

**SEMINARIO DE LA CÁTEDRA CTR
TERCERA SESIÓN BÁSICA
Día 15 de abril de 2005**

**ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL UNIVERSO
Principios de cosmología**

Manuel Carreira

*(John Carroll University, Cleveland, USA,
Universidad Comillas, Observatorio Vaticano)*

Julio Gonzalo

(Catedrático de Física en la Universidad Autónoma de Madrid)

1. Metodología, datos experimentales y cosmología básica (Manuel Carreira)

En la intervención del Profesor Julio Gonzalo pueden verse las posibles teorías cosmológicas que, desde una perspectiva muy amplia, podrían, en principio, utilizarse para describir el Universo real que observamos. Y ya se han indicado las bases de elegir entre ellas, sobre todo las que indican que nos hallamos en un sistema físico finito y en evolución.

Para completar el marco de la Cosmología científica es útil subrayar la metodología y el ámbito de aplicación de las diversas maneras de conocer la realidad asequible a la racionalidad humana. De un modo esquemático, podemos indicar lo siguiente:

* Todo conocimiento se obtiene mediante los sentidos, por sí mismos o con la ayuda de instrumentos. En ambos casos se da una interacción de nuestros órganos sensoriales con un entorno activo, que debe presuponerse con existencia objetiva, previa a nuestro acto cognoscitivo. Con palabras de Einstein, “Toda ciencia supone una realidad independiente de nosotros, que puede ser comprendida porque no es absurda”. Por este doble presupuesto se espera que la Ciencia tenga valor universal – no depende para su validez de contextos culturales o preferencias personales- y que tenga coherencia lógica en sus explicaciones, sin caer en ninguna contradicción interna ni con otros datos ya establecidos.

* En nuestra observación simple o controlada (experimentación) se constatan maneras de proceder de la materia que muestran una regularidad que exige una explicación. Atribuyendo el modo de actuar a la naturaleza misma de las cosas, se puede dar el paso a afirmaciones de carácter universal que llamamos “leyes de la Naturaleza” y que no son normas externas sino constataciones de una actividad propia de la materia misma en circunstancias concretas y con límites de exactitud impuestos por nuestras medidas, siempre de precisión también limitada.

* Mediante la aplicación de los principios lógicos de todo pensar racional –el de identidad, de no contradicción y de razón suficiente- se formulan explicaciones de los datos con la máxima economía de suposiciones y el ámbito más amplio de aplicación. Son estas hipótesis, que pueden llegar a ser “teorías” si tienen suficiente amplitud, las que se proponen como explicaciones posibles de lo que ocurre en algún campo concreto de la actividad de la materia.

* El criterio final de su aceptabilidad es la comprobación experimental de sus consecuencias lógicas. Cualquier hecho contrario a lo que la teoría necesariamente predice, la invalida. Resultados de acuerdo con ella, la robustecen, aunque resulte muy difícil establecer su adecuación a la realidad en todo momento y lugar, pues las comprobaciones tan sólo pueden realizarse en ámbitos limitados.

* Una propuesta explicativa sin posible comprobación experimental, aun en principio (no sólo por falta de tecnología adecuada), no tiene valor científico. Por ejemplo: no es correcto hablar de “otros Universos” como solución científica para ningún problema: por su mismo concepto, son imposibles de verificar ni directa ni indirectamente. Lo mismo puede decirse de cualquier supuesta situación de temperatura o densidad infinita: ningún instrumento real puede medir un parámetro infinito.

* Los resultados de medidas experimentales dan lugar a valores numéricos que se expresan con el simbolismo matemático de fórmulas y ecuaciones. Pero este simbolismo no añade nada al conocimiento de la realidad material, aunque es enormemente útil para intuir relaciones de carácter cuantitativo entre diversos parámetros. No es lícito suponer –menos aún exigir- que todo lo que aparece como posible matemáticamente haya de ocurrir de hecho. Esta actitud, que no puede fundamentarse racionalmente, da lugar a afirmaciones arbitrarias de múltiples universos donde debe realizarse –por ejemplo- la posibilidad de que cada número de la lotería tenga el primer premio.

* La Matemática no es una ciencia de la materia, sino una lógica de relaciones cuantitativas basadas en el concepto de número en toda su amplitud, pero sin necesidad de referencia alguna al mundo concreto de nuestra experiencia sensible. Las operaciones que describe pueden utilizarse tanto si los números se refieren a seres o acontecimientos del mundo material como si son solamente relaciones entre actos cognoscitivos o conceptos abstractos de una geometría imaginaria.

