

Implicaciones de un Universo Finito

Julio A. Gonzalo*

Dpto Física de materiales, C-IV
UAM, 28049 Madrid – Spain

A ser presentado en “Science and Religion: Global Perspectives”
Junio, 4- 8 – 2005, Philadelphia, PA, USA.
Metanexus LSI: “Ciencia cultura y Teología”, Madrid, Spain

Resumen.

Los datos cosmos del satélite de la NASA “Wilkinson Microwave Anisotropy Probe” (WMAP), según informó el “New York Times” el 11 de Febrero de 2003, confirmaban básicamente la teoría del Big Bang y estimaban la “edad” del Universo en $(13.7 \pm 0.2) \times 10^9$ años, como se había anticipado en trabajo previo, basado en las ecuaciones cosmológicas de Einstein ($\Lambda=0$). Se trata de un número finito como lo son $R_0=1.38 \times 10^{28}$ cm (radio actual) y $M_u=4.09 \times 10^{54}$ g (masa total) del Universo observable.

Las ecuaciones de Einstein con constante cosmológica cero llevan a la conclusión de que el término que envuelve $c^2|k|$ (curvatura espacial) en un Universo abierto permanece despreciable siempre si M_u es infinita, pero se hace finalmente dominante a $R > R_+ \cong 2GM_u/c^2|k|$ cuando M_u es finita, no importa cuan grande. En buen acuerdo con el estimado previo, la masa total del Universo observable viene dada por $(M_u) \cong \langle N_g \rangle \langle N_s \rangle M_s \cong 2 \times 10^{54}$ g, donde $\langle N_g \rangle \sim 10^{10}$ (número estimado de galaxias), $\langle N_s \rangle \sim 10^{11}$ (número estimado de estrellas por galaxia), y $M_s \cong 2 \times 10^{33}$ g (masa de una estrella promedio, como el Sol).

¿Cuales son las implicaciones? Es claro que, las implicaciones metafísicas son: que el Universo es contingente (no necesario = podría haber sido de otra manera) y por lo tanto creado. Estas consideraciones serán contrastadas con especulaciones basadas en las teorías cosmológicas inflacionarias.

- Julio A. Gonzalo es catedrático de Física en la UAM y autor de varios libros en Materia Condensada y Cosmología, el último, “Inflationary Cosmology Revisited” www.worldscibooks.com/physics/5748.html En el año 2003 recibió del Gobierno Español la medalla de “Alfonso X el Sabio”

1. La paradoja de Olbers

En 1969, el profesor Stanley L. Jaki, que sería premio Templeton de Ciencia y Religión en 1987, publicó su documentadísimo libro “The Paradox of Olbers’ Paradox”(1)

Como es bien sabido (o mas bien debería serlo) la paradoja de Olbers consiste en el “rompecabezas” que supone la oscuridad del cielo nocturno, que debería aparecer encendido en todos sus puntos si el universo fuera finito y estuviera lleno por todas partes con estrellas y galaxias. Sabemos hoy que el número de estrellas es alrededor de 10^{11} en una galaxia típica (como es nuestra Vía Láctea), un número por tanto finito, como lo es el número total estimado de galaxias en nuestro Universo observable (el único Universo acerca del cual estamos autorizados para hablar). Ello es consistente con la observable oscuridad del cielo nocturno. En caso contrario, veríamos un cielo brillante continuo, con el brillo de una estrella promedio si nuestra galaxia contuviera infinitas estrellas, o con el brillo promedio de una galaxia promedio (si el Universo contuviera infinitas galaxias con un número finitos de estrellas cada una).

El profesor Jaki afirma en la Introducción que hay una manera experimental de aproximarse a la ciencia a través de una larga serie de pasos que preceden a la coronación de un logro importante. El examen del pasado contiene a menudo lecciones vitales. Y debido a que la cultura humana contemporánea está influenciada por la ciencia en una proporción cada vez mayor, es muy informativo echar un vistazo sostenido a las potencialidades y limitaciones de los caminos de la ciencia, poniendo la debida atención en las actitudes, cualidades y limitaciones de aquellos que la practican.

La historia que se describe en “The Paradox of Olbers’ Paradox” tiene un carácter paradójico en el sentido de que las publicaciones que constituyen las piedras miliars principales en la historia no fueron consultadas por la mayoría de los que comentaron el asunto desde mediados del siglo XIX, mas o menos. Los textos originales de Halley, Cheseaux y Olbers se recojen en el libro en orden a poner el significado de la paradoja en una propia perspectiva histórica adecuada.

