

REFLEXIONES SOBRE LA INCIDENCIA FILOSOFICA DE LA COSMOLOGIA CONTEMPORANEA

Ramón Queraltó Moreno. Universidad de Sevilla.

Haciendo referencia a la Cosmología actual von Weizsäcker señala la perspectiva de totalidad que informa el objeto específico de la ciencia y reflexión cosmológicas: "Se concibe el mundo como si constituyera un objeto único"¹; es decir, el objeto cosmos equivaldría, como punto de partida, a la consideración del universo como un todo, de ahí que como se indica, el mundo sería entendido como un objeto unitario para la investigación cosmológica. Esta perspectiva de totalidad en que se sitúa la Cosmología se aprecia igualmente en la definición que de ella expone H. Bondi, al caracterizarla como "el campo del pensamiento que trata de la estructura e historia del universo como un todo"². Y es, justamente, este sentido de totalidad -actualmente considerada como "totalidad accesible" y no absoluta- lo que origina necesariamente un conjunto de problemas de orden filosófico, pues es uno de los caracteres específicos de la Filosofía la reflexión sobre los principios fundamentales en base a los cuales se constituye toda realidad en tanto que tal. Se explica, por tanto, que la Cosmología, por la misma índole de su objeto definido, manifieste una acentuada incidencia filosófica, la cual puede apreciarse desde los orígenes históricos de esta ciencia, pues la ubicación de la Cosmología en el cuadro general de los saberes fue en principio la de una disciplina filosófica.

Teniendo presente la anterior definición de Bondi se podría establecer un triple campo de problemática cosmológica con clara incidencia filosófica, lo cual llevaría a reseñar tres grupos de cuestiones cosmo-filosóficas bien diferenciados:

1. Si la Cosmología trata de la *estructura* del universo como un todo, se derivaría de aquí la cuestión de la finitud o infinitud extensivas del cosmos. Se pone de manifiesto nuevamente un viejo problema cosmológico cuyo tratamiento aporético fue especialmente explicitado por Kant en la primera de las antinomias de la razón pura. ¿Es el cosmos finito o infinito en extensión?, podría ser la formulación directa de tal problema. Esta cuestión estaría ligada en la actualidad de forma expresa al problema de si la expansión del universo es indefinida o no, lo cual dista mucho todavía de haber sido resuelto de modo satisfactorio en la Cosmología contemporánea.

2. Pero si la ciencia cosmológica estudia igualmente la *historia* del universo, se plantea entonces la cuestión del origen del cosmos y de las características físicas de tal punto origen, $t=0$; en el caso de que dicha historia se considere ajena a ese origen, o sea, que no se admita la existencia de un instante inicial del universo, sino que éste

haya existido desde siempre, se estaría aceptando su infinitud respecto al tiempo. Sea como fuere, la cuestión que se dilucida en este segundo grupo de problemática cosmo-filosófica es el de la finitud o infinitud temporal del cosmos, y en el caso de afirmar la primera todo un conjunto de problemas derivados como pueden ser los que lleva consigo el de la "aparición" del universo. No obstante, a lo largo del desarrollo de las teorías cosmológicas contemporáneas, este problema se ha ido paulatinamente soslayando debido al convencimiento de la imposibilidad de su tratamiento estrictamente científico. Efectivamente, hoy día el problema de la "aparición" del universo se considera generalmente como un tema ajeno a la Cosmología científica, dado que sería una cuestión no susceptible de investigación con la metodología científica estricta. A lo sumo, la Cosmología -se afirma- puede indicar el problema, pero no debe pronunciarse sobre el mismo por el motivo apuntado.

3. El tercer grupo puede enunciarse directamente como el problema de las leyes generales de evolución del universo, niveles de aplicación de las mismas, y especialmente la cuestión de la validez total o parcial a escala cósmica de tales leyes en su actual formulación. Es este problema quizás el que posee una doble incidencia científico-filosófica más precisa, en tanto en cuanto plantea la cuestión básica de la validez general de nuestro conocimiento respecto de la realidad física concebida como un todo unitario. Asimismo, este tema está directamente conexionado con el de la singularidad tempoespacial, $t=0$, ya que lo que deviene problemático es la descripción física de ese instante inicial con las actuales teorías científicas y sus correspondientes enunciados legaliformes.

Señalados estos tres apartados generales de cuestiones cosmo-filosóficas, el cometido de este trabajo es exponer cómo han sido progresivamente desarrolladas según los grupos de modelos cosmológicos más relevantes en nuestro siglo y qué problemática filosófica más específica originan.

-I-

El inicio de la Cosmología contemporánea habría que situarlo en las "Kosmologische Betrachtungen" de Einstein³. Este primer modelo einsteiniano señala ya el problema fundamental de la infinitud extensiva del cosmos, ya que se considera el espacio cósmico como ilimitado pero no infinito: el espacio se "cierra" sobre sí mismo, de la misma manera que una esfera, que es la figura geométrica con la que el autor ejemplificó intuitivamente de modo aproximado el modelo. La cuestión importante que subyace a esta paradójica característica de finitud e ilimitación simultáneas es el de la racionalización físico-matemática de las condiciones materiales en un cosmos infinito. Einstein encontró la problematicidad de definir, a través de las ecuaciones de campo de la relatividad general, tales condiciones físicas en el infinito, y ante esto aborda el problema de un modo completamente opuesto: hipotetiza "a priori" que el espacio es cerrado e investiga cómo tal hipótesis se puede hacer compatible con las ecuaciones de campo. Es decir, lo que persigue indirectamente el creador de la teoría de la relatividad es desembarazarse de la cuestión del infinito cósmico espacial, en tanto que tal problema presenta dificultades físico-matemáticas de gran relevancia, aunque de hecho se podría afirmar, desde una óptica filosófica, que lo que se patentiza es el carácter fundamentalmente aporético del problema, manifestado en esta ocasión a través de una de sus formas posibles, como es la de dicho tratamiento físico-matemático.

Esta manera de proceder, válida desde un punto de vista científico, ha producido no obstante algunas interpretaciones filosóficas exageradas de la teoría de la

relatividad, al entender el espacio-tiempo con un sentido originario y originante de la realidad físico-material⁴. Esto se deriva en último término de la geometrización de la Física en la relatividad general llevada a consecuencias excesivas, las cuales por otra parte, no responden al verdadero espíritu de la teoría, ya que su sentido estricto en esta cuestión es que la analítica de la materia queda ligada a las condiciones métricas del espacio. Por tanto, son las fuentes físico-materiales (campos físicos, energía, etc.) las que determinan las propiedades del espacio. Como afirma M.A. Tonnelat:

"La ley de gravitación de Einstein se presenta como una condición de estructura que impone una distribución de masas dada... Las mismas ecuaciones imponen condiciones de estructura a la curvatura del conjunto bajo la influencia de la 'distribución estadística' de las masas en todo el universo⁵.