* Las preguntas, aun acerca de la materia, que no pueden responderse con un experimento y una medida, son campo vedado a la ciencia como la hemos descrito. No puede el método experimental responder acerca de la finalidad de un objeto, ni del valor artístico de una estructura, o del valor ético de una acción. Ni puede proceso alguno de laboratorio demostrar el contenido de información ni la calidad literaria de un poema. Menos todavía puede pedirse a la ciencia una respuesta acerca de la existencia o no existencia de un Creador inmaterial o de sus planes para la existencia actual o futura del Hombre. En estos campos se da la Filosofía y la Teología, cuya metodología no recurre a experimentos, sino a la coherencia lógica y a la información recibida por Revelación (que no es sino una extensión del concepto de fe humana – método universal de adquirir cultura en casi toda su amplitud- a una manifestación de verdades superiores que se aceptan con fe divina).

El concepto de materia se delimita en las ciencias por el modo de conocerla: solamente podemos decir *lo que las cosas hacen* para definir las, pues no hay intuiciones abstractas de su esencia. A lo largo del siglo XX se han establecido como fuerzas o interacciones comprobadas repetidamente cuatro actividades fundamentales que se denominan según su efecto más obvio o su campo de acción:

- La gravitatoria, universal para toda materia, de alcance ilimitado, atractiva.
- La electromagnética, no universal, de igual alcance, atractiva o repulsiva.
- La nuclear fuerte, de alcance casi nulo, atractiva para “nucleones” solamente.
- La nuclear débil, de alcance nulo, transformadora de partículas.

Materia es todo y sólo cuanto tiene alguna posible interacción por alguna de estas 4 fuerzas. El concepto incluye partículas, energía, vacío físico, espacio y tiempo, en cuanto dan lugar a efectos experimentalmente comprobables. Si existe algo cuya actividad no puede atribuirse a tales fuerzas, no será materia. Y la ley más fundamental de la Física afirma que en ningún proceso material se crea ni se destruye materia: sólo se transforma. *Por tanto la Física, en cualquier nivel, no puede explicar por qué existe la materia: sólo puede describir el proceder de la materia ya existente.* La búsqueda de causas explicativas tiene que limitarse a las de orden más o menos inmediato, pero sin poder llegar a la razón última de por qué hay materia con las propiedades y leyes que realmente tiene.

Teniendo en cuenta estas ideas básicas acerca de la Ciencia en el sentido técnico que hoy damos a la palabra, podemos establecer los datos y los pasos por los cuales la Cosmología –que trata del Universo como sistema físico- ha desarrollado sus teorías explicativas en los últimos cien años, aunque utilizando conceptos previos a partir de las primeras aportaciones de Newton. Es posiblemente el hecho histórico de mayor impacto en nuestras concepciones de lo que es el entorno en que se encuentra la vida humana, en cuanto se puede describir con la metodología científica ya expuesta.

COSMOLOGÍA NEWTONIANA

Newton describió la interacción gravitatoria en términos muy prudentes: “Todo ocurre *como si* las masas se atrajesen” según una fórmula en la que los factores que determinan la intensidad de la interacción son las *masas*, y sus *distancias* mutuas al cuadrado. No sugiere ni la razón ni el modo de ocurrir esa aparente “atracción”, que es casi supuesta como “acción a distancia”, ya que para Newton el espacio y el tiempo, aunque son el marco de la existencia y actividad de la materia, no tienen interacción alguna con ella (son parámetros identificados con la Inmensidad y la Eternidad divinas, respectivamente).

Para evitar el colapso gravitatorio del Universo hacia su centro geométrico, se supone una infinitud espacial que incluye también una infinitud de estrellas en cualquier

dirección. Las consecuencias, claramente deducibles de leyes básicas de la Física, son inaceptables: todos los puntos del espacio tendrán un potencial gravitatorio infinito, y al no haber diferencias de potencial, no habrá fuerza gravitatoria en dirección alguna. Si se añade la suposición de un Universo también eterno, todas las estrellas habrían ya consumido sus fuentes de energía, y serían astros oscuros y fríos. La alternativa a esta situación inevitable tiene que incluir el concepto de *creación*, bien de todo el Universo en un pasado finito, o bien creación continua para que se renueve el conjunto de estrellas según se consumen las de cualquier época.

