

LA COSMOLOGÍA EN ESTADO HEROICO: HIPÓTESIS Y EVIDENCIAS

Eloy RADA
UNED

Introducción

La cosmología contemporánea ha crecido mucho desde los días en que Einstein formulase en 1917 sus *Cosmologische Betrachtungen*, abriendo así una nueva senda a la concepción del mundo universo en que nos movemos. En el espíritu y en la letra del fundamental artículo de Einstein se establecen dos parámetros conceptuales de influencia decisiva en el desarrollo posterior de esta investigación cosmológica: i) para la ciencia no hay más que *un mundo* en el que hay que articular la totalidad de los eventos físicos. Esta es la vieja tesis de Aristóteles, que resultará decisiva en varios sentidos, como veremos. ii) La Teoría física, por supuesto, que pudiera dar cuenta de esa totalidad sería tan general y omniabarcante que cualquiera teoría parcial de las que constituyen nuestra física terrestre o local habría de ser una subteoría respecto a aquella.

Es evidente que con ello se establece un rango jerárquico que entraña relaciones de inclusión, de carga teórica, de coherencia lógica y/o empírica, etc. en suma, ciertas servidumbres de unas teorías respecto a otras, inevitables además si se quiere mantener a todas ellas dentro del rango de *las ciencias físicas*.

Resulta esta situación comparable, en parte, a la situación en que la ciencia del S.XVII se hallaba respecto a la filosofía dominante. Un buen ejemplo pudiera ser el de la astronomía de Galileo y Kepler. No hace mucho todavía el Papa Wojtyła recordaba¹ ante los miembros de la Academia Pontificia el caso Galileo y decía:

¹ Confr. *Le Nouveau Golem*, 1992. n.º 1, págs 247 y ss.

«¿Este caso, tras tanto tiempo, no está ya cerrado y no se han reconocido los errores cometidos? Ciertamente así es. No obstante *los problemas subyacentes a este caso afectan a la naturaleza de la ciencia tanto como a la naturaleza del mensaje de la fe*. No se puede por tanto excluir que un día nos encontremos ante una situación similar, que exija a unos y a otros una conciencia alerta sobre el campo de sus propias competencias...».

Algunos reconocemos los «errores cometidos» en un sentido muy diferente del que propone aquí el Papa Wojtyła. Podemos reconocer que *los problemas subyacentes a este caso afectan a la naturaleza de la ciencia y a la naturaleza de la fe*, pero la discrepancia se haría irreductible cuando se tratase de caracterizar esas dos *naturalezas*, la de la ciencia y la de la fe. Sigue el texto del Papa:

«Una doble cuestión hay en el corazón del debate del que fue Galileo el centro: *La primera* es de orden epistemológico y concierne a la *hermenéutica bíblica*. A este respecto hay que destacar dos cosas. La primera que, como la mayor parte de sus adversarios, Galileo no distinguió entre lo que es la aproximación científica a los fenómenos naturales y la reflexión de orden filosófico sobre la naturaleza que aquélla exige generalmente. Por esta razón rechazó la sugerencia que se le hizo de presentar el sistema de Copérnico como una hipótesis, mientras no estuviera confirmada por pruebas irrefutables. Pues además era ésta una exigencia del método experimental del que él fue genial iniciador»².

Así las cosas, según esta insospechada interpretación de Karol Wojtyła, Galileo fue condenado por razones metodológicas o, como ahora diríamos, por confesarse *realista*, cuando la Iglesia le proponía, sin duda con mucha mayor perspicacia científica, una posición *convencionalista* o acaso *conjeturalista*. Y el problema se hace más crudo y hasta dramático si tomamos nota de que, según la concepción susodicha, cualquiera formulación realista de hipótesis científicas merecería la misma condena canónicometodológica *mientras no se vea confirmada por pruebas irrefutables*.

I

Cualquiera sentiría ahora la tentación de preguntar al metodólogo Wojtyła si existen muchas teorías científicas *confirmadas por pruebas irrefutables*. Porque

² *Ibd.* págs. 248-49.

si no dispusiéramos de demasiadas hipótesis o teorías en tan buen estado de salud no se ve razón alguna para liberar al Galileo de entonces ni a los seguidores actuales de su *método experimental* de la condena canónico-metodológica que aderezó el Papa Barberini en 1633.

Ciertamente la hipótesis copernicana en manos de Galileo era una hipótesis huérfana de *pruebas irrefutables*. Galileo lo sabía y por eso las buscaba apasionadamente tanto en la tierra como en el cielo. Y, como no las encontraba, su hipótesis se hallaba en estadio heroico, ella sola contra todos los argumentos. Por cuántas más razones en estadio *heroico* dejémoslo para la historia. Pero una nos importa aquí: el desamparo metodológico en que el método experimental deja a las hipótesis o a las teorías de mayor alcance. Es sabido que en el caso de los modelos astronómicos del caso Galileo la batalla se centró en dilucidar si eran (representacionalmente) *equivalentes* a la hora de *salvar los fenómenos* o si, además, como Galileo y Kepler sostenían, uno, el Ptolemaico, era un mero modelo matemático suficiente para describir posiciones y movimientos relativos, mientras el otro, el Copernicano, era además un modelo *físico*, comprometido, por tanto, con una afirmación muy exigente de «existencia», o, si se quiere, con la injusta y desproporcionada carga de probar el contenido de la afirmación en términos de hechos empíricamente verificados.