Desde que Wilhem Olbers reformulara la paradoja en 1823, él y muchos otros después de él, trataron de “salvar” la presunta infinitud del Universo. Al menos algunos de ellos lo hicieron por razones indebidas: Un Universo infinito podría tomarse como la entidad última, y así podría servir como un sustituto de Dios. Pero al hacerlo, ellos tenían que recurrir a argumentos falsos y / o artificiales.

El profesor R. H. Dicke, de la Universidad de Princeton, comentaba con motivo de la primera edición de “The Paradox of Olbers’ Paradox”: “El profesor Jaki ha considerado con gran cuidado los orígenes, la historia, y el significado de esta cuestión y su erudito, pero, al mismo tiempo, interesante y muy legible trabajo, será el documento histórico definitivo durante muchos años”.

El profesor Michel A. Hoskin, de la Universidad de Cambridge, ha dicho: “El libro del profesor Jaki será de tanto interés para el lector culto, deseoso de penetrar un poco en los extraños entresijos de la mente científica, como lo será para los astrónomos e historiadores de la ciencia profesionales”.

Permítasenos resumir el contenido del Capítulo II, “Paradoxical Solutions”, capítulo enteramente nuevo añadido en la edición de Junio del 2000, “Real View Books”, edición aumentada y totalmente recompuesta, del libro de Jaki. Allí él hace notar que no se había completado una “solución” científica de la paradoja en las tres décadas y pico precedentes. “Para esa solución, se requieren resultados científicos cuantitativos específicos, y no solo el mero hecho...de que la aceptación de la finitud del Universo proporciona el marco lógico, si es que se va a llegar a tal solución. La solución debe contener una deducción el grado real de oscuridad del cielo nocturno a partir de otros factores físicos, todos ellos especificados en términos cuantitativos. Esos factores han ido creciendo en número a medida que se ha aprendido más y mas acerca de cuerpos celestes previamente insospechados, y que se han hecho disponibles instrumentos de observación ni siquiera imaginados hace 30 años.”

Se deben esperar características paradójicas “ aun si se supone que para dar esa solución uno puede prácticamente hacer abstracción de hacer elección entre Universo finito o infinito, cuando deduce el grado de oscuridad de la noche para un juego de valores cuantitativos finitos. En última instancia, la decisión entre un Universo finito y uno infinito no es científica...”.

“La realidad de una estricta totalidad de cosas plenamente coherentes que es la del Universo escrito en grandes letras, puede demostrarse solo sobre bases estrictamente filosóficas (2). En una medida mucho mayor de lo que Kant sospechó nunca, el Universo es uno de los tres tópicos de la metafísica. Kant enumera el alma y Dios como los otros dos. Pero, contrariamente a lo que dice Kant, ninguno de los tres es producto bastardo de los anhelos metafísicos del intelecto humano. Él sí estaba, naturalmente en lo cierto, al afirmar que, una vez pudiera probarse que uno de estos tres era tal, los otros dos también correrían la misma suerte, si uno quería ser consistente con su propia argumentación. También estaba en lo cierto al afirmar que la mejor manera de desacreditar las nociones de alma y Dios era empezar aplicando la palanca pseudometafísica y la llave inglesa de la razón “crítica” a la noción de Universo.”

Es suficiente traer a colación que la mejor descripción de los asuntos cósmicos dada por el concepto de Big Bang, del que fue propio Georges Lemaitre, concepto luego desarrollado por Gamow y colaboradores y ahora aceptado casi universalmente, para reconocer que: “El Universo en expansión es asunto de una cantidad finita de materia, y por tanto, de una cantidad finita de cuerpos emisores de luz, dentro del espacio - tiempo finito”. Ello da una justificación suficientemente razonable de la paradoja de Olbers.

Cierto número de cosmólogos, como muestra Jaki en el último capítulo añadido al libro, no ha tenido éxito, en los intentos realizados durante los últimos 30 años para mantener vivo el carácter paradójico de la Paradoja de Olbers. Otros como J. Gribbin (3) han conseguido concluir (a partir de la consideración de un cielo nocturno oscuro), que el Universo es finito:

“La observación más fundamental de la ciencia es que la noche sigue al día. Este sencillo hecho basta para mostrar que el Universo no ha existido siempre, y en todas partes en la forma en que lo vemos hoy. Tiene que haber un “borde” para el Universo...”