Es llamativo que estos problemas tan obvios no se discutiesen abiertamente hace un siglo, aunque Olbers ya los había hecho notar años antes con su famosa paradoja lumínica: un número infinito de estrellas brillando en todas direcciones no es compatible con un cielo nocturno oscuro. Ni puede eliminarse el problema con la suposición de materia opaca que oculta a estrellas lejanas: en un tiempo suficientemente amplio, la absorción de energía en materia opaca debe llevar a un equilibrio térmico entre emisores y receptores de energía.

Solamente un Universo finito, espacial y temporalmente, es compatible con lo que hoy observamos. Y la finitud espacial sólo es inteligible en un espacio finito pero *ilimitado*, como es la superficie de la Tierra, pero en una dimensión más: de otro modo, siempre quedaría un espacio más allá del límite. En la Teoría Generalizada de la Relatividad, Einstein propuso explícitamente esta solución, unida a la finitud temporal en un Universo evolutivo.

1.1 COSMOLOGÍA RELATIVISTA

Con una excepcional intuición, totalmente inesperada en el ambiente físico de hace casi un siglo, Einstein propuso una explicación geométrica de la gravedad mediante la interacción de la masa con el espacio vacío, que adquiere el rango de componente imprescindible del mundo material. La presencia de masa altera las propiedades del espacio, obligando a que toda trayectoria, incluso de la luz, siga líneas curvas en la vecindad de una masa, mientras en su ausencia la línea recta debe ser la propia de un movimiento no sujeto a aceleraciones en dirección distinta del movimiento original. En un eclipse total de Sol, observado en Brasil en 1919, se pudo comprobar la exactitud de las predicciones relativistas, midiendo el aparente desplazamiento de estrellas próximas a la posición del Sol eclipsado. Desde entonces, múltiples observaciones en diversas longitudes de onda han demostrado el efecto de *lente gravitatoria* que produce imágenes múltiples o distorsionadas de galaxias muy lejanas cuya luz atraviesa campos de fuerte potencial gravitatorio en cúmulos de galaxias intermedias.

Las ecuaciones de Einstein conducían también a la predicción de un Universo evolutivo, en expansión o contracción, con su consecuencia inevitable de un comienzo en un pasado finito. Aunque Einstein intentó evitar esa consecuencia con la introducción de una supuesta fuerza repulsiva que debía cancelar a la gravedad a gran distancia, Friedman y Lemaître hicieron notar ya en 1927 que cualquier cambio de posición debía romper el equilibrio -básicamente inestable- entre esas fuerzas. Lemaître propuso explícitamente un comienzo en un "átomo primitivo" que daría lugar a una expansión explosiva. Y en 1929 Edwin Hubble anunció que sus medidas de corrimiento al rojo de las frecuencias de luz en galaxias cada vez más lejanas eran una indicación clara de que el Universo se expande. No hay un centro, sino que todas las galaxias se alejan de todas como consecuencia de la expansión del espacio vacío.

Propuestas de explicar el corrimiento al rojo en términos de una luz *cansada*, por su interacción con algo material a lo largo del camino recorrido, no son físicamente aceptables mientras no pueda indicarse qué tipo de interacción afectará por igual (en

la misma proporción) a todas las frecuencias, desde ondas de radio a rayos gamma. No hay en la actualidad ninguna indicación de que sea errónea la interpretación original: es el espacio mismo el que se expande y arrastra consigo a los cúmulos de galaxias. Así se remeda el efecto Doppler, aunque el movimiento no sea a través de un espacio, sino *con el espacio*, ya que el cambio de longitud de onda se debe solamente al movimiento relativo de cada galaxia con respecto a las demás.

La relación velocidad/distancia para galaxias cada vez más lejanas permite determinar la constante de Hubble, H_0 , que nos permite calcular el tiempo desde el comienzo de la expansión (si ésta ocurre a velocidad constante) cuando toda la materia se encontraba en un único volumen mínimo. El tiempo real se supone inferior por ser la expansión un proceso que debe frenarse paulatinamente por atracciones gravitatorias. Aun sin precisar una edad, es importante que se debe admitir un estado inicial de altísima densidad y temperatura, una Gran Explosión o *Big Bang*, que marca el inicio del Universo como sistema físico. A la pregunta instintiva, *¿qué hubo antes?*, la Física responde con un desconcertante *no hubo antes*, porque espacio y tiempo se consideran como parámetros solamente de la materia ya existente. No tienen entidad propia por sí mismos, y menos aún una relación con la divinidad al modo Newtoniano.