Cuando los censores del Santo Oficio y Wojtyła aseguran que Galileo no tenía *pruebas irrefutables* quieren decir que la proposición copernico-galileana «la tierra gira también con movimiento diurno en torno a un cuerpo central e inmóvil que es el Sol» no era deducible de ningún conjunto anterior de enunciados ciertos o epistemológicamente *irrefutables*, ya fuesen dichos enunciados de naturaleza racional ya de naturaleza empírica. Según la reciente interpretación papal *no era defendible porque no era demostrable*. Esta interpretación parece próxima al sentido del Prólogo de Ossianer al *De Revolutionibus* y al «compromiso» alcanzado entre Bellarmino y Galileo en 1616.

Pero, ¿qué tiene que ver todo esto con la *Cosmología* actual?. Nadie va a procesar ahora a Hubble por afirmar que las galaxias *huyen* de nuestro centro de observación a una velocidad directamente proporcional a la distancia a que se encuentran. Nadie va a condenar el Principio Cosmológico Perfecto de Milne o los números sin dimensiones de Dirac por saltarse requisitos del método experimental. Siendo esto cierto, sin embargo hay una cierta analogía entre la situación de la *Cosmología* actual y la situación en que la teoría copernicana

se veía ante la Santa Inquisición. Ambas situaciones pudieran ser calificadas de epistemológicamente *heroicas*, en ambos casos las hipótesis sobrepasan los límites autorizados por las evidencias, o si se prefiere, en ambos casos hay un proceso de *inducción* cuya legitimidad puede ser puesta en tela de juicio. En el caso de Galileo no se puso en tela de juicio por las razones epistemológicas apuntadas ahora como justificación de la condena por los epistemólogos pontificios, sino por otras mucho más incofesables³, aunque pudo haberse hecho entonces como interesada y *oportunamente* se hace ahora. En el caso de la *Cosmología* actual porque la crítica epistemológica es consustancial al propio desarrollo de la ciencia, tanto si la hacen los propios científicos como si la hacen filósofos de la ciencia.

El estatuto actual de la *Cosmología* entendiendo por tal la teoría global del Universo, de su origen, dimensiones, procesos y leyes generales no rebasa el nivel epistemológico de la *conjetura* (o de la *Hipótesis* de trabajo), aunque ciertamente se trata de una hipótesis con pretensión *realista*, pues considera que las teorías locales, desde las teorías astrofísicas más remotas hasta las microteorías de la física local, son *subteorías* (por supuesto realistas) incluidas adecuadamente en la más general.

Acabo de mencionar con valor distinto los términos *Cosmología* y *Astrofísica* porque entiendo que deben y pueden diferenciarse con rigor. Efectivamente la primera debe atenerse al sistema del mundo y solo a eso, aunque nos resulte fuerte la suposición de *un solo sistema* para el universo. Pero ocurre que no hay alternativa en este caso, como ya hizo ver Aristóteles: o hay *un solo sistema* del universo o hay *un sistema* de sistemas. Pero *un sistema* de sistemas es *un solo sistema* y en todo caso hay *un solo sistema*.

Pero *Astrofísica* parece que puede delimitarse mejor: desde un punto de vista formal resulta caracterizada por la aplicación de la física local a los procesos que aparentemente ocurren en los astros. De estos procesos unos son mecánicos, otros electro-magnéticos, otros químicos, otros cuánticos, etc. Naturalmente estos procesos pueden ser contemplados en grandes agregados de materia estelar una galaxia o un cúmulo de galaxias o en unidades

³ Es claro que, la idea de fondo es que la Biblia es *realista* y la ciencia sólo si coincide con ella; si no es así debería ser *convencionalista*.

más pequeñas, una estrella, una doble, una gigante roja o una enana blanca, etc. Finalmente hay que subrayar que la observación de estos fenómenos es teórico-dependiente de estas mismas ciencias locales, dependencia que nos impide percibir con perspectiva conceptual diferente lo que allí creemos que ocurre.

Nuestro primer problema reside en preguntarnos si esta distinción entre los niveles *cosmológico* y *astrofísico* es una distinción pertinente o si la *cosmología* resulta de rango teórico *distinto* del de la *astrofísica*. Por de pronto parecen dos niveles que se relacionan como *todo y parte*. En tal caso las teorías astrofísicas serían *casos de la cosmología* y, desde un punto de vista epistemológico, deberían resultar deducibles, o al menos compatibles, explicables y predecibles desde la cosmología. El caso no parece ser éste por desgracia y bastará recordar que ni siquiera tenemos un buen modelo galáctico que explique la formación planetaria de nuestro sistema solar el caso crítico de los momentos angulares p.e. ni menos la distribución de materia y movimientos en el universo galáctico conocido. No parece muy claro que la astrofísica sirva como *confirmación* de ningún modelo cosmológico menos todavía como *prueba irrefutable* Wojtyliana.

Con todo, los modelos cosmológicos, *El Big Bang* p.e, necesitan algún apoyo empírico que les proporcione *base conjetural* razonable, como ocurre con la radiación de fondo, por ejemplo. La pregunta es entonces ¿qué clase de apoyo prestan las teorías astrofísicas a los modelos cosmológicos?

Dos clases de apoyo parecen *prima facie* posibles; i) el primero consistiría en que las teorías astrofísicas describiesen fenómenos que fuesen instancias de un modelo y no de otros. ii) el segundo procedería de que las teorías astrofísicas sugirieran *una proyección modélica* (una extrapolación unificadora) de su propia carga teórica.

El primer tipo de apoyo implica un problema grave con la teoría de la observación, pues los fenómenos descritos por teorías astrofísicas adolecen de una debilidad observacional muy fuerte.

El segundo tipo de apoyo, a su vez, parece un tipo de teorización inductiva con la enorme debilidad añadida por la problemática intrínseca de las teorías que lo proporcionan.