De esta manera el científico procede así:

"Se fija en primer término la distribución estadística del conjunto de masas, distribución evidentemente simplificada pero razonable (fluido perfecto, etc.). Este esquema introduce ciertos valores numéricos (densidad media de materia, presión...) que le son suministrados por la experiencia. Esta distribución le impone también condiciones necesarias de estructura"⁶.

De aquí que, si bien el análisis de las condiciones físico-materiales se conexas específicamente con las propiedades espaciales, no por eso hay que entender una inversión de términos y considerar el espacio-tiempo como realidad originante, sino que es la materia misma en sus peculiares formas la que especifica los caracteres del espacio. Por tanto, en el correcto sentido de la relatividad general no hay base real para una pseudo-sustantivación del espacio-tiempo, que sería en el fondo la posición filosófica a que conduciría una interpretación que diese prioridad a las propiedades geométricas en detrimento de la función de las fuentes físico-materiales.

Desde el punto de vista de la crítica filosófica habría que afirmar la invalidez de la identificación del universo como tal con el espacio referente a dicho universo, pues entonces se perdería el carácter categorial de aquél, al considerarlo, a fin de cuentas, como una magnitud, lo cual sería una contradicción, o sea, confundir la propiedad categorial con la magnitud material. Además, al operar una identificación semejante se abriría el camino a una sustentivación de la realidad del espacio, lo cual llevaría consigo marcados caracteres antinómicos, de acuerdo con la misma teoría relativista.

De lo anteriormente expuesto, y en especial de las reflexiones filosóficas que ha originado, podrá apreciarse convenientemente la problemática no estrictamente cosmológica que lleva consigo la cuestión de los modelos de universo, una de las tareas básicas de la Cosmología. Al primer modelo einsteiniano siguió el de De Sitter⁷, que abrió el camino a una evolución posterior del pensamiento cosmológico que culminó en una primera etapa en la demostración de la posibilidad de un universo dinámico, y no estático como era el primer modelo de Einstein. Esto fue resultado de los trabajos de Friedmann⁸, al mostrarse la diversidad de soluciones de las ecuaciones einsteinianas, las cuales no eran exclusivamente las correspondientes a un universo estático sino también a un cosmos dinámico. Este resultado teórico de la investigación cosmológica se vio reafirmado por las observaciones experimentales de Hubble que conducían a la aceptación de un alejamiento progresivo de los objetos cósmicos (galaxias, etc.). El denominado "corrimiento hacia el rojo", *red-shift*, de las fuentes provenientes de los objetos lejanos requería claramente la posibilidad de un universo en expansión, es decir, un universo específicamente dinámico. De esta forma, merced a los dos factores complementarios -observación

experimental y enunciados teóricos derivados de una investigación físico-matemática- se constituyó lo que puede ser denominado primer principio o presupuesto de la cosmología contemporánea: el universo en expansión. La racionalización del fenómeno de "red-shift" se concretó en la ley de Hubble, de tal forma que las observaciones experimentales hallaron su regla específica de elaboración científica, asentándose con fundamento suficiente la idea de un universo en expansión. Es cierto que ha sido criticado con posterioridad el valor concreto de alejamiento propuesto por Hubble, motivado por la mayor precisión técnica de los instrumentos de observación, pero tales críticas inciden principalmente en la magnitud del movimiento de expansión y no tanto en el hecho mismo de la expansión. No obstante, últimamente se ha propuesto la necesidad de una reconsideración del movimiento de expansión al suponer una excesiva extrapolación desde los datos empíricos a la teoría en el postulado expansionista. De ahí que antes hayamos caracterizado a éste también como un "presupuesto"⁹.

En un primer momento la concepción de un universo en expansión no fue aceptada libre de críticas. Algunos objetaron que la expansión sería un fenómeno local, y que en su conjunto el cosmos podría estar en equilibrio, siendo los fenómenos de contracción y expansión, fenómenos locales, según se considerasen áreas de densidad de materia superior o inferior a una densidad crítica media correspondiente al estado de equilibrio cósmico. El universo en su totalidad estaría en equilibrio compensándose entonces las áreas de expansión con las de posible contracción¹⁰. La reserva crítica que se ha de hacer a estas ideas es la de partir de una concepción "ad hoc" de equilibrio cuando precisamente el pensamiento teórico y las observaciones experimentales apuntan hacia otra dirección. Se trataría de una preferencia no justificada por un universo en equilibrio, en cierta contradicción con las consecuencias derivadas tanto de la teoría como de la experiencia científicas. Reseñamos, no obstante, esta crítica a la idea de un universo en expansión, porque a pesar de la amplia aceptación actual de la misma, existen importantes lagunas en la explicación de algunos problemas derivados de ella.

Otro importante principio de la Cosmología es el denominado principio cosmológico, que postula que a gran escala las observaciones cósmicas hechas por diferentes observadores desde distintos puntos del universo habrán de ser sustancialmente de contenido semejante. Dos caracteres deben destacarse en esta formulación: el primero se refiere al hecho de que el principio cosmológico es sólo válido a gran escala, y por tanto no le afecta el hecho observado de irregularidades y heterogeneidades locales, como por ejemplo puede considerarse el entorno del sistema solar -entendiéndose mucho más allá el término "local" en Cosmología-. En segundo lugar, la formulación expuesta del principio cosmológico se refiere únicamente a la uniformidad *espacial* del universo, sin concurso de una uniformidad asimismo temporal, que constituiría en todo caso el principio cosmológico perfecto, del cual se hablará más adelante al tratar la teoría del estado estacionario.

Así pues, el principio cosmológico ordinario afirma una uniformidad y una homogeneidad general del universo a gran escala, hallándose de hecho implícito en el estudio cosmológico, aún antes de que Milne lo propusiera y utilizara de forma directa¹¹. En referencia a la problemática que plantea el principio cosmológico se ha de decir en primer término que, aunque la idea de una uniformidad y homogeneidad generales del cosmos pueda parecer en contradicción con el postulado del universo en expansión, es perfectamente compatible con el mismo. Pues la formulación expresa de la ley de Hubble, aseverando que el movimiento de expansión es un movimiento uniformemente acelerado, es precisamente el tipo de racionalización del fenómeno de alejamiento que se hace compatible con el principio cosmológico. En efecto, desde cualquier punto de observación cósmica se apreciaría un efecto de

red-shift que al ser de la misma índole en todas direcciones no afectaría al postulado de uniformidad. Obsérvese que si el movimiento de expansión concretado en la ley de Hubble variase en una u otras direcciones respecto al tipo de este movimiento, ya no sería acorde con la idea de una homogeneidad y uniformidad. No obsta para esta compatibilidad el hecho de que el movimiento de expansión adquiriera magnitudes diversas en uno u otro conjunto de objetos cósmicos, dependiendo de su distancia al observador, sino que lo decisivo es que tal movimiento es de la misma clase en todos los casos, considerando el universo a gran escala.