George Gamow calculó en 1948 la abundancia de Hidrógeno y Helio que debía resultar de reacciones nucleares en los primeros 30 minutos de la explosión, mientras la temperatura era superior a 10 millones de grados. Predijo también la existencia de una radiación cósmica, en todo el espacio, con una temperatura aparente de unos 3 K (grados sobre cero absoluto), como reliquia fósil de aquel resplandor de la gran hoguera primitiva. Y en 1965 Penzias y Wilson la detectaron con su radiotelescopio, sin saber a qué se debía, siendo Dicke el que identificó el ruido de fondo como “el grito del Universo al nacer”, según frase del “The New York Times” al dar la noticia.

Tal comienzo total –*creación*– no fue unánimemente aceptado. Hoyle, Bondi y Gold formularon una alternativa de un Universo inmutable en su estructura general y eterno en el pasado, aceptando su expansión y la muerte estelar, pero sugiriendo una *creación continua* de nueva materia para dar siempre el mismo valor de densidad en gran escala, con la formación de nuevas estrellas y galaxias. La elección entre ambas propuestas no se hizo por ningún presupuesto filosófico o teológico, sino por el contraste experimental con las predicciones opuestas de ambas teorías.

Según las ideas del Estado Estacionario, no debe haber en el espacio ninguna radiación de otro origen que la evolución estelar, ni otra abundancia relativa de elementos que la que se deduce de reacciones en las estrellas. Tampoco puede contener ahora el Universo –en gran escala– objetos distintos de los que tuvo en el pasado más remoto. En todos estos puntos falla la teoría de la creación continua: el H y el He aparecen con igual abundancia en estrellas primitivas y modernas, con la proporción predicha por Gamow. Hay un átomo de Hidrógeno pesado (Deuterio) por cada 100.000 de Hidrógeno normal, como predice también el Big Bang, y no puede explicarse por evolución estelar. Hay *cuasares* (núcleos de galaxias activas) a gran distancia –en épocas primitivas– pero no en el momento actual. El Universo ha evolucionado.

Otras indicaciones de edad coinciden en apuntar al comienzo hace casi 14 *eones* (miles de millones de años). Las edades de las estrellas más antiguas, de las galaxias, de los elementos radioactivos más duraderos, son del mismo orden. Si bien los defensores del Estado Estacionario quisieron modificar su posición con el recurso de admitir el Big Bang como un fenómeno relativamente local en un Universo enormemente mayor que lo observable, sus sugerencias no han tenido eco: exigen admitir, sin prueba alguna, ese Universo propuesto como solución *ad hoc* sólo para

salvar su teoría. Con las palabras de Yakov Zeldovich, “El comienzo del Universo en el Big Bang es parte tan firme de la Física moderna como puede serlo la Mecánica de Newton”. *No hay alternativa científica con pruebas o consecuencias observables.*

1.2. EVOLUCIÓN HASTA EL PRESENTE

De la nube primitiva de Hidrógeno y Helio, en un período del orden de mil millones de años, se formaron proto-galaxias, que evolucionaron con gran número de choques y procesos de aglomeración resultando en grandes galaxias y cúmulos. No hay todavía una descripción detallada de esa época, ni sabemos por qué el Universo contiene sólo materia y no una cantidad igual de antimateria. Tampoco sabemos si hay otras masas reales o equivalentes (en forma de energía) para dar razón de los efectos gravitatorios en la periferia de muchas galaxias y en los grandes cúmulos. De no aceptarse una posible variación de la fórmula que relaciona la fuerza con la aceleración gravitatoria (según la propuesta de Mardochai Milgrom) será necesario admitir que una materia oscura desconocida, que no intervino en las reacciones nucleares primitivas, debe estar presente con una abundancia al menos de 10 veces la materia ordinaria. Medidas recientes del brillo de Supernovas muy distantes han llevado a afirmar que la expansión del Universo se está acelerando (algo propuesto ya hace 30 años por Gunn y Tinsley en un artículo publicado en *Nature* para un Universo siempre finito pero sin masa suficiente para contraerse) con un efecto atribuido a una energía repulsiva del espacio vacío, cuya densidad permanece constante durante la expansión (en contra de la ley de conservación de masa y energía).