Veamos estos dos problemas con algún detalle:

II

La observación: De hecho solo dos grandes líneas de observación en astrofísica permiten a los cosmólogos acercarse a sus modelos con alguna esperanza de que les sirvan de criterios decisorios entre modelos posibles y modelos probables. Decidir si el sistema es expansivo o más bien oscilante sería todo un éxito teórico, pues tras esta decisión hay grandes intereses teóricos para los astrofísicos, ya que los valores de las mediciones empezarían a ser mucho más seguros. Las mencionadas líneas de observación serían la *observación óptica* y la *observación radio-eléctrica*.

Antes de seguir me parece necesario, para que no olvidemos el asunto principal que nos ocupa, adelantar algunas de las preguntas que los esfuerzos *observacionales* de la astrofísica habrían de tratar de responder y, para poder responder a esas preguntas, deberían ser observaciones relevantes, precisamente respecto a esas preguntas. Podríamos formular dichas preguntas así:

- i) ¿El sistema del Universo es expansivo, estacionario u oscilante?
- ii) La métrica espacio-temporal de dicho sistema ¿ es plana (euclídea), o es curva y, si lo es, con curvatura positiva o negativa?
- iii) ¿Cómo aparece la gravedad?
- iv) ¿Se trata de un sistema isótropo o anisótropo?

Respecto a la observación óptica vale la pena recordar las actuales investigaciones de los grandes complejos mundiales de observación en EEUU, en Chile, en España y también el sistema Ruso de Asia Central. El objetivo de estas observaciones ópticas se halla, respecto a la cosmología, en determinar los valores de recesión de las galaxias mediante el análisis espectroscópico de la luz y los valores de *red-shift*⁴ que pudieran ajustarse a los datos de dichas observaciones. Tras muchos intentos Alan Sandage⁵, y sus colegas, en Monte Palomar llegan a fijar, para galaxias en el horizonte observacional una velocidad máxima observada de 180.000 Km./s. Para alcanzar esta distancia (en torno a 10⁹ años luz) parece que es preciso suponer que hace 10 mil millones de años nues-

⁴ Confr. HUBBLE, Edwin: «A Relation Between Distance and Radial Velocity Among Extragalactic Nebulae», en *Proceedings of the National Academy of Sciences* 15; (1929) 168-173.

⁵ Cfr. Alan SANDAGE: *Scientific American*, Septiembre 1956.

tra galaxia y las lejanas observadas de magnitudes 16-18 hubieron de estar muy próximas, si no es que eran una y la misma masa galáctica del tipo que fuera. De hacer caso de las observaciones *ópticas* sobre los cúmulos de galaxias distantes y débiles o menos luminosos, nuestro universo sería oscilante en un espacio cerrado y curvo, ya que esta es la condición que exige la *deceleración* observada para tales curvas. Pero, por otra parte, si hay una deceleración como la predicha para estos cúmulos lejanos es preciso, de nuevo con A.Sandage, atribuir una densidad media de materia al universo de $6,7 \times 10^{-29}$ gm/cm³. Y por otra parte la densidad media de materia contenida en los cuerpos galácticos solo alcanza 7×10^{-31} gm/cm³. Esto significa que el universo contiene más materia (unas cien veces más) que la contenida en las galaxias. En otras palabras, en los espacios intergalácticos tendremos tanta materia *invisible* como para conformar otros cien universos como el visible ópticamente. De esta *materia oscura*⁶, cuyas propiedades ópticas directas son enteramente nulas para los telescopios, apenas sabemos nada, aunque sospechamos algunas cosas, como p.e. que su incidencia *gravitacional* puede generar el efecto de *lente gravitacional* capaz de devolvernos imágenes múltiples de otros objetos celestes. ¿Qué decir entonces del testimonio de la luz circulando entre la gravedad de tanta materia? ¿cómo saber que el modesto dato del telescopio-espectrógrafo es un *dato adecuadamente cósmico*?. Y suponiendo que esa masa ingente e invisible sea hidrógeno ¿cómo saber si es neutro en unas regiones y ionizado en otras? Si, p. e. nuestros telescopios no pueden detectar la hipotética caída de nuestro sistema galáctico hacia los ingentes cúmulos de Virgo y serían solo 45 millones de años luz ¿cómo fiarnos de su testimonio cuando este se aventure con 1000 ó 10.000 millones de años luz?

Todavía cabe hacer otra consideración marginal respecto a los logros de la *observación*: Puesto que las galaxias aparentemente poseen en el extremo de nuestro horizonte observacional unas velocidades de recesión tan altas, el cálculo nos permite afirmar que, a esas velocidades, han sobrepasado unas cuantas veces su velocidad de escape para un universo vacío. Estarían alejándose sin retorno posible (no habría, pues, ni fase de contracción ni universo oscilante). La luz, antes de que la galaxia matriz alcanzase la velocidad de 300.000 Km/s nos seguiría llegando y después de alcanzar esa velocidad de recesión dejaría de llegarnos. Por ello los cúmulos últimos serían invisibles absolutamente.

⁶ Cfr. Lawrence M. KRAUS: *La quinta esencia*, Madrid Alianza edit. 1992. cap. IV y ss.

Mientras tanto, la luz de los cúmulos visibles atravesaría regiones alternantes de gravedad y de ingravidez. La relatividad nos enseña que en el primer supuesto padece curvatura, pero no la padece en el segundo.