Pero el problema filosófico fundamental que plantea el principio cosmológico es el que preguntaría por su fundamento último, ya que como se acepta en la Cosmología actual, la idea de una uniformidad espacial del cosmos es específicamente hipotética, en tanto que no ha sido convenientemente comprobada desde un punto de vista experimental. El carácter de hipótesis del principio cosmológico es, pues, lo que hace realmente pertinente la cuestión de la justificación radical de tal principio. Y aquí habría que afirmar que su último fundamento sería de orden filosófico, más estrictamente epistemológico, y no un fundamento específicamente cosmológico. En efecto, el principio cosmológico es una idea indispensable para el conocimiento generalizado del cosmos, se podría decir que sin presuponerlo, implícita o explícitamente, se haría problemática la propia Cosmología. Si no se acepta que desde cualquier punto de observación las apariencias cósmicas son de la misma naturaleza, sería muy difícil establecer teorías y modelos cosmológicos que proporcionarían una imagen globalizadora del universo como totalidad -aunque esta totalidad fuese sólo la totalidad accesible-. Si se supone la hipótesis contraria, esto es, que las observaciones fueran de diversa índole dependiendo del lugar de ubicación del experimentador, no se podría reducir a unidad el conjunto del universo como tal, y por tanto, no se podría considerar el cosmos como un objeto unitario, perspectiva fundante de la ciencia cosmológica como se apuntó al comienzo. Sin la aceptación del principio cosmológico el universo no podría racionalizarse objetivamente en un orden general, y se presentaría como un caos de observaciones sin dependencia directa y exentas de conexiones que pudieran suministrar las bases para la enunciación de leyes y teorías cosmológicas. Se puede afirmar, siguiendo a Whitrow¹² que el principio cosmológico sería una formulación cuya validez no dependería ni de la lógica pura ni de la experimentación, sino que dicha validez es una validez epistemológica. Esto significa que el principio sería una condición de la posibilidad del conocimiento cosmológico, como un postulado indemostrable (al menos hasta el momento) sin el cual se problematizaría acentuadamente la Cosmología, ante la imposibilidad de racionalizar coherentemente en una realidad unitaria todo un conjunto de aspectos que originariamente no mostrarían ni podrían mostrar las líneas generales comunes que justificaran aquella consideración unitaria. Véase cómo, la última base de fundamentación del principio cosmológico se sitúa en un nivel específicamente filosófico que trascendería el propio ámbito de la Cosmología, tanto en lo que se refiere a su método como a su contenido material.

En complementariedad con esta fundamentación filosófica se pueden indicar otras dos líneas distintas que justificarían el uso del principio cosmológico. La primera sería su no contradicción con los datos experimentales que hasta el momento se han encontrado, o sea, sería una línea indirectamente empírica, ya que a pesar de los avances de las observaciones experimentales en Cosmología y Astrofísica en los últimos años, no se ha invalidado la enunciación del principio ni sus consecuencias derivadas más inmediatas (obviamente nos referimos al principio cosmológico ordinario, y no al perfecto). Esta razón, por sí sola, sería insuficiente, de ahí que la hayamos denominado complementaria respecto de la anteriormente indicada. El otro lugar de fundamentación del principio sería aquél que hace referencia a su nivel metodológico y, consistiría en la operatividad y eficacia real que ha mostrado como

principio heurístico en la investigación y desarrollo de las teorías y modelos cosmológicos, es decir, hasta ahora el principio cosmológico ordinario ha puesto de manifiesto una considerable fuerza interpretativa de los datos cosmológicos. En este sentido ha cumplido convenientemente con la función de ser un postulado ordenador de las observaciones y del propio pensamiento teórico en Cosmología. Puede afirmarse que el principio ha satisfecho hasta el momento el requisito metodológico exigible a cualquier principio heurístico, esto es, su capacidad real de interpretación significativa de los datos, así como su fecundidad para gestar nuevas perspectivas de análisis teórico de tales datos y las teorías derivadas de ellos.

Con estas tres líneas específicas y distintas entre sí de fundamentación del principio cosmológico ordinario se explica, aunque no sin dificultad, el uso de un enunciado tal en el campo de la ciencia cosmológica. Sea a destacar finalmente que su más estricta fundamentación, como se ha deseado patentizar, incide en un nivel filosófico, mientras que las otras dos se inscriben en los niveles empírico y metodológico. Si se quisiera indicar una gradación de importancia de estos tres niveles, señalaríamos en primer lugar el filosófico, después el metodológico, y por último el empírico indirecto; y situamos el metodológico en segundo término porque es un factor reconocido plenamente en la actual metodología científica el uso válido de principios de gran fuerza interpretativa aunque no poseen todavía una vía exhaustiva de comprobación experimental, de ahí que la justificación metodológica pueda superar en importancia a la indicada del nivel empírico.

Examinados estos presupuestos generales se procederá en lo que sigue a analizar su lugar y las características que implican en los diversos modelos y teorías cosmológicas más representativos por su importancia en el desarrollo de la Cosmología, intentándose poner de manifiesto la problemática filosófica que se contiene en dichos modelos y teorías. Dada la multiplicidad de teorías que se han formulado en nuestro siglo hasta el presente, nos veremos obligados a sintetizar convenientemente y reducir el estudio a grupos generales que no obstante participan de caracteres comunes los cuales hacen viable su examen agrupado desde la perspectiva adoptada en este trabajo, o sea, la de la incidencia filosófica esencial, dejando aparte otros aspectos metódicos o cuya significación filosófica sea menor.

-II-

Pueden distinguirse dos grandes grupos de modelos cosmológicos bien diferenciados por sus características generales y la problemática que presentan: los derivados de la teoría de la relatividad general y la teoría del estado estacionario con sus modificaciones posteriores a 1948, fecha en que fue propuesta por Bondi y Gold.

