sup>, que empezaba así: "En primer lugar, creo que debemos comenzar por poner entre comillas la frase 'edad del universo', puesto que en la actualidad no veo pruebas en contra de la hipótesis de que el universo material ha existido siempre. En mi opinión, todo lo que podría significar tal frase sería el tiempo que se estima haya transcurrido desde que se produjo algún importante fenómeno en gran escala, fenómeno del que creo que tenemos pruebas; pudo consistir, por ejemplo, en la producción de enormes densidades y temperaturas, o del comienzo del alejamiento de las nebulosas. A mi modo de ver, esto no implica que el universo haya sido creado, que carezca de historia pasada hasta el momento de producirse cualquiera de estos hechos. Por ejemplo, si en algún momento del pasado se produjeron grandes densidades y temperaturas, seguidas de una expansión de la materia -dentro de la región accesible a nuestros telescopios actuales- parecería razonable considerar esto como el probable resultado de un estado anterior de contracción de esa misma materia".

Podría agregarse que ninguno de los mitos sobre el origen y el fin del mundo tiene asidero en las ciencias físicas, ya que cualquiera de ellos implica nada menos que una suprema infracción de todas las leyes naturales: un sobrenatural comienzo de vigencia de las mismas y su sensación igualmente sobrenatural. Los mitos cosmogónicos y escatológicos no son, pues, teorías **físicas**, sino fantasías que acaban con la física; por este motivo no se las puede poner en un pie de igualdad con la hipótesis **física** de la eternidad del universo. Lejos de ser resultados de la ciencia, las fábulas cosmogónicas y escatológicas son mitos estrechamente vinculados a los orígenes de la religión, la que a su vez tiene su raíz histórica en las condiciones materiales de vida. O sea, que el estudio de los mitos cosmogónicos y escatológicos

<sup>30</sup>R.C. Tolman, **Reviews of Modern Physics**, 21, (No. 3, de homenaje a Einstein), 374 (1949).

no pertenece a la cosmología científica sino a la historia de las ideas y a la sociología del conocimiento, que explica por qué la misma clase social que en tiempos de Laplace no sentía la necesidad de formular la hipótesis de un demiurgo para explicar el mundo, ahora -cuando el avance de la ciencia ha desecado las principales lagunas del conocimiento donde vivían las creencias irracionales- pretende recurrir al auxilio de las ciencias para restaurar las arcaicas creencias que cayeron con la Bastilla.

El lector podrá ahora juzgar cuán disparatado es el título de este trabajo, ya que lo que es eterno no tiene edad.