Y para que todo resulte más confuso, el cálculo de la velocidad de escape puede y debe tener presente (por la existencia aparente de la deceleración de la recesión) el hecho de que la materia oscura intergaláctica puede ser sesenta, setenta y hasta cien veces más abundante que la materia condensada en los cuerpos galácticos. La velocidad de escape sería entonces mucho mayor en esa misma proporción por la «resistencia gravitacional» de esa materia oscura, solo que, por la misma gravedad interior del sistema, no podría ser superior a la de la luz y en tal caso cabe imaginar por igual una de las dos alternativas: *regresaría indefinidamente o se diluiría inevitablemente en su propia expansión*. El universo se podría interpretar entonces como siendo tanto curvo y finito como euclidiano o incluso hiperbólico. Pero resulta que estos eran los modelos posibles de Friedman, modelos de los que la *observación* debería descartar alguno, o, al menos confirmar a uno más que a otros.

La observación radio-eléctrica. Cuando A.A.Penzias y R.W.Wilson⁷, los dos ingenieros de la Bell Telephon, se toparon por casualidad con un ruido electro-magnético en la longitud de onda de 7 cm. no tenían ni idea de qué era aquello que parecía perturbar los cotilleos de las comadres bostonianas. En Princeton y en Cambridge los físicos lo habían previsto ya, aunque no sabían en qué longitud de onda podrían hallarlo. Algunos de los más brillantes cosmólogos del momento vieron un rayo de luz *confirmatorio* de su hipótesis cosmológica. El modelo *explosivo* de Gamow, el *Big-Bang* de ahora, entrañaba teóricamente un residuo ondulatorio cuya pervivencia debería poderse detectar. Al conocer ahora la longitud de onda en que debían ajustar su dial trataron de determinar qué clase de radiación era aquella. Resultó corresponderse con una radiación del tipo «caja negra» a 3 grados Kelvin y a 3, 2 cm de longitud de onda. Hoy, gracias al satélite COOBE y a observaciones terrestres desde Canarias, sabemos algo más: que ni siquiera estos valores son continuos y en todas las direcciones y regiones del cosmos que podemos observar, que oscilan entre valores diferentes de temperatura y longitud y que, en algunos casos, tienen carácter turbulento. Con todo, la *radiación de fondo* sigue representando

⁷ PENZIAS, A. y WILSON, R.: «A Measure of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s» en *Astrophysical Journal* 142; (1965) 419-421.

uno de los programas observacionales más cuidadosamente gestionados en estos tiempos: Desde tierra y desde el espacio la investigación sobre el mapa de la radiación de fondo pretende reconstruir tres elementos decisivos:

- i) el *centro relativo* de la gran conflagración inicial;
- ii) la *distancia* del actual frente de ondas respecto al centro;
- iii) la *edad* transcurrida desde el primer instante.

Los resultados obtenidos pueden ser interpretados de tal modo que den respuesta (o varias respuestas, tal vez) a cada una de estas preguntas. Pero, para ver hasta dónde hacemos concesiones interesadas o caritativas a nuestras hipótesis, deberíamos decir, antes de aventurar soluciones, que no existe evidencia alguna de que el *eco* radioeléctrico de fondo pertenezca a *una sola* más bien que a *varias* conflagraciones iniciales y con ambas hipótesis como puntos de partida se puede construir por igual un mapa con centro espacio-temporal relativo. Respecto al frente de ondas (o frentes de ondas) que podemos captar caben aún más sospechas, pues depende continuamente del medio en que se mueve y del modelo de universo cerrado, hiperbólico o euclídeo con que se cuente en el cálculo. Y no es mucho mejor la situación de la edad térmica del universo, puesto que depende de la hipótesis de la «caja negra» que, además de ser dudosamente aplicable al universo, a todas luces se halla perturbada por estructuras gravitatorias locales y por materia interpuesta en posible condición radiante.

Y deberíamos tomar nota de que no hemos respondido todavía a ninguna de las preguntas cosmológicas de más arriba. A lo sumo, guiados por esas hipótesis cosmológicas, hemos logrado diseñar observaciones apasionantes cuyos resultados solo resultan inteligibles en tanto que mantengamos en nuestra mente el horizonte hipotético que nos sirvió para diseñar las observaciones. Tal es el grado de *dependencia teórica* que esas observaciones tienen respecto de su modelo y tan escasamente relevantes resultan para evaluarlo.

III

Dado que la observación empírica, si es que sirviera esta denominación para las observaciones mencionadas más arriba, no cumple adecuadamente con los requisitos *confirmatorios* de la epistemología wojtyliana, necesitamos alguna clase de justificación o quizá de vindicación para la *cosmología*, toda vez

que nos resistiríamos mucho a clasificarla entre las ficciones mitológicas más delirantes y atrevidas que haya formulado la humanidad. Pero, si no tenemos *confirmaciones*, podemos hacer al menos consideraciones *razonables*, como la siguiente:

Las teorías astrofísicas abordan múltiples aspectos de la naturaleza, procesos y movimientos de los cuerpos celestes. Lo hacen con medios *distintos* de los utilizados por la astronomía observacional clásica y además incorporando el arsenal teórico de la Física local, al menos en dos de sus más características dimensiones: la teoría atómica (y de partículas subatómicas), por una parte y la teoría electromagnética, por otra. El resultado ha sido que la masa y la energía calculadas para objetos celestes —tales como galaxias o cúmulos o simples estrellas— parecen capaces de ser interpretadas según el modelo atómico de intercambio con emisiones o absorciones radiantes. Además el Hidrógeno parece un material universal y prevalente en cantidad en todos los casos⁸. Con estos datos no es difícil representar al universo como una secuencia de gigantes pilas atómicas o, quizá pilas residuales de una más colosal y primitiva. La tasa de Hidrógeno alcanza tales valores en el cosmos que pudiera decirse que es la sustancia del Universo, que estamos en un mundo de Hidrógeno. Y este elemento es el centro del modelo teórico de la física atómica. El resultado es que *podemos* extrapolar nuestro modelo atómico de Hidrógeno al Universo sin contradicciones con nuestro modelo local y además *no podríamos salvar* nuestro modelo local si extrapolásemos otro modelo (que por otra parte no tenemos).