Las teorías derivadas de la relatividad general¹³ utilizan el principio cosmológico ordinario - en grandes líneas-, y por tanto el postulado de la uniformidad espacial del universo sin hacer referencia a una uniformidad también temporal (principio cosmológico perfecto). La consecuencia inmediata de la utilización del principio cosmológico ordinario es que el cosmos ha de tener una "historia" susceptible de definirse y racionalizarse, o sea, existiría un pasado, presente y futuro del universo, ya que a lo largo de la evolución cósmica aquél habría cambiado, y por tanto variado en el transcurso del tiempo. De este carácter del cosmos deriva el principal problema que se plantea en este conjunto de teorías -simplificando necesariamente- que es el del origen del universo, punto $t=0$, de la evolución del cosmos, o de modo general el problema de las singularidades tiempoespaciales. De acuerdo con el presupuesto de una expansión del universo, este punto origen lleva consigo una concentración máxima de la materia y una densidad infinita, o sea, tal origen se caracteriza por ser

una singularidad, lo cual significa que ante tal magnitud extrema de la densidad de la materia no es posible su descripción científica con las leyes físico-naturales en su formulación actual. Obsérvese la gradación del problema: si el cosmos presenta un movimiento de expansión, el punto inicial de esa expansión debió ser un punto de máxima concentración absoluta de la materia-energía del universo, y cuando se intenta racionalizar matemáticamente esta situación inicial con las leyes físicas hasta ahora reconocidas, se hace problemática una descripción exacta de tal punto origen y sus condiciones físicas, así como de los momentos sucesivos inmediatos de la evolución cósmica. Se han llevado a cabo descripciones generales de la situación posible del universo en estos instantes iniciales¹⁴, pero sin pretender presentar un modelo evolutivo absoluto, por lo que principalmente tales estudios poseen un carácter hipotético, si bien no arbitrario.

Esta problemática de la racionalización científica exacta del cosmos en su punto origen lleva implícita la importante cuestión de la validez o invalidez de las leyes de la Naturaleza a escala cósmica: si las leyes físicas en su expresión actual no son capaces de dar cuenta de las condiciones físicas del cosmos en un instante determinado de su evolución, ¿qué universalidad y permanencia poseen tales leyes? Parece como si uno de los caracteres fundamentales de las leyes científicas, su carácter permanente, se viera comprometido por las exigencias de la Cosmología, al menos en lo que se refiere a este grupo de modelos. Nótese que de hecho nos encontramos aquí con el ya citado problema del infinito, aunque en otra de sus posibles presentaciones, ya que la cuestión se centra en la exacta descripción de una situación física de densidad infinita de materia-energía. Es ésta, a nuestro modo de ver, una de las principales aporías que se derivan de este primer grupo de modelos cosmológicos, y su importancia es bien manifiesta en tanto que condiciona los caracteres de universalidad y permanencia de las leyes físicas.

Ahora bien, antes de proceder a un análisis filosófico estricto del problema conviene señalar que, en determinados sectores científicos se procede a una confusa formulación de la cuestión cuando se afirma que las leyes de la Naturaleza son modificadas entonces por el tiempo. Aquí igualmente que antes, como se hizo con la noción de espacio, debemos referirnos al carácter categorial del tiempo. Desde esta perspectiva, la aseveración de que el tiempo es el factor del cual depende la enunciación de las leyes físico-naturales en sentido absoluto supone implícitamente una pseudo-sustantivación del espacio-tiempo, lo cual, como se vio antes, es una consecuencia que no responde de hecho al originario sentido de la relatividad general, pues es la analítica de la materia la que especifica las condiciones del espacio-tiempo. Para una oportuna clasificación y ordenación del problema es necesario destacar este carácter categorial del tiempo y entenderlo como la homogeneidad estricta de la duración que implica posteriormente -en un sentido lógico y no cronológico- la cuantificación métrica de los fenómenos físicos en la medida en que son susceptibles de esa cuantificación de su decurso temporalizado. De este modo, no es el tiempo como tal lo que modificaría las leyes de la Naturaleza, sino las específicas propiedades de la materia en todo caso, al condicionar la cuantificación métrica de ese decurso. Con una implícita sustantivación del espacio-tiempo, la cuestión, aparte de ser filosóficamente incorrecta en su planteamiento, llevaría a antinomias insolubles dado que se confundiría el tiempo como tal con los contenidos físico-materiales temporalizados.

Es este problema de la validez general de las leyes de la Naturaleza el que se intenta satisfacer, entre otros naturalmente, desde la teoría del estado estacionario, la cual presenta un contenido filosófico más acentuado que el anterior grupo de modelos cosmológicos, debido a sus peculiares bases epistemológicas. Tuvo su origen esta teoría en el artículo de Bondi y Gold titulado "The Steady State Theory

of the Expanding Universe”¹⁵, pudiéndose quizás remitir sus antecedentes inmediatos al sentido y espíritu generales de la obra cosmológica de Milne¹⁶. El punto de partida, desde una perspectiva metodológica, de la teoría del estado estacionario, es el deseo de construir un saber cosmológico “a priori”, rechazando el método de inducción basado en fenómenos locales y empleado por las teorías derivadas de la relatividad general sea implícita o explícitamente¹⁷. Si el cosmos ha de ser racionalizado para su efectiva comprensión según factores métrico-cuantitativos, el método a emplear para los cosmólogos del estado estacionario, será el de hipotetizar “a priori” su estructura general a fin de que pueda ser objeto de una racionalización métrico-dimensional, o sea, para que cumpla ese requisito previo y necesario originado por la naturaleza del conocer científico-experimental; y de esta manera además, pueda ser comunicable dicho conocimiento cosmológico a cualquier observador cósmico sea cual fuere su ubicación particular. Así pues, lo que verdaderamente se postula es la determinación del concepto y caracteres del universo en función de las exigencias racionales del conocimiento científico, y falsar después desde un punto de vista empírico sus proposiciones factuales derivadas. Sea a destacar que el procedimiento de estos cosmólogos puede ser calificado en este punto como inverso respecto del utilizado por los del grupo anterior, ya que anteponen a los datos empíricos las necesidades epistemológicas para un eficaz conocimiento del universo. De ahí que la cosmología del estado estacionario sea fundamentalmente deductiva y que, incluso en alguno lugares, haya sido denominada “trascendental” en sentido kantiano. Como explica Sciama resumiendo este carácter:

”Introducir la estructura global del universo como la idea más fundamental y lógicamente como la primera idea necesaria... (siendo así) la estructura del universo anterior a las leyes de la naturaleza”¹⁸.

Como puede apreciarse el aspecto eminentemente deductivo de la teoría del estado estacionario se hace patente por la indicación de Sciama referente a que el primer elemento a considerar ha de ser la estructura del cosmos como tal, según las necesidades epistemológicas del conocimiento.