Magueijo y otros han sugerido que la velocidad de la luz en el vacío – c – determinada por las propiedades electromagnéticas del espacio, debe cambiar con el tiempo según el espacio se expande. De ser así, deberíamos calcular de nuevo distancias, edades y ritmo de expansión. Todo ello nos hace distinguir con cuidado los hechos y comprobaciones experimentales de una gran hoguera primitiva de las añadiduras más teóricas de condiciones iniciales, procesos de estructuración, evolución futura. Aun así, podemos concluir con la afirmación de que no hay ningún dato, ni teoría plausible y de acuerdo con las leyes físicas, que apunte a un Universo eterno en el pasado ni reciclable en el futuro. En este Universo, con sus características iniciales concretas y sus leyes de desarrollo es donde se ha formado la Tierra y donde existe la vida inteligente que puede conocerlo y comprenderlo, al menos en parte.

2. Teorías Cosmológicas contemporáneas (Julio Gonzalo)

El 11 de Febrero de 2003 los espectacularmente y precisos datos cósmicos adquiridos durante el primer año de observación por el satélite WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Pulse) 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 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, hechas por Hubble y Humason en los grandes telescopios de Monte Wilson, y Monte Palomar.

A partir de las ecuaciones cosmológicas de Einstein, primero A. Friedmann, matemático ruso, y después G. Lemaître, artillero belga durante la primera guerra mundial, y luego sacerdote (y 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, Lemaître, con su hipótesis del átomo cósmico primitivo, se considera 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 Lemaître 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 postularía 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 descubrimiento del fondo cósmico de radiación en 1965 por Penzias y Wilson sirvió para descartar la teoría del “Estado Estable”. Treinta y cuarenta años después, los resultados del COBE (1990) y del WMAP (2003), y , en concreto, especialmente la edad del Universo dada por este último (**$13,7 \times 10^9$** años), pueden interpretarse 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

$$\Omega = \rho/\rho_c=1$$

3. Implicaciones de un Universo Finito (Julio Gonzalo)

En la antigüedad clásica, los Estoicos concebían el Universo como un vacío infinito extra-cósmico rodeando a 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 en “*De Rerum Natura*”, veían el Universo como compuesto por mundos innumerables, llenando el espacio infinito, siendo cada uno de los mundos compuesto por átomos , regulados por leyes naturales. [Ver E.Harrison, “*Physics Today*”, February, 1986]

En el siglo XVII, Descartes, en sus “*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 por un espacio infinito y eterno. En el siglo XIX, 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 [Ver S.L. Jaki "The Paradox of Olbers Paradox", 1975]

¿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 de 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), a

$$1/2(dR/dt)^2 = GM_u/R - kc^2 \quad (1)$$

donde k (curvatura espacial) <0 , es decir, $k = -|k|$, si el Universo es abierto, 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 en las densidades cósmicas de materia y energía conocidas, permiten obtener de la Ecuación (1),

$$t_0 = (13,7 \pm 0,2) 10^9 \text{ años}, \quad R_0 = 1,38 \cdot 10^{28} \text{ cm}, \quad M_u = 4,09 \cdot 10^{54} \text{ g}.$$

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

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

Por otra parte, si M_u fuera infinita (lo cual no es fácil de concebir físicamente) el término que contiene la curvatura espacial, $|k|c^2$, dejaría de jugar un papel definido en la evolución de $R(t)$. Esto sería equivalente a decir que la curvatura espacial se hace despreciable ($|k|c^2 = 0$), lo que implica que $\Omega = \rho/\rho_c = 1$ siempre, y por tanto, que, como postula la "Teoría Inflacionaria", hay 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, correspondiente al fondo de radiación cósmica, está en desacuerdo con el valor observado en nuestra vecindad espaciotemporal, $\Omega_0 = \rho_0/\rho_{c0} = 0,04$, siendo ρ_{c0} la densidad crítica o **densidad de escape??**, $\rho_{c0} = [(dR/dt)_0/R_0]^2 (8\pi/3)G$ en nuestra vecindad cósmica.

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

$$(M_u)_{\text{obs}} \sim \langle Ng \rangle \langle Ns \rangle M_s \sim 2 \cdot 10^{54} \text{ g} \quad (\text{muy grande, pero finita}).$$

¿Cuales son las implicaciones metafísicas de esto? Las consideraciones puramente físicas se limitan a registrar el hecho físico en sí, que parece firmemente establecido, y nada más.

Pero, si enfocamos las implicaciones metafísicas propiamente dichas, la conclusión es clara: Un Universo físico finito es contingente (no – necesario) y por tanto, creado.

Cabría preguntarse si la introducción de postulados teóricos más o menos artificiales (“Multiversos”, “Teoría Inflacionaria”) tienen algo que ver con eludir esta implicación muy concreta del Universo observable que, según los datos actualmente reconocidos, es finito.