Como podemos observar estamos en situación más precaria que la de Galileo. Él sí tenía otro modelo que también salvaba los fenómenos, aunque por atreverse a desafiarlo mereció para unos la condena y para otros la gloria. Para nosotros la cosa es más complicada. Los fenómenos atómicos locales solo se salvan dentro de la teoría atómica, más o menos sofisticada, pero solo mediante ella. Y, puesto que no tenemos otra, nada podemos ofrecer como alternativa. Esta es una *vindicación* muy fuerte, pero no es, desde luego, una prueba irrefutable. ¿Por qué habríamos de interpretar el universo en términos

⁸ Con todo, hay que notar la presencia interestelar de materia difusa, cuya composición química no es siempre igual a la composición química en el medio local. Las llamadas *moléculas exóticas* (C₂H, C₃N etc. p. e.) existen allí de modo estable, lo cual indica que el medio no es exactamente el mismo.

de teoría atómica?. No cabe otra respuesta que la de la *isotropía constante*. Ello implica aceptar que *nuestra materia* terrestre o local es un modelo adecuado de materia cósmica. Cosa por demás caritativa y no muy segura hoy para los astrofísicos. Ya he mencionado más arriba a L.M.Krauss y su estudio sobre la materia oscura, eso sin contar que algunos modelos el estacionario p.e. en algunas versiones postulan cosas como la *anti-materia* y su peculiar *universo complementario*.

Añadamos, de pasada y para cerrar este breve repaso, que todo modelo extrapolado comete un pecado de *inducción*, mayor cuanto mayor es la distancia entre modelos. En nuestro caso la distancia es cosmológica y esto habría de bastar para que nuestras precauciones epistemológicas resultasen justificadas.

IV

Hasta aquí los astrofísicos y las consiguientes generalizaciones cosmológicas. Y no es poco lo que han logrado *leer* en el firmamento estrellado, gracias a sus telescopios, a sus radiotelescopios y a su proyección de la física local de la luz y de las partículas elementales hacia las regiones más oscuras del universo. Digo que no es poco porque, después de todo, han dado pie a los cosmólogos para construir modelos de universo capaces de incluir adecuadamente la mayor parte de todos esos procesos.

Aunque bien visto no resultaría demasiado extraño que así fuese, pues al fin y al cabo ninguna teoría astrofísica es *cualitativamente* distinta de las teorías físicas locales. Ni la teoría atómica, ni la teoría electromagnética, ni la mecánica cuántica, ni la termodinámica, ni la química de los intercambios atómicos ni ninguna otra rama bien consolidada de nuestra ciencia local ha tenido que modificar su paradigma inicial y si acaso, han sido las *observaciones* en el cielo estrellado las que han acabado por adaptar sus iniciales *sorpresas* a la teoría estándar de la ciencia. La materia celeste, con todo y ser abrumadoramente abundante, no acepta interpretaciones que violen la teoría de la paridad o la *Cromodinámica cuántica*, p.e. pese, repito, a que sus magnitudes y dinámica de conjunto sean colosalmente grandes. Ello nos lleva a una especie de *Ciencia total*, ciencia comprensiva de *todos los fenómenos del universo*, como si de un *único proceso físico* se tratara.

Ya los griegos lo vieron así y no tuvieron inconveniente en atribuir a ese colosal proceso virtudes *generativas* de todo cuanto existe y de todas las formas bajo las que existe lo que existe.

Careciendo en nuestro lenguaje científico de dos conceptos tan potentes como aquellos griegos de *physis* y *gygnomai* para expresar las ideas de *naturaleza radical* como principio absoluto y *generación* como despliegue en el tiempo de esa naturaleza, hemos adoptado como equivalentes en nuestra física las de *sustrato material* y *energía* unidas por un célebre principio de conservación.

Desde esta perspectiva conceptual nuestra cosmología añade a la de los griegos ciertas precisiones *empíricas* cedidas por nuestra ciencia física, aunque el marco general no parece haberse distanciado tanto. Efectivamente, nuestros cosmólogos acaban por plantearse cosas tales como:

- i) la unidad (y constancia) del sustrato material cósmico,
- ii) la unidad del proceso cósmico,
- iii) la vinculación entre tiempo y proceso.

Los más ingenuos tanto como los más sofisticados modelos de universo reconocen estas tres características como propias del cosmos. Y siendo ello así no podía faltar la pregunta inquietante de algún metafísico curioso. ¿Es finita o infinita la materia?, ¿es el proceso infinito y recurrente o finito e histórico? ¿cómo empezó el proceso? estas preguntas, desde luego, son incómodas para cualquier cosmólogo.

La idea de materia infinita en cantidad y extensión el infinito numerable y el continuo infinito no son aquí artefactos matemáticos, sino ontología pura, o si se quiere física, y la respuesta, tanto afirmativa como negativa, compromete con una carga de prueba semejante a la que los padres inquisidores exigían a Galileo respecto a la *física del cielo*. En todo caso, para nuestro manejo de los modelos, resulta más cómodo convenir que la materia y la extensión del universo son finitas, porque de no serlo ellas tampoco lo sería el tiempo de su proceso cosmológico y todas nuestras mediciones de distancias, tiempos y velocidades no serían más que alardes técnicos inútiles.

Si aceptamos la noción de límite para las tres grandes variables del problema entonces tienen sentido por igual las tres preguntas siguientes:

1. Cuánto es el monto de materia contenida en el universo.
2. A qué distancia se halla el límite del universo de su centro.
3. Cuánto tiempo ha transcurrido desde que el proceso se inició.

Los cosmólogos han tratado de dar respuesta a estos tres desafíos. Desde Einstein o Eddington hasta Dirac se han ensayado números o constantes relacionando moléculas de materia con metros cúbicos de espacio en el universo. De igual modo se ha tratado de dar unos valores tanto a la magnitud de la expansión cósmica como a t <tiempo-duración de esa expansión> tales que permitieran situar el comienzo espacial y temporal del proceso expansivo en el primer momento de su historia. Si de algo nos sirven esas cábalas del cálculo es para tener una idea muy remota de la magnitud del proceso pero muy poco para medir en un sentido riguroso los valores siquiera aproximados de esas magnitudes. En cambio han servido, y sirven ahora, para plantear una cuestión adicional que nada, aparentemente, tendría que ver con la física. Me refiero al presunto problema de la *creación*.

¿*Creación* o simplemente *comienzo*? La clásica teoría del *Big Bang* dejó atrás sin grandes problemas a la más poética y religiosa del *Estado Estacionario* que formularon Milne, Hoyle, y sus compañeros. Pero, con todo no logró dar cuenta de cómo se produjo el primer momento físico del universo. Ya fuera porque la singularidad matemática exigida por las soluciones de Friedmann a las ecuaciones de campo de la Teoría General de la Relatividad sugerían, o exigían, un universo isótropo (el mismo en todas direcciones) y homogéneo (materia uniformemente distribuida), ya porque exigían que la aceleración de la expansión (el valor del segundo miembro de la ecuación de Friedmann: $d^2 a/dt^2$) no pueda ser = 0, sino que debe ser positivo o negativo. Y además exige paralelamente que la deceleración de la contracción cumpla el mismo requisito. En suma que si hay materia en el universo este debe estar en expansión o en contracción con aceleraciones variables.

Si, animados por los signos de la expansión, seguimos en esta línea de pensamiento y suponemos que el universo se halla en fase expansiva, podemos *regresar hacia atrás* en nuestro cálculo e imaginar un escenario con menos espacio y mayor densidad de materia. Así llegaríamos a un primer momento de espacio mínimo y densidad máxima. La literatura ha fantaseado mucho sobre esos tres primeros segundos del Universo cuando se produjo la *Gran*

Explosión. Sería la singularidad de las ecuaciones de Friedmann y un instante antes la *creación* del mundo.

Esta cuestión de la *creación* debe entenderse tal y como se plantea en cosmología, a saber: si en el instante $t = 0$ tenemos una ingente cantidad de masa *estallando* la ecuación de Einstein nos da cuenta de la energía resultante hasta nuestros días, al igual que la teoría de la gravedad y de las fuerzas subatómicas nos permiten explicar el proceso de *explosión* como colapso etc. Pero la *presencia de la materia o de la masa* en el instante $t = 0$ resulta inexplicada, salvo que se suponga que es eterna con lo cual cabe la pregunta por lo que había antes de $t = 0$ o que es creada en ese instante, lo cual encierra la afirmación de que antes de $t = 0$, *no había ningún instante anterior*. Ello nos lleva a establecer que, en estas circunstancias, la masa cósmica y su explosión son *un solo acontecimiento físico* ya que ambos quedarían definidos por la ecuación del espacio-tiempo relativista que definiese ese instante mediante tres coordenadas espaciales y una temporal.

Estas alternativas, para el caso de que se descarte la eternidad del mundo, se podrían encerrar en una sola disyunción: o bien el universo tiene una causa o bien el comienzo del universo es incausado. Si aceptamos el primer término del dilema la noción de causa física encierra la temporalidad anterior y la *inadecuación* de la definición de $t = 0$ para el modelo *Big Bang*. Con ello el modelo no sería un modelo capaz de satisfacer las soluciones de Friedmann y, lo que es peor, no sería en absoluto un modelo relativista. Y si aceptamos la segunda parte de nuestro dilema, una eternidad temporal vacía y previa al instante $t = 0$ y un tiempo propio y relativo al cosmos cuyo primer instante sería el límite al que conducen las soluciones de Friedmann, algo como el primer latido de un reloj parado que se pone en marcha espontáneamente, entonces la singularidad debió traer consigo una implantación radical de todas las leyes y constantes del universo, de tal modo que, instantáneamente, la constancia de la mesenergía, la entropía⁹, la radiación y sus estructuras cuánticas y cuanto en suma sabemos sobre la materia del cosmos, se inició súbitamente con el instante $t = 0$. De no ser así habría que recurrir con Tolman¹⁰, Landsberg, Park o

⁹ Véase al respecto: LANDSBERG, P. T. y PARK, D. (1975): «Entropy in an Oscillating Universe», en *Proceedings of the Royal Society of London A* 346; 485-495.

¹⁰ TOLMAN, R.C. (1934) *Relativity, Thermodynamics and Cosmology*. Oxford, Clarendon Press.

Wheeler¹¹ a la idea de universos oscilantes, universos que en cada nuevo ciclo de su eterno devenir sucesivo van cambiando de tamaño, de forma y de valores para las grandes leyes. Desde 1965 se abandonan los modelos oscilantes por la introducción de los teoremas de singularidad de Hawking-Penrose¹² cuyo sentido más intuitivo es que un universo no estrictamente homogéneo e isótropo entraña la singularidad. Es decir, entraña la aparición en algún punto de un cosmos dotado de leyes y constantes, uno de cuyos modelos posibles es el nuestro. Entre las leyes y las constantes una más es la de la causalidad, y pertenece al sistema exactamente con el mismo rango que las demás grandes leyes y constantes. De aquí se deduce que, si la singularidad introduce una radical fundación del universo, y la causalidades una de las leyes fundadas por la propia singularidad, entonces carece de sentido preguntarse por una causalidad previa al mismo. Como dicen los analíticos, sería un *sinsentido* preguntar por causalidades en un contexto sin estructura causal.

Aristóteles ya había razonado así y le pareció más lógico aceptar la eternidad del mundo que una recurrencia infinita de ciclos como proponían los pitagóricos. De esa eternidad hicieron sus dioses los neoplatónicos de entonces y de ahora.

En suma, que la cuestión de la singularidad aparece en los modelos como una cuestión sin respuesta. No es que los cosmólogos no hayan tratado de dar alguna, sino que las que nos dan parecen dejarnos atónitos. A veces se ha tratado de acudir a la reserva teórica de la física cuántica¹³. Pero la llamada era de Plank en el *Big Bang* (10^{-43} segundos iniciales) no responde a la estructura

¹¹ WHEELER, J. (1973): «From Relativity to Mutability» en J. Mehra (edt): *The Physicist's Conception of Nature*, D. Reidel, Boston.

¹² Aunque ambos han publicado más bastará citar aquí: HAWKING, S. W.: a) (1966) «Singularities in the Universe» en *Physical Review Letters* 17; 444-445. b) (1976) «Breakdown of Predictability in Gravitational Collapse» en *Physical Review D* 14; 2460. c) HAWKING, S. W. y ELLIS, G. F. R. (1973): *The Large Scale Structure of Space-Time* Cambridge University Press. d) HAWKING, S. W. y PENROSE, R. (1965): «Singularities in Homogenous World Models», en *Physical Letters* 17; 246-247. e) HAWKING, S. W. y PENROSE, R. (1970) «The Singularities of Gravitational Collapse and Cosmology», en *Proceedings of the Royal Society of London A* 314; 529-548. f) PENROSE, R. (1965): «Gravitational Collapse and Space-Time Singularities» en *Physical Review Letters* 14; 57-59. g) PENROSE, R. (1974): «Singularities in Cosmology» en LONGAIR, M. S. (edt): *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, Reidel, Dordresch, Holland y Boston, 263-272.

¹³ Así p.e. ATKATZ, D. y PAGELS, H.: «Origin of the Universe as a Quantum Tunneling Event», en *Physical Review D* 25; (1982), 2065-2073.

legal del cosmos exige, por ejemplo, una gravedad repulsiva —y como consecuencia la singularidad se hace más singular todavía—. Con todo los llamados *modelos del vacío fluctuante* se aferran a una espontaneidad en el vacío tal que una combinación cuántica para algún incremento de Energía no resulte igual a cero. Así Edward Tryon¹⁴ en 1973 o Vilenkin¹⁵ en 1982 que pretende un paso directo a un espacio desitteriano, desde *la nada literal* de un primer salto cuántico. El mundo empezaría así por un electrón exótico y furtivo que rompió la continuidad del espacio vacío y acabaría expandiéndose en un gigantesco decalage inflacionario de galaxias en expansión ¿quizá por una discontinuidad espacial?. Pero, ¿de qué espacio se trataría? y, lo que es más problemático aún, ¿cómo puede tener consecuencias físicas *cuánticas* una mera discontinuidad espacial de un espacio que, sin materia contenida, solo admite discontinuidades matemáticas?. Una espontaneidad de consecuencias cosmológicas es, ciertamente, una alternativa lógica. Pero solamente lógica. No estoy, en cambio, tan seguro de que sea una alternativa, *físicamente hablando*, razonable. Además, la pregunta original por el origen es una pregunta por el origen físico del primer cuanto de energía. Y finalmente cabe sospechar que la primera perturbación cuántica en un *vacío fluctuante* habría de ser de naturaleza caótica, con lo cual la naturaleza de la *legalidad* cósmica no sería sino una mera persistencia de las secuencias temporales de un caos original.

Desde hace ya un tiempo Narlikar¹⁶ y Grünbaum¹⁷ andan enzarzados en una polémica sobre este particular del *Origen*, o del *Comienzo*, o de la *Creación* o como se quiera llamar lo que ocurrió en el primer instante si es que hubo primer instante. En términos de Narlikar la cuestión fundamental de la Cosmólogo habría de ser la que se preguntara por «cómo se origino por primera vez la materia que nos rodea».

¹⁴ TRYON, E. P.: «Is the Universe a Vacuum Fluctuation?» en *Nature* 246; (1973), 396-97.

¹⁵ VILENKIN, A.: «Creation of the Universe from Nothing», en *Physical Letters* 117B. (1982) 25-28.

¹⁶ Véase, NARLIKAR, J. V. (1977) *The Structure of the Universe*, Oxford University Pres. (1988): *The Primeval Universe* Oxford University Pres. (1992): «The Concepts of "Beginning" and "Creation" in Cosmology», en *Philosophy of Science* 59, 361-371.

¹⁷ GRÜNBAUM, A. (1989): «The Pseudo-Problem of Creation in Physical Cosmology», en *Philosophy of Science* 56, 373-394. (1990): «Pseudo-Creation of the Big Bang», en *Nature* 344, 821-822. (1991): «Creation as a Pseudo-Explanation in Current Physical Cosmology» en *Erkenntnis* 35, 233-254. (1993): «Narlika's "Creation" of the Big Bang Universe was a mere Origination» en *Philosophy of Science*, 60. 638-646

Grünbaum sostiene que esta es una pregunta sin sentido *físico* en un modelo de Big Bang, pues de ningún instante $t < 0$ puede predicarse algo como «anterior» o previo o inicial para *desde él* llegar al instante $t = 0$ en el que la totalidad de la constante masa-energía se halla ya presente en el cosmos. ¿Qué interpretación podríamos dar del instante $t = 0$? Si *físicamente* es una singularidad, si *epistemológicamente* es un postulado, y si *ontológicamente* es un absoluto, entonces parece que las alternativas sólo podrían ser: i) o se le atribuye un estatuto *divino* autónomo, ii) o se le concede, mediante una proyección antropomorfa¹⁸, un estatuto originario (estatuto de *primer evento*), «exportado» por y desde la *divinidad*. En el primer caso una identidad Dios-Universo parece la consecuencia inevitable, mientras que el segundo parece expresar el prototipo dualista que es capaz de originar la pregunta por la *causa* y el *efecto*. Para Grünbaum en ambos casos estaríamos ante un pseudo-problema, pues, efectivamente, no hay creación ni origen ni *primer instante* para un Universo *necesario, eterno, absoluto* -caso i). Y tampoco hay un instante anterior al *primer instante*, no hay tiempo antes del tiempo (en rigor no hay *antes*) y por lo mismo no hay un evento *físico* (creación, origen o como se llame) anterior al primer momento -caso ii)... salvo que *no haya primer momento*, es decir, salvo que el instante $t = 0$ sea un mero límite imaginario sobre el eje también imaginario del tiempo, límite *sugerido* por procesos temporales de orden físico que nosotros proyectamos sobre el cosmos a título de *partes procesuales del mismio*, como la luz, su velocidad límite y sus tiempos de recorrido. Y es una exportación falaciosa de nuestra comprensión de estos procesos parciales lo que da lugar a argumentos *creacionistas*, según piensa Grünbaum. La premisa: *Todo tiene una causa* procede de nuestra experiencia ordinaria con procesos parciales (incluso científicos) pero nada tiene que ver con el proceso cósmico¹⁹. No obstante, de esta premisa el dualismo creacionista obtiene una conclusión, más o menos de este tenor:

El universo físico como un todo tuvo un comienzo en un tiempo finito anterior como resultado de un acto de creación ex nihilo (desde la nada) por una CAUSA o agente singular, consciente, externo. Esta causa externa o creador es tenido por un Dios personal, el de la tradición teísta de la Biblia.

¹⁸ Cfr. BARROW, J.D. y TIPLER, F.J. (1986): *The Anthropic Cosmological Principle*. Oxford University Pres. N.Y.

¹⁹ Recuérdese aquí el análisis kantiano de los *paralogismos* de la Razón, y en concreto los de *causa* y *eternidad*.

Ya los lógicos del S.XIV habían detectado la llamada «falacia de *composición*» y hasta habían puesto un ejemplo: «si todo hombre tiene una madre, entonces existe una madre de todos los hombres» que representa bastante bien la extensión cosmológica del argumanto clásico (*si todas las cosas tienen una causa, entonces existe una causa de todas las cosas*). Técnicamente los alumnos de Lógica identifican rápidamente la falacia o error lógico consistente en *conmutar* un cuantificador universal por uno existencial.

Algo similar ocurre con la noción de «tiempo finito» incluida en el argumento: podríamos parafrasear esta noción como sigue: «Si todo estado de cosas actual estuvo precedido por un estado de cosas inmediatamente anterior, entonces existió un estado de cosas anterior a todos los estados de cosas», que además de la falacia composicional encierra una metalingüística del tipo: ¿cual es el estado de cosas *anterior* al estado de cosas *eterno* en que existe Dios?

Quedaría, entonces, el discurso (no menos falcioso, pero más humilde) de las gentes devotas (mi Madre entre ellas) que confiesan que la creación *sobrepasa a todo conocimiento*. Si hipótesis como la de la creación insertas en la cosmología sobrepasan la capacidad humana de comprender, la *fe del carbonero*, por mucha que sea, no añadirá un grano de evidencia al argumento causal propuesto por sus defensores. Después de todo, si la hipótesis misma de la *creación desde la nada* está más allá de la comprensión humana, entonces toda persona que crea en ella con un acto de fe estará admitiendo que no sabe lo que está creyendo. En otras palabras, él o ella estarán reconociendo que la especie humana está limitada en su capacidad intelectual de comprensión, al menos en un cierto grado, tal y como aparentemente ocurre con el álgebra o la Física clásica de partículas que no pueden ser comprendidas por los humildes gatos de compañía. Quizá semejante discurso creacionista se pueda tolerar con cierta simpatía si, de paso, también sabemos que nos resistimos a creer en aquello cuyo contenido no *podemos* comprender. Porque, si el contenido de una creencia es incomprensible, ¿qué es aquello en lo que creemos?. Por eso, sigo prefiriendo la respuesta devota de mi Madre. Ella cree que proponer la creación como respuesta a preguntas sobre el instante *t* es proponer una explicación causal que quizá puedan comprender los ángeles u otros *seres superiores*, en la medida en que entiendan lo que pueden significar palabras como *crear de la nada*. Al fin y al cabo un teorema de Euler no puede ser entendido, pero tampoco rebatido, por nuestros humildes y cariñosos gatos. Yo, en realidad, no tengo una respuesta a este tipo de propuestas, porque tampoco las entiendo. Me parece que si algo rebasa absolutamente toda comprensión humana,

entonces los hombres nada absolutamente podemos decir o pensar sobre ello. Pero también por esto es *heroica* la Cosmología: trata de comprender en el límite de lo humanamente comprensible, trata de responder *razonablemente* a preguntas cuya respuesta parecería andar a medio camino entre el sinsentido y el puro silencio.