Pero a su vez esta teoría presenta su originalidad más acusada en la utilización del llamado “principio cosmológico perfecto”, que, como se ha adelantado ya, postula no sólo una uniformidad y homogeneidad espaciales sino también temporales, o sea, las observaciones cósmicas desde cualquier ubicación serán siempre las mismas sea cual fuere el instante de tiempo elegido para llevarlas a cabo, por lo que el universo presenta y ha presentado siempre el mismo aspecto. En consecuencia sería inútil considerar o preguntarse por un instante inicial, $t=0$, ya que el universo sería justamente “estacionario” y no tendría propiamente “historia”. Es de este carácter del que se origina seguidamente la propuesta más controvertida de la teoría, pues si el cosmos se halla a su vez en expansión y no obstante habrá de permanecer estacionario, esto implica que para que no varíe la densidad media de materia se habrá de producir una “creación continua” de la misma, con lo que entonces se viola el principio de conservación de la materia-energía, uno de los principios fundamentales de la Física¹⁹. La creación de materia viene exigida esencialmente por la aplicación del principio cosmológico perfecto, y sus defensores aducen para su sostenimiento, entre otras, dos razones específicas: en primer lugar, que la cantidad de materia “creada” exigida para mantener constante la densidad media es una magnitud mínima y todavía no detectable con los actuales instrumentos de medida; en segundo término, que el principio de conservación de la materia-energía fue hallado en un entorno “local” del cosmos (el nuestro naturalmente) y que su aplicación a la totalidad del mismo supone una extrapolación absoluta inaceptable. Véase de nuevo cómo el rechazo del carácter inductivo en Cosmología se hace patente en esta segunda razón.

De hecho, el fondo metodológico básico de la teoría del estado estacionario es de un claro matiz popperiano, reconocido expresamente por sus autores²⁰, pues se refieren con cierta insistencia a que lo "esencial es construir una teoría", o que "la teoría es tanto más científica cuantas más posibilidades de falsación muestra", expresiones que indican este carácter metodológico preciso. En este punto difieren notablemente de la metodología subyacente a las teorías derivadas de la relatividad general, ya que éstas aceptan la inducción general y el principio de economía del conocimiento, criticando duramente sus defensores desde dicho principio de economía la plausibilidad del principio cosmológico perfecto. En efecto, si el principio cosmológico ordinario es ya una hipótesis, como se mostró anteriormente, el principio perfecto acentúa esta característica con una intensidad extraordinaria, pues avanza y postula mucho más allá que el principio ordinario. Ahora bien, desde la base metodológica señalada que subyace al estado estacionario su utilización se puede justificar en tanto que contribuye a conformar una teoría con amplias posibilidades de falsación. Precisamente en esta línea, el descubrimiento por Penzias y Wilson de la "radiación de fondo", por el que les fue concedido en 1978 el Premio Nobel de Física -si bien el hallazgo se remonta a 1965-, ha puesto en una situación muy comprometida a la teoría del estado estacionario, ya que la existencia actual de esa radiación ha de interpretarse como el residuo de una concentración máxima de la materia cósmica que causó una explosión inicial, originándose así la evolución del universo. Este dato aumenta notablemente la viabilidad de las teorías derivadas de la relatividad general, ya que, simplificando en términos genéricos, la radiación de fondo fue predicha por estos modelos.

De hecho la teoría cosmológica más comúnmente aceptada hoy a escala general es la denominada "teoría del big-bang o de la gran explosión", augurándose ya un abandono prácticamente completo del estado estacionario²¹. Aparte del problema de la radiación de fondo existen otros factores que inciden sobre la inviabilidad de esta última teoría, como por ejemplo la abundancia de helio, que no es explicada asimismo satisfactoriamente.

No obstante, es claro que desde la perspectiva del estado estacionario el problema de la validez de las leyes físicas se "resuelve" en tanto que al no haber variación ostensible de las características del universo, estas leyes generales tienen asegurada su permanencia expresamente: es la estructura del cosmos, la cual continúa invariable indefinidamente, la que determina la naturaleza y formulación de las leyes, por lo que al ser aquella estructura general permanente queda patente asimismo la invariancia de las leyes originadas de ella. Y es este punto el que los defensores del estado estacionario destacan contra los cosmólogos adversarios, aduciendo especialmente la sencillez y belleza lógicas de su teoría.

Sea como fuere, lo cierto es que desde la perspectiva de una crítica filosófica no pueden satisfacer plenamente las razones de permanencia de las leyes de la Naturaleza que se explicitan en la teoría del estado estacionario, pues estas razones se fundamentan en último extremo en el principio cosmológico perfecto; y es ésta una hipótesis de muy alto grado que incluso parece estar en contra de los datos experimentales más simples. El acusado carácter conjetural de este principio hace insuficiente basar en él la razón última de la universalidad y permanencia de las leyes físicas fundamentales, por lo que de hecho nos encontramos ante un acentuado dilema, ya que como vimos, en el primer grupo de teorías no se resuelve tampoco de forma satisfactoria el problema. Es más, es en estas teorías donde se plantea explícitamente la cuestión. Por ello se hace pertinente realizar una reflexión filosófica sobre el sentido específico de esa validez necesaria para el conocimiento científico concretado en sus leyes, y muy especialmente de señalar los márgenes reales de esa universalidad que es de todo punto imprescindible para no condicionar seriamente

la unidad general de la Física. Nótese que un análisis filosófico de este problema viene exigido por la insuficiencia de las posibles soluciones aportadas por las teorías cosmológicas, ya que como se ha destacado, esta necesidad de universalidad y permanencia no puede asentarse tan sólo en un enunciado de alto carácter hipotético perteneciente a una teoría en franco retroceso. Es por eso que en la tercera parte de este estudio se intentará abrir una vía de posible dilucidación de la cuestión que, al menos, podría mostrar distintas perspectivas de tratamiento del problema.

-III-

"Natura absconditur", como declara el viejo aforismo, podría ser la conclusión general a la que nos ha llevado el problema de la universalidad de las leyes de la Naturaleza en su incidencia cosmológica. Pero como afirma el matemático y cosmólogo Penrose "aunque la Naturaleza es indudablemente sutil, con seguridad no es maliciosa"²², de aquí que pudiéramos proponer una posible determinación del sentido de la cuestión, a través de un análisis y reflexión filosóficas.