Al final del capítulo se reseña cómo en tiempos recientes ha habido contribuciones al entendimiento de la paradoja de Olbers, como las dadas por R.Kippenhahn (4) (Max Planck Institute, Munich) y B.M. Tinsley (5) (Yale University Observatory).

2. Los resultados del WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)

El 11 de Febrero de 2003 los espectacularmente precisos datos cósmicos adquiridos durante el primer año de observación por el satélite WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) de la NASA, fueron noticia de primera plana en el “New York Times”, y al día siguiente, en los principales periódicos de todo el mundo. En ellos se daba una cifra muy precisa para la “edad del Universo”, es decir, para el tiempo transcurrido desde el instante del Big Bang hasta el presente: 13.7 miles de millones de años.

Aunque los datos obtenidos por el WMAP no coincidían exactamente con las estimaciones de la “Teoría Inflacionaria”, propuesta por Alan Guth hace 25 años, el rotativo neoyorquino presentaba los datos obtenidos como una confirmación de dicha teoría, que postulaba una tremenda expansión del universo, a densidad constante, durante un cortísimo periodo de tiempo, a 10^{-39} segundos del Big Bang. La densidad de energía durante la “Inflación” habría sido enorme comparada con la existente bajo las condiciones físicas más extremas accesibles en los más grandes aceleradores actuales.

Como es sabido, la Cosmología Astrofísica como disciplina científica, da sus primeros pasos en las primeras décadas del siglo XX, con la primera formulación teórica hecha por Einstein en el marco de su Teoría General de la Relatividad, y con las observaciones sistemáticas de la recesión general de las galaxias, anticipadas por M.W. Slipher, y luego hechas por Hubble y Humason en los grandes telescopios de Monte Wilson, y Monte Palomas.

A partir de las ecuaciones cosmológicas de Einstein, primero A. Friedmann, matemático ruso, y después G.Lemaitre, artillero belga durante la primera guerra mundial (y luego sacerdote y más tarde presidente de la Academia Pontificia de Ciencias, en tiempos de Pio XI y Pio XII), obtienen soluciones para el radio del Universo “R(t)” que implican un Universo en expansión a velocidades del orden de la velocidad de la luz. De hecho, Lemaitre, con su hipótesis del átomo cósmico primitivo es considerado el precursor de la teoría del Big Bang.

A mediados de siglo pasado, dos teorías cosmológicas se disputaban la primacía: la teoría del “Estado Estable” (Steady State) propuesta por Gold, Bondi y Hoyle, y la teoría del “Big Bang”, propuesta por Lemaitre y desarrollada después por Gamow, Alpher, Herman y otros. La teoría del “Estado Estable” postulaba un crecimiento continuo del radio del Universo $R(t)$ a densidad constante, algo muy parecido a lo que mucho después postuló Alan Guth en su “Teoría Inflacionaria”, aunque no tan drástico. En ambos casos, no obstante, se violaba el principio de conservación de masa – energía durante el proceso de expansión.

Merecen tenerse en cuenta a este respecto, las palabras del gran astrónomo y físico teórico inglés Sir Arthur S. Eddington, en su obra “Fundamental Theory” (Cambridge, 1949):

“We are of course allowed to rearrange the matter of the Universe...But in such rearrangement the experimenter cannot, and the theorist must not, violate the conservation of energy”.

El anuncio del fondo cósmico de radiación en 1965 por Penzias y Wilson sirvió para descartar la teoría del “Estado Estable”. Treinta, cuarenta años después, los resultados del COBE (1990) y del WMAP (2003), y en concreto especialmente la edad del Universo dada por este último (13.7×10^9 años) pueden interpretarse (6) correctamente sin necesidad de recurrir a la “Teoría Inflacionaria”, y a los presupuestos de la misma (materia oscura, energía oscura, en grandes cantidades) que implican necesariamente

$$\Omega = \rho/\rho_c=1 \quad \rho_c= (\text{densidad crítica dependiente del tiempo})$$

En la antigüedad clásica (7), los Estoicos concebían el Universo como un vacío infinito extracósmico rodeando un cosmos finito compuesto por un número finito de estrellas. Los Epicúreos por su parte, representados en el año 70 a.C. por el filósofo romano Lucrecio (De Rerum Natura), veían el Universo como compuesto por mundos innumerables llenando el espacio infinito, cada uno de los mundos compuestos por átomos y regulados por leyes naturales.