Se ha señalado anteriormente que las ecuaciones de campo de la relatividad general, las cuales teóricamente habrían de describir también las condiciones físicas en las singularidades no cumplen sin embargo con este objetivo. Ahora bien, ¿significa esto que de la relatividad general no pueda obtenerse algún estímulo concreto para el problema que nos ocupa acerca de la universalidad de las leyes? Para responder a esta pregunta se hace necesario distinguir entre el principio general de relatividad y las ecuaciones de campo. El primero afirma que todos los sistemas de referencia son igualmente válidos para la formulación de las leyes de la Naturaleza, siendo así que éstas han de expresarse a través de ecuaciones que sean covariantes respecto al grupo de las transformaciones continuas de coordenadas²³. Las ecuaciones de campo serían aquellas ecuaciones que recogieran del modo más sencillo posible esa condición de covariancia general. Si bien en la teoría relativista existe un lazo muy estrecho entre el principio general y las ecuaciones de campo, para nuestro propósito no debe ocultarse que su significado y su correspondiente nivel metódico son de diversa índole: mientras el primero es un principio heurístico -como incluso llegó a señalar el propio Einstein²⁴, las segundas constituyen formulaciones matemáticas inspiradas especialmente en aquel principio. De esta pertinente distinción quizás se pueda proceder a un avance específico en el tema que tratamos. El problema reside específicamente en que las ecuaciones de campo quedan desprovistas de significado físico en las singularidades, dados los inmensos valores de las magnitudes en ellas estimados. Respecto al problema cosmológico planteado Einstein concluía lacónicamente que "todo lo que tenemos que reconocer es que las ecuaciones no son aplicables a esas regiones"²⁵, e incluso desechara la interpretación de que el instante $t=0$ fuese una singularidad matemática, como si ello fuera una extrapolación no justificable. Teniendo presente todo esto, se podría afirmar que el dilema de las singularidades tempoespaciales afectaría en primer término a la validez de las ecuaciones de campo, pero no tan directamente al principio general de relatividad, sobre todo atendiendo a su sentido heurístico y epistemológico, el cual, hemos de reiterar, es el nivel que en éste momento ocupa principalmente nuestra reflexión. Esto significa que en las líneas siguientes, podemos soslayar en cierta medida las dificultades técnicas, especialmente matemáticas, que se derivan del principio general de relatividad y que se concretan fundamentalmente en la inviabilidad mencionada de las ecuaciones de campo, ya que no es objeto del presente trabajo un desarrollo de tipo físico-matemático. Es desde esta perspectiva y no otra desde la que ha de entenderse el análisis que se expondrá a continuación.

En un sentido amplio lo que indicaría el principio general de relatividad es la posibilidad general de formulación de las leyes de la Naturaleza con independencia de la índole de los sistemas de referencia. A un nivel teórico, pues, el principio señalaría la posibilidad del conocimiento de la realidad física según leyes definidas y tal posibilidad, desde nuestro punto de vista epistemológico, también incluiría las posibles singularidades, dado el nivel de generalidad con que está enunciado. Si por el contrario se argumentase que el principio, en ese nivel heurístico-epistemológico, no fuera operante de ninguna forma respecto de las singularidades, de hecho se estaría admitiendo la absoluta imposibilidad de instrumentar un conocimiento eficaz de la situación físico-material en las mismas. Y esto, creemos, sería una consecuencia excesiva en cuanto derivable únicamente desde el principio de relatividad, ya que en realidad derivaría especialmente de la problematicidad de las ecuaciones de campo y no del principio como tal interpretado según su valor epistemológico. De este modo el principio supondría específicamente la enunciación de una condición de posibilidad del conocimiento científico en general -con la correspondiente inclusión de las singularidades-, aunque por ahora sus ecuaciones de campo derivadas, o sea su concretización y desarrollo físico-matemáticos, no hayan encontrado una solución definitiva a la cuestión de la descripción física de las singularidades.

Haciendo un paralelismo con el resultado del análisis del principio cosmológico ordinario llevado a cabo anteriormente, se puede afirmar que el principio general de relatividad es condición de posibilidad de la expresión científica de las leyes de la Naturaleza en cualesquiera sistemas referenciales, y así también, teóricamente, en las singularidades. Si el principio cosmológico obtenía su fundamento filosófico estricto por ser una condición de posibilidad en general del conocimiento cosmológico, el principio de relatividad general enlazaría con esta función del principio cosmológico al constituirse como condición de posibilidad de una racionalización según leyes de cualquier situación físico-material del cosmos. Véase entonces que el principio de relatividad se imbricaría con el principio cosmológico ordinario en tanto que complementaría su generalidad y abriría el camino de la fundamentación teórica para el establecimiento de leyes que describieran la situación físico-material en las singularidades. El hecho de que, hasta el momento, no haya podido rematarse tal proceso con sus correspondientes ecuaciones de campo, no restaría valor sustancial a esta interpretación, dada la generalidad a la que se refiere el principio de relatividad como tal.

En este sentido, el principio apuntaría implícitamente hacia una extensión de la formulación actual de la misma teoría de la relatividad general, especialmente en lo que concierne a la investigación de las ecuaciones de campo. Lo cual no ha de parecer extraño, ya que Einstein no pudo concluir su intento de teorización del campo unificado, afirmando además lo siguiente:

"En mi opinión, la teoría presentada aquí es la más simple teoría relativista de campo, y es perfectamente posible. Pero esto no significa que la naturaleza no pueda obedecer a una teoría de campo *más complicada*". (Subrayado nuestro)

26

El problema esencial residiría en que como admite también Einstein respecto de la posibilidad de unificación completa de las teorías fundamentales de la Física, "nadie sabe cómo obtener las bases de tal teoría"²⁷. Ahora bien, todo ello no obsta a que la propia teoría relativista implique, desde la interpretación teórico-epistemológica, del principio general de relatividad, la necesidad -y la posibilidad abierta- de su extensión a una descripción física de las discontinuidades según ecuaciones de campo correspondientes.

Ahora bien, después de todo este análisis propedéutico cabría finalmente formular la cuestión directa que nos ocupa: ¿qué grado de universalidad se podría atribuir entonces a las leyes físico-naturales?, o más general, ¿qué contenido tendría esa hipotética universalidad?

Considerando la actual situación de las teorías físicas se observa, por ejemplo, la existencia de diversos dominios o partes de las Ciencias Físicas que se definen por sus leyes propias, si bien además existen ecuaciones de correspondencia -incluso leyes de transformación- que ponen de manifiesto las conexiones específicas de las leyes de los diferentes dominios o niveles, de tal modo que a través de estos factores de transformación se puede proceder al paso de las leyes de un dominio a otro (bien por determinadas condiciones iniciales, por modificación o ampliación de las magnitudes físicas implicadas, etc.). Suele suceder asimismo que un dominio, por ser de mayor amplitud al integrar en él mayor número de factores iniciales o de mayor generalidad, es de un nivel superior a otro, de tal manera que el requisito lógico necesario para establecer la correspondencia es que la expresión de las leyes en uno y otro estén exentas de contradicción externa, esto es, entre ellas mismas. De ahí que se pueda considerar que un determinado dominio sea un "caso límite o particular" del otro; por ejemplo, la relatividad restringida respecto de la relatividad general. Pero tanto en un dominio como en otro es perfectamente válida la formulación correspondiente de las leyes físico-naturales, lo cual era de esperar de acuerdo a la función epistemológica básica asignada anteriormente al principio general de relatividad. Teniendo presente todo esto, se podría iniciar una vía de respuesta a la cuestión planteada, la cual habrá de mantener el contenido de universalidad y permanencia exigible a las leyes físicas. Lo que deseamos mostrar es que el hecho de la invalidez de las leyes físicas actuales en las singularidades tempoespaciales es compatible no obstante con aquella exigencia de universalidad y permanencia.

A tal efecto supongamos una extensión de la relatividad, como el mismo Einstein apuntaba, la cual proporcione un conjunto de leyes y principios que racionalicen convenientemente las condiciones físico-materiales en las singularidades, de modo que cumplan el requisito descrito antes de que puedan establecerse factores de conexión o ecuaciones de correspondencia con las teorías y leyes ya establecidas en otros dominios, y en especial con el dominio de la relatividad general. No se ha de olvidar que esta posibilidad está abierta por la interpretación epistemológica anterior del principio de relatividad, de ahí la relevancia del análisis propedéutico anterior. De esta forma, no se trata ya de una negación de la teoría de la relatividad que impidiera en términos absolutos su referencia posible a las singularidades, sino promover una extensión del principio de relatividad desde la teoría de la relatividad misma. Aceptado todo ello, ¿en qué sentido habría que entender la universalidad de las leyes físicas? Es evidente que de modo genérico existiría una permanencia y universalidad fundamentales, en tanto que cada formulación concreta de los enunciados legaliformes tendría su correspondencia específica en otros dominios, fueran éstos inferiores o superiores, correspondencia que sería específica de manera definida por esas relaciones de conexión que servirían de instrumentos precisos de transformación de unas leyes en otras. Esto trae como consecuencia que la universalidad y permanencia de las leyes radicaría esencialmente en su estructura formal matemática y no en el contenido material que adoptasen en cada dominio de aplicación. Es decir, sería esa estructura abstracta matemática que especifica que una determinada entidad matemática que traduce una correspondiente magnitud física viene determinada por su relación matemática con otras entidades matemáticas que a su vez simbolizan correspondientes magnitudes físicas, y sólo a éstas. Un ejemplo servirá de aclaración a estas afirmaciones.

Sea una serie de magnitudes físicas A, B, C, etc. que se determinan específica-

mente por sus correspondientes formas (o fórmulas) matemáticas: a , b , c , etc., estando todas ellas a su vez relacionadas por la función $f(x)$, en cuanto expresión de la ley física. Tendríamos entonces por ejemplo:

$$\begin{aligned} f(x) \text{ en el dominio } D_1: a &= f_1(b, c, d) \\ f(x) \text{ en el dominio } D_2: a &= f_2(b, c, d) \end{aligned}$$

siendo naturalmente $f_1 \neq f_2$, es decir, las expresiones concretas de las leyes que adquieren formas funcionales distintas. A esto se añadiría el hecho de que ambas están relacionadas entre sí por los factores de conexión -ecuaciones de transformación-, que designamos por R_{12} , y que serían claramente el nexo matemático entre un dominio y otro. Considerando globalmente todo ello podríamos afirmar que la enunciación *completa* de la correspondiente ley física sería la expresión total $f_1 \cdot R_{12} \cdot f_2$, es decir, los cuadros generales de leyes en cada dominio se integrarían en un nivel superior que relacionaría entre sí al conjunto de ellos. Llamando L a estos cuadros legaliformes genéricos, tendríamos finalmente:

$$L_1 \cdot R_{12} \cdot L_2 \cdot R_{23} \cdot L_3 \cdot R_{34} \cdot L_4 \text{, etc.}$$

De este modo, la universalidad y permanencia de las leyes fuera de su dominio propio estaría salvaguardada por su referencia a otros dominios, a través de sus ecuaciones de transformación R_{ij} que servirían de paso de un dominio a otro. Por eso la no aplicabilidad de una ley de dominio dado en otro distinto no sería una ruptura de la universalidad y permanencia, ya que al variar las condiciones físicas en este segundo dominio, lógicamente no serán válidas sin la correspondiente variación según las ecuaciones de correspondencia. Este, finalmente, sería el caso de las leyes físicas actuales respecto de su aplicabilidad en las singularidades tempoespaciales, en las que faltan sus posibles ecuaciones de transformación, pero sin que ello signifique una restricción absoluta del valor de universalidad y permanencia de las mismas.

En conclusión, se puede afirmar que existe una validez y permanencia generales de las leyes de la Naturaleza que se justifica por dos factores: en primer término, porque si bien las formulaciones concretas podrán variar, no obstante se podrá establecer un conjunto de reglas matemáticas de correspondencia que ponga en relación directa a estas expresiones concretas de las leyes en los diversos dominios físicos según las condiciones fisico-materiales en ellos; y en segundo lugar, porque las formas matemáticas traducen entidades físicas y será siempre entre tales formas y entidades (o derivadas de ellas directa o indirectamente, esto no afecta ahora a nuestro planteamiento general) entre las que habrá que establecer la expresión de una determinada ley sea en el dominio físico que fuere, y sólo entre ellas. De tal modo que la estructura formal matemática adquiere una importancia suma respecto de la validez y universalidad de la ley: por una parte, serán siempre las mismas entidades físicas (o derivadas pero con una precisa conexión matemática que justificaría su tratamiento y consideración unitarias en el planteamiento expuesto) las que definan las expresiones concretas de las leyes en los diferentes dominios físicos; pero además, y esto es fundamental, tales expresiones concretas remitirían a esos factores de correspondencia entre ellas, que señalarían la forma específica de nexo entre unas y otras. Ambos caracteres conferirían la base adecuada para afirmar un contenido suficiente de estabilidad y permanencia generales, desde un punto de vista epistemológico, a las leyes físicas.

Hay que destacar que este análisis de la universalidad y permanencia de las leyes físicas se fundamenta en último término en el hecho de la matematización del conocimiento científico, o sea, en el carácter de que, como afirmaba Galileo, la Naturaleza esté escrita en lenguaje matemático, pues sin ello no se podrían haber establecido esas reglas de correspondencia y transformación entre las formulaciones de las leyes en los diversos dominios de aplicación. Esto a su vez plantea la cuestión

filosófica que preguntaría las razones de por qué ello es así, por qué esa simbiosis entre la idealidad matemática y el ser físico-real. Körner lo considera como un dato de partida, como un "factum" de lo real, pero una razón tal no puede satisfacer a un análisis filosófico estricto²⁸. La cuestión, pues, de ese fundamento final de la universalidad de las leyes físico-naturales se remitiría al tema de las relaciones matemática-realidad, quedando ahora como un problema abierto, dado que en este momento, por razones de contenido, no procedería su examen detallado.

Haciendo abstracción de esta última problemática señalada, y aceptando el hecho incuestionable de la correspondencia válida entre el ser físico y su racionalización matemática a efectos cognoscitivos, se ha de concluir afirmando que no obstante las objeciones y dificultades que han planteado los problemas derivados de los modelos y teorías cosmológicas, la continuidad del saber y la unidad del conocimiento no quedan fundamentalmente problematizadas. No existen bases para considerar, a pesar de la elevada complejidad material y metodológica de nuestro conocimiento de la Naturaleza en la actualidad, una especial relativización gnoseológica. El mundo físico, aunque su variedad fenoménica se presente potencialmente indefinida, todavía se revela en sus raíces esenciales, filosóficas y científicas, como una unidad fundamental.

NOTAS

¹ *Die Einheit der Natur*. Studien von C.F. von Weizsäcker. München, Hanser, 1971; p. 469.

² *Cosmología. Actualidad y perspectivas* (editado por L. John). Barcelona, Labor, 1978; p. 13.

³ *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeine Relativitätstheorie*. Sitzungsberichte der königlichen preussischen Akademie der Wissenschaften, 1917; pp. 132-152. A éste siguieron entre otros: *Kritisches zu einer von Herrn de Sitter gegebenen Lösung der Gravitationgleichungen*. Ibid, 1918; pp. 270-272. *Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie*. Ibid, 1931; pp. 285-327. *On the Cosmological Problem*, en *The Meaning of Relativity*. Princeton University Press, 1955 (5th ed.), pp. 109-132 (Versión española: *Sobre el problema cosmológico*, en *El significado de la relatividad*. Madrid, Espasa-Calpe, 1971 (3ª ed.); pp. 130-157).

⁴ A título de ejemplo se puede señalar la interpretación de A.S. Eddington en: *Space, Time, Gravitation. An Outline of the General Relativity Theory*. Cambridge University Press, 1920; véase especialmente el cap. 12.

⁵ *Histoire du Principe de Relativité*. Paris, Flammarion, 1971; p. 400.

⁶ *Ibid.*, p. 401.

⁷ DE SITTER, W.: *On the Relativity of Inertia. Remarks concerning the Einstein's latest Hypothesis*. Proceedings of the Koninklijke Akademie van Wetenschappen, Amsterdam, 1917; pp. 1217-1225.

⁸ FRIEDMANN, A.: *Ueber die Krümmung des Raumes*. Zeitschrift für Pshysik, 1922, 10, p. 237. *Ueber die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung*, *ibid.*, 1924, 21, p. 326.

⁹ Véase p.e. MOLES, M.: *Cosmología y observaciones: un análisis crítico*. Investigación y Ciencia, n° 58, 1981, pp. 110-123.

¹⁰ Véase por ejemplo la posición de A. Dauvilliers en: MERLEAU-PONTY, J.: *Cosmología del Siglo XX. Estudio epistemológico e histórico de las teorías de la Cosmología moderna*. Madrid, Gredos, 1971; pp. 387 ss.

¹¹ Al respecto véase el sentido del principio cosmológico en unas y otras teorías en MERLEAU-PONTY, J., o.c., p. 151 ss.

¹² Cfr. WHITROW, G.J.: *Epistemological Foundations of Natural Philosophy*. Philosophy (London), 1946, XXI.

¹³ Véase exposición general de las mismas en: BONNOR, W.: *The Mystery of Expanding Universe*. New York, McMillan, 1967 (2nd ed.).

¹⁴ Cfr. p.e. WEINBERG, S.: *The First Three Minutes. A Modern View of the Origins of Universe*. New York, Basic Books, 1977.

¹⁵ BONDI, H.-GOLD, Th.: *The Steady State Theory of the Expanding Universe*. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society (London), 1948, 108; pp. 252-270.

¹⁶ Véase un autorizado estudio de la obra de E.A. Milne en MERLEAU-PONTY, J. (O.C.), p. 163 ss. Pueden considerarse como obras fundamentales de Milne las siguientes: *Relativity, Gravitation, and*

World-Structure, (1935). *Kinematic Relativity*, (1948). *Modern Cosmology and the Christian Idea of God*, (1952) (op. post.).

¹⁷ Una confrontación de ambas posiciones puede encontrarse en AA.VV.: *El origen del universo*. México, F.C.E., 1962. Se trata de exposiciones críticas de las teorías rivales a cargo de W.B. Bonnor, H. Bondi, R.A. Lyttleton, y G.J. Whitrow.

¹⁸ Sciama, D.: *Los modelos cosmológicos*, en: *Cosmología. Actualidad y perspectivas*, o.c., p. 82.

¹⁹ No obstante véase la original defensa que F. HOYLE lleva a cabo en *The Nature of the Universe*, Oxford, Blackwell, 1951. También muy recientemente el discutible y muy polémico libro: *The Intelligent Universe*, London, Dorling Kindersley, 1983 (trad. esp.: *El Universo inteligente*, Barcelona, Grijalbo, 1984).

²⁰ Véase p.e. BONDI, H.: *The Lure of Completeness*, en *Encyclopaedia of Ignorance* (ed. by R. Duncan and M. Wendon-Smith), Oxford-New York, Pergamon Press, 1977; p. 5 ss.

²¹ Al respecto cabe indicar aquí que el autor de este trabajo tuvo la oportunidad hace muy pocos años de mantener una larga e instructiva conversación con Sir Hermann Bondi, en el Congreso de la "Académie Internationale de Philosophie des Sciences" (1982), celebrado en Castrocaro Terme (Italia). El Dr. Bondi, precisamente uno de los creadores de la teoría del estado estacionario, manifestó que dicha teoría debía ser prácticamente abandonada hoy, declarándose a favor del big-bang. No obstante, existen todavía defensores con mayor o menor intensidad, o de aspectos parciales solamente, de la teoría del estado estacionario (Cfr. nota n° 19).

²² PENROSE, R.: *Is Nature Complex?* En *Encyclopaedia of Ignorance* (o.c.), p. 160.

²³ Cfr. por ejemplo, entre otras, EINSTEIN, A.: *Autobiographical Notes*. La Salle (Ill.), Open Court Pub. Co., 1979. Procedente de SCHILP, P. (Ed.): *Albert Einstein. Philosopher-Scientist* New York, Tudor, 1951 (2nd ed.). Trad. esp.: *Notas autobiográficas*. Madrid, Alianza Editorial, 1984; pp. 65-66.

²⁴ *Ibid.*, p. 66.

²⁵ EINSTEIN, A.: *Sobre el problema cosmológico* (o.c.), p. 154.

²⁶ *Ibid.*, p. 193.

²⁷ *Ibid.*, p. 195.

²⁸ KÖRNER, S.: *Introducción a la Filosofía de la Matemática*. México, Siglo XXI, 1967; p. 233.