En el siglo XVII, Descartes (Principes de Philosophie) defendía que la materia se extiende indefinidamente en todas direcciones. Newton por su parte, sostenía que el cielo estrellado era de extensión finita, y estaba rodeado de un espacio infinito y eterno. En el siglo XIX, como se indicó más anteriormente, Olbers propuso la famosa paradoja que lleva su nombre, según la cual el fondo del cielo nocturno tendría que aparecer luminoso si hubiera un número infinito de estrellas.

¿Qué nos dicen los datos observados más recientes acerca de la finitud o no del Universo?

En primer lugar, hay que decir que últimamente se han puesto de moda teorías que, cada vez con más audacia, sostienen la existencia de infinitos “Multiversos”, caracterizados cada uno de ellos por un juego de constantes universales características (G = constante gravitatoria, c = velocidad de la luz, h = constante de acción de Planck, etc) con magnitudes distintas a las que pueden medirse aquí y ahora con gran precisión en nuestro Universo observable.

Para responder a la pregunta propuesta, nos limitaremos a considerar el único universo observado que tenemos, caracterizado por el juego de constantes universales bien conocidas. Las ecuaciones cosmológicas de Einstein para un Universo homogéneo con simetría esférica, se reducen, para $\Lambda = 0$ (constante cosmológica = 0), a

$$\frac{1}{2} \left(\frac{dR}{dt} \right)^2 = \left(\frac{GM_u}{R} \right) - kc^2, \quad (1)$$

donde si el Universo es abierto k (curvatura espacial) < 0 , $k = -|k|$, G es la constante de gravitación de Newton, M_u la masa total, y c la velocidad de la luz.

Los datos proporcionados por el WMAP, basados en valores obtenidos para la constante de Hubble $= (dR/dt)/R$ y las densidades cósmicas de materia y energía, permiten obtener (6) de la Ecuación (1),

$$t_0 = (13.7 \pm 0.2) 10^9 \text{ años}, \quad R_0 = 1.38 \times 10^{28} \text{ cm}, \quad M_u = 4.09 \times 10^{54} \text{ g}. \quad (2)$$

Nótese que para M_u finita, el miembro de la izquierda de Ecuación (1) se reduce a

$$GM_u/R \text{ si } R \ll R_+ = GM_u/|k|c^2, \quad \text{y a } |k|c^2 \text{ si } R \gg R_+ = GM_u/|k|c^2$$

Por otra parte, si M_u fuera infinita (lo cual no se puede concebir físicamente) el término que envuelve la curvatura espacial $|k|c^2$ dejaría de jugar un papel significativo en la evolución de $R(t)$. Esto sería equivalente a decir que la curvatura espacial es despreciable ($|k|c^2 = 0$), lo que implicaría que $\Omega = \rho/\rho_c = 1$ siempre, y por tanto, como postula la “Teoría Inflacionaria”, debería haber grandes cantidades de materia oscura y energía oscura.

Nótese que $\Omega = \rho/\rho_c = 1$, que es compatible con las condiciones cósmicas en la esfera, (muy alejada de nosotros) correspondiendo al fondo de radiación cósmica, está en contradicción con el valor observado en nuestra vecindad espaciotemporal dado por $\Omega_0 = \rho_0/\rho_{co} = 0.04$, siendo ρ_{co} la densidad crítica o densidad de escape en la misma vecindad cósmica.

$$\rho_{co} = \left[\left(\frac{dR}{dt} \right)_0^2 / R_0^2 \right] \left(\frac{1}{8\pi G/3} \right)$$

Por otra parte, la masa total del universo observable se puede obtener directamente usando $\langle N_g \rangle \sim 10^{10}$ galaxias, $\langle N_s \rangle \sim 10^{11}$ estrellas por galaxia, y $M_s \sim 2 \times 10^{33}$ g, masa de una estrella típica como el Sol,

$$(M_u)_{obs} \sim \langle N_g \rangle \langle N_s \rangle M_s \sim 2 \times 10^{54} \text{ g} \text{ (finita)}.$$

¿Cuales son las implicaciones metafísicas de esto?

Las consideraciones puramente físicas se limitan a registrar el hecho físico en si, que parece firmemente establecido y nada más. Pero si atendemos a las implicaciones metafísicas, la conclusión es clara: Un Universo físico finito es contingente (no – necesario) y por tanto, creado.

Las teorías no justificadas que eluden esta implicación (“Multiversos”, “Teoría Inflacionaria”) son artificiales y superficiales.

Como es bien sabido, Santo Tomás de Aquino, en su “Summa Theologica”, resumida y anotada completamente por Peter Kreeft (10) discute la cuestión “¿Existe Dios?” y empieza proponiendo dos potentes objeciones a contestar afirmativamente:

Objeción 1: Si “Dios” es infinita bondad, no podría haber ningún mal;

Objeción 2: Si todas las cosas naturales pueden reducirse a un principio (la naturaleza) y todas las cosas voluntarias a otro principio (la razón o la voluntad humanas) “Dios” es superfluo.

Antes de pasar a una prueba directa (metafísica) de la existencia de Dios en esencia, el argumento a partir de la existencia de seres contingentes (no necesarios, finitos), se puede probar que ambas objeciones son inválidas:

Objeción 1: porque, como dice San Agustín, bien, “si hay Dios, ¿cómo existe el mal?”, pero, entonces se puede responder “si no hay Dios, ¿cómo existe el bien?”.

Objeción 2: porque así, uno se ve forzado a reducir artificialmente la razón y la voluntad humanas a la naturaleza, sin un motivo válido para ello, o bien a reducir artificialmente la naturaleza a la razón y la voluntad humanas.

En el primer caso Dios Creador como principio único es sustituido por un dios “panteísta” artificial. En el segundo, por un ego “solipsista” igualmente artificial, que se identifica con Dios, subrepticamente.

El argumento cosmológico directo de Santo Tomás a partir de la contingencia, usando su Tercera Vía (11) dice: “Encontramos en la naturaleza cosas que pueden ser o no ser (contingentes) ya que encontramos que pueden ser generadas y corrompidas... Pero es imposible que estas cosas existan siempre... Por tanto, si todo fuera contingente... no habría nada en existencia (ahora)”. Sabemos hoy con el apoyo de hechos científicos y con la de argumentos teóricos sólidos, que las estrellas son “generadas” y “corrompibles” (y tienen masas finitas), que las galaxias son “generadas” y “corrompibles” (y tienen masas finitas), y el Universo entero aparece como “generado” y “corrompible” (tiene una masa total finita y un espacio – tiempo finito).

El espectacular anuncio del WMAP, puesto en órbita por la NASA, de que la estimación del tiempo transcurrido desde el Big Bang es de $(13.7 \pm 0.2)10^9$ años es una confirmación del carácter finito y contingente del Universo observable como un todo.

No deben preocuparnos mas de lo debido, en mi opinión, esos universos “inobservables”.

References

1. Stanley L. Jaki “The Paradox of Olbers’ Paradox” [New enlarged and entirely reset edition] (Real View Books: 4237 Kinkfolk Ct, Pinkney, MI48169-8203, June 2000)
2. Stanley L. Jaki “Is there a Universe?” (University of Liverpool Press: Liverpool, 1994), p. 256
3. J. Gribbin “Olbers’ Paradox: Why is the Sky Dark at Night?” Astronomy Now (March 1988) pp. 9-12.
4. R. Kippenhahn, Sky and Telescope, 73 (Feb. 1987), pp. 140-45
5. In M. S.Longair and J. Einasto, eds., “Large Scale Structure of the Universe”, IAU Symposium, Tallin, Sept. 1977 (Dordrecht: N.Reidel, 1978), pp.343-55
6. Julio A.Gonzalo “Inflationary Cosmology Revisited: An Overview of Contemporary Scientific Cosmology After the Inflationary Proposal” (World Scientific: Singapore, 2005)
See <http://www.worldscibooks.com/physics/5748.html>
7. See f.i. E.R. Harrison, “Why the Sky is Dark at Night”, Physics Today, (February 1974), pp. 30-36
8. Steven Weinberg “Gravitation and Cosmology: Principles and Applications of the General Theory of Relativity” (John Wiley & Sons: New York, 1972)
9. P.J.E. Peebles “Principles of Physical Cosmology” (Princeton University Press: Princeton, New Jersey, 1993)
10. Peter Kreeft “A Summa of the Summa: The Essential Philosophical Passages of Saint Thomas Aquinas’ Summa Theologica, Edited and Explained for Beginners” (Ignatius: San Francisco, 1990), p. 60
11. Ibidem, p